Universidade de São Paulo - USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Larissa Vieira Musetti

Ensaio de resistência aumentada para armações de óculos: protótipo e análises de amostras

São Carlos
2020

Larissa Vieira Musetti

Ensaio de resistência aumentada para armações de óculos: Protótipo e análise das amostras.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Processamento de Sinais e Instrumentação

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Liliane Ventura

São Carlos
2020

Trata-se da versão corrigida da dissertação. A versão original se encontra disponível na EESC/USP que aloja o Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Musetti, Larissa Vieira
MM986e Ensaio de resistência aumentada para armações de
óculos: protótipo e análises de amostras / Larissa
Vieira Musetti; orientadora Liliane Ventura. São
Carlos, 2020.

Dissertação (Mestrado) - Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Área de
Concentração em Processamento de Sinais e
Instrumentação -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2020.

1. Óculos de grau e óculos de sol. 2. Teste de
resistência aumentada de armações de óculos. 3.
Protótipo para teste de armações de óculos. 4. NBR ISO
12311. 5. ISO 12870. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe, que sempre batalhou por mim e pelo meu irmão, que se esforçou ao máximo, sozinha, para nos dar o melhor. Sempre com muito trabalho duro, tirava do dela pra que nós, eu e meu irmão, fôssemos pessoas honestas, e pudéssemos estudar.

Agradecimentos

À Professora Dra. Liliane Ventura, que muito me ensinou contribuindo para o meu crescimento científico, assim como pela confiança, oportunidade e pelo incentivo depositados.

À minha família, minha mãe e meu padrasto por todo apoio e paciência.

Ao meu marido, Antonio Adorno de Paula Silva, que me ajudou nos tempos de dificuldades emocionais e também me auxiliou com as filmagens do equipamento.

Às minhas amigas Fernanda Coleti e Ednayra Duarte Bilotti, à Fernanda por toda a paciência e amizade e à Ednayra por toda a ajuda no desenvolvimento do projeto mecânico e ferramentas de CAD.

A todos do grupo de pesquisa do Laboratório de Instrumentação Oftálmica (LIO) do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP, pelo incentivo e colaboração, principalmente nos momentos de dificuldades.

Ao Professor Dr. Mauro Masili, pelos ensinamentos durante a graduação e por todas as contribuições científicas ao longo da pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, em especial à Jussara, à Marisa e ao Daniel, sempre dispostos a ajudar, apresentando respostas para todas as dúvidas sobre processos burocráticos; aos técnicos Rui Bertho e Odair, pelo auxílio e serviços prestados. Ao Rui Bertho também agradeço pela paciência e ajuda no desenvolvimento do sistema mecânico.

Ao professor Dr. Vanderlei Salvador Bagnato, do IFSC que me proporcionou a oportunidade de trabalhar como bolsista da EMBRAPPII, com desenvolvimento de equipamentos eletro-médicos, proporcionando um avanço científico e tecnológico em minha carreira.

À empresa EYETEC Equipamentos Oftálmicos, em especial ao Mestre Silvio Tonissi, diretor da empresa, que me ajudou expandindo meu conhecimento com desenvolvimento de equipamentos eletrônicos, trazendo um olhar prático para as pesquisas.

Ao Dr. Marcio Makyama Mello, integrante do grupo LIO por toda a consultoria e ajuda na migração na última semana para outro *display*, mais amigável, da interface com o usuário, que desenvolvi neste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (Processo nº 2018/16275-2).

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

Resumo

Musetti, L. V. **Ensaio de resistência aumentada para armações de óculos: protótipo e análise de amostras.** 2020. 50f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2020.

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo para testes de resistência aumentada em armações de óculos de sol, de acordo com os requisitos da norma vigente brasileira para este teste, que também pode ser utilizada para óculos de grau. O teste objetiva garantir a durabilidade da armação pelo ato de colocação e de retirada dos óculos do rosto pelo usuário. Foi projetado um sistema mecânico, sendo um simulador de nariz para apoio; sistema de fixação de uma das hastes dos óculos (simulação do lado que fica preso atrás da orelha) e um sistema de rotação eletrônico – 40 rotações por minuto (RPM) – para a outra haste (simulação do lado que será retirado do rosto). O sistema consiste de um projeto mecânico para alojar a amostra, de um sistema de controle com motor de passo NEMA 17 modelo 17HS4401 e de um display sensível ao toque de 4.3” modelo P48272V43_#07 para interface com o usuário. Para que sejam consideradas conformes, as armações não podem quebrar e/ou o aumento da distância entre as hastes antes do teste e pós o teste não podem exceder 5 mm em pontos preestabelecidos pela norma. Ensaaios em 61 armações de óculos de sol foram realizados. Das 61 amostras testadas (2 de economia formal – com controle de qualidade de fábrica e 59 de economia informal – ambulantes) 83,6% (51) estão CONFORMES, sendo todas do universo das pertencentes à economia informal, 17% das amostras estão NÃO CONFORMES. O desvio médio das distâncias entre as hastes com resultado CONFORME, dentro do limite permitido de 5 mm, foi de 25% do limite. O protótipo não apresentou erro de repetitividade quando mantido em funcionamento por 12 horas ininterruptas e nem apresentou perda de passos. Este novo modelo de protótipo aqui apresentado foi desenvolvido para resolver algumas falhas de projeto para testes, de forma a atender aos requisitos da norma. Este novo modelo também permite alterar, com sinais de alerta, alguns parâmetros da norma, para realização de testes estudos, além de registrar resultados e poder imprimi-los.

-Palavras-chave: Óculos de grau e óculos de sol. Teste de resistência aumentada de armações de óculos. Protótipo para teste de armações de óculos. NBR ISO 12311. ISO 12870.

Abstract

Musetti, L. V. **Increased resistance test for spectacle frames: prototype and sample analysis.** 2020. 50f Master Thesis – Sao Carlos School of Engineering, University of Sao Paulo, 2020.

In this research, a prototype was developed for tests of increased resistance in sunglasses frames, according to the requirements of the current Brazilian standard for this test, which can also be used for prescription glasses. The test aims to guarantee the durability of the frame by the act of putting and removing the glasses from the face by the user. A mechanical system was designed, being a nose simulator for support; system for fixing one of the frame's rods (simulation of the side that is fixed behind the ear) and an electronic rotation system - 40 revolutions per minute (RPM) - for the other rod (simulation of the side that will be removed from the face). The system consists of a mechanical design to house the sample, a control system, with NEMA 17 stepper motor model 17HS4401 and a 4.3" touch screen display model P48272V43_ # 07, for user interface. In order to be compliant, the frames must not break and/or the distance between the rods before the test and after the test cannot exceed 5 mm, at a pre-established spots by the standard. We carried out tests on 61 sunglasses frames. Out of the 61 samples (2 of formal economy - with factory quality control; 59, of informal economy - street vendors) 83.6% (51) are COMPLIANT, being of the universe belonging to the informal economy, 17% of samples are NON-CONPLAINT. The average deviation of the distances between the rods for the COMPLAINT samples, within the permitted limit of 5 mm, was 25% of this limit. The prototype presented no repeatability error when kept in operation for 12 uninterrupted hours, nor presented any loss of steps. A new prototype model was suggested to solve some design flaws for testing, in order to meet properly all the requirements of the standard. In addition, this new model allows changing, with warning signs, some parameters of the standard, for carrying out study tests, in addition to recording results and being able to print them.

Keywords: Prescription glasses and sunglasses. Test of increased resistance of sunglasses frames. Prototype for testing eyeglass frames. NBR ISO 12311. ISO 12870.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Nomenclatura das partes das armações de óculos.....	18
Figura 2 – Protótipo sugerido pela norma para o ensaio de resistência aumentada em óculos de sol (a) Disposição geral de teste, evidenciando o dispositivo de fixação; (b) Diagrama típico do equipamento de teste	19
Figura 3 – Diferenças pontos de fixação e medição requeridos pelo ISO.....	21
Figura 4 – Exemplo de “guia” utilizada pelos fabricantes internacionais	22
Figura 5 – Primeita versão do projeto em CAD	23
Figura 6 – Versão atual do projeto em CAD	23
Figura 7 – Desenho mecânico do apoio da ponte simuladora de nariz	24
Figura 8 – Vista superior do protótipo, com a marcação dos sistemas ajustáveis.....	24
Figura 9 – Juntas universais	25
Figura 10 – Vista superior do desenho em CAD do projeto destacando a distância ideal entre o centro do pivô até a fixação da haste	26
Figura 11 – Sistema de rolamento para uma rotação suave	26
Figura 12 – Motor de passo	27
Figura 13 – Sistema mecânico em CAD e todas as suas partes numeradas	27
Figura 14 – <i>Display</i> da <i>Proculus</i> modelo P48272V43C_#07, utilizado no protótipo.....	28
Figura 15 – Placa de desenvolvimento <i>Arduino Uno</i> , utilizado no controle do sistema.....	29
Figura 16 – Esquema elétrico do módulo de controle do motor de passo.....	29
Figura 17 – Placa de circuito impresso do módulo de controle do motor de passo.	30
Figura 18 – Diagrama de blocos do protótipo.	30
Figura 19 – Tela de ensaio do protótipo no <i>UnicView AD</i>	31
Figura 20 – (a) protótipo; (b) QR Code do vídeo do protótipo funcionando	32
Figura 21 – Tela inicial do equipamento, em português e em inglês	32
Figura 22 – Tela de <i>software</i> sobre maiores informações do equipamento em português e em inglês.....	33
Figura 23 – Tela de <i>software</i> da escolha de ciclos e RPM com confirmação de não conformidade com requisito da norma	33
Figura 24 – Tela de <i>software</i> de impressão	34
Figura 25 – Fluxograma do procedimento de ensaio	34
Figura 26 – Medidas a serem anotadas no relatório de ensaio	35
Figura 27 – (a) detalhe dos óculos posicionados no “nariz” do protótipo; (b) detalhe da haste presa no grampo	36
Figura 28 – Diagrama apresentado como sugestão do aparelho de ensaio	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Sistemas internacionais para ensaio de resistência aumentada em armações de óculos	Erro! Indicador não definido. 22
Tabela 2 – Resultados das amostras testadas no ensaio de resistência aumentada em armações de óculos	37

Lista de siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Desenho Assistido por Computador
CI	Circuito integrado
DIP	Distância Interpupilar
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
ISSO	International Organization For Standardization
LCD	Display de Cristal Líquido
LIO	Laboratório de Instrumentação Oftálmica
NBR	Norma Brasileira
RPM	Rotação por minuto
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

CAPÍTULO 1	13
1 Introdução	13
1.1 Motivação	13
1.2 Objetivos	13
CAPÍTULO 2	15
2 Fundamentos Teóricos	18
2.1 NBR ISO 12311:2018	19
CAPÍTULO 3	23
3 Materiais e Métodos	23
3.1 O sistema	23
3.2 Requisitos do sistema	24
3.3 Sistema de rotação	26
3.4 Sistema eletrônico	28
3.5 O <i>software</i> e as telas do <i>display</i>	30
3.6 Protótipo	32
3.7 Procedimentos de ensaio	34
CAPÍTULO 4	37
4 Resultados	37
CAPÍTULO 5	40
5 Discussão	40
Conclusão	43
Referências	44
Apêndices	48
Anexo A – Relatório de ensaio ISO 12311	49
Anexo B – Relatório de ensaio ISO 12870	50

CAPÍTULO 1

1 Introdução

1.1 Motivação

No Brasil não existem laboratórios exclusivos para certificação de óculos de sol e tão pouco existem equipamentos nacionais sendo vendido para a realização dos testes, que contemplam os requisitos exigidos pelas normas de óculos de sol.

A norma de óculos de sol vigente no país é a NBR ISO 12311-1:2018 (2018), que é espelho da internacional ISO12311-1:2018 (2018). Pelos estudos realizados em nosso laboratório de Instrumentação Oftálmica (LIO), na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) (MASILI (2015), MASILI (2016)), com a participação da professora Dra. Liliane Ventura do comitê de normas para óculos de sol CB49 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde em 2013 redigiram uma norma que contemplasse a adequação dos requisitos para a proteção da saúde ocular dos brasileiros, este ciclo de norma inadequada por ser espelho de norma europeia, adequação da norma para irradiância solar no Brasil e falta de laboratório de testes no país para os itens diferenciados, promove a dependência nesta área de certificações em outros países, e por consequência utilização de parâmetros de normas adequadas para países com irradiâncias solares diferentes das nossas.

Mas de nada adianta termos uma norma adequada para a proteção ocular do brasileiro, se não temos equipamentos e laboratórios que os testam.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem o intuito de preencher uma das muitas lacunas deste ciclo: o desenvolvimento de um equipamento nacional de testes de resistência aumentada em armações de óculos para laboratório de certificação. O teste objetiva garantir a durabilidade da armação de óculos pelo ato de colocação e de retirada dos óculos do rosto pelo usuário.

Ainda, este trabalho analisa um número significativo de óculos, de economia formal e não formal, para que se tenha uma noção das conformidades com este teste das armações vendidas no Brasil.

Esta pesquisa, realizada no LIO, tem por objetivo o desenvolvimento de um protótipo para testes de armações de óculos, para que seja garantido que a movimentação dos atos de

colocar e retirar os óculos do rosto do usuário não deforme ou quebre as armações, garantindo que não danifique as lentes.

Este é um teste requerido pelas normas de óculos e, portanto, será aqui apresentado o desenvolvimento do protótipo de um equipamento de ensaio para resistência aumentada para as armações de óculos, testando as armações vendidas e produzidas no Brasil, analisando se estas atendem aos requisitos da norma.

Não existe no mercado nacional um sistema para este tipo de teste no mercado internacional possuem poucos modelos dentre os modelos existentes e encontrados, eles não estão de acordo com os requisitos da norma por exemplo, no quesito em que as armações devem ficar livres no simulador de nariz durante o teste e, nestes referidos, existe um “guia” para manter os óculos sobre esta ponte do nariz durante a rotação. Estes pontos serão discutidos nesta dissertação.

CAPÍTULO 2

Os óculos são dispositivos óticos que podem ser utilizados para diversas finalidades, assim como, para a correção de ametropias (VENTURA, L, 1995), proteção dos raios ultravioleta, ou até por motivos estéticos,

Quando o assunto é a compra dos óculos, os quesitos mais analisados pelo consumidor são as lentes, seja para aqueles que vão adquiri-los para a correção de ametropias ou mesmo para aqueles que procuram por um óculos para proteção solar. Para os de proteção solar, o quesito principal na escolha é estético e o segundo quesito é a proteção ultravioleta e existem limites bem estudados para isso (SLINEY, 2000).

Conforme publicado em nosso grupo (MASILI, 2015, 2016, 2019), a proteção aos raios ultravioleta é importante e há uma vasta literatura sobre isso. “A luz ultravioleta (UV) constitui a porção do espectro eletromagnético de 100 nm a 400 nm (ICNIRP, 2004). O espectro UV pode ser dividido em três bandas relevantes com base no impacto da radiação UV nos sistemas biológicos; essas bandas são designadas como UVA (315 – 380 nm ou 400 nm, dependendo do padrão), UVB (280 – 315 nm) e UVC (100 – 280 nm), de acordo com a Comissão internacional de Iluminação (CIE, 1998, 1999). Vários estudos de pesquisa observam alterações estruturais patológicas induzidas em córneas expostas a radiação UV (DOUGHTY, 1989; SLINEY, 1995) e alterações semelhantes nas estruturas internas do olho. Os raios ultravioleta podem causar edema, opacidade do cristalino (catarata) e danos da retina (ZUCLICH, 1989; SODERBERG, 1990).”

As lentes são itens importantes, porém, independente da finalidade para a qual esses óculos serão utilizados, todos eles possuem algo em comum, que são as armações, e no momento da compra o consumidor acaba não dando a devida importância a elas. Contudo, a escolha da armação correta pode ter um papel importante na qualidade de seu par de óculos, segundo CARUDO (2020) “a moldura de uma lente que estamos acostumados a usar no nariz por muitos séculos é tudo, menos óbvia”.

Normas internacionais foram criadas para que os fabricantes de óculos pudessem garantir a segurança e a qualidade para o consumidor. Essas normas existem no Brasil, mas são utilizadas em caráter não compulsório, as normas brasileiras são espelhos das normas internacionais.

Vale a pena fazer um parêntese nesta parte, para se entender o estado da arte da certificação de óculos de sol no Brasil.

Embora os esforços de nossa equipe tenham sido feitos progressivamente para se ter uma norma segura para óculos de sol, para a saúde ocular, em nosso país tropical (MASILI, 2019; GOMES, 2019; MASILI, 2016), como fizemos em 2013, quando a professora Dra. Liliane Ventura fez parte do comitê CB49 de revisão da NBR 15111 (2013), e que foi revogada em 2015, e entre os muitos motivos é que não existe um laboratório no Brasil capaz de realizar todos os ensaios exigidos nas normas de óculos de sol, o que remonta à questão de não ter equipamentos de teste a preços acessíveis.

Por ser um assunto fechado, industrial, com interesse de fabricantes, há pouca literatura a respeito.

Vários equipamentos de certificação desenvolvidos em nosso laboratório e vários apontamentos sobre as normas de óculos de sol foram publicados, contribuindo com as normas internacionais, colocando nosso laboratório na posição de estar ativamente alinhado com a certificação de óculos de sol no Brasil e no mundo. Inclusive, contribuindo para que haja literatura sobre estes assuntos, uma vez, que existe uma falta significativa dela, nem mesmo em textos técnicos. Entre os equipamentos e pesquisas mais recentemente desenvolvidos, podemos citar os estudos sobre a proteção ultravioleta em óculos de sol (MASILI, 2015; LOUREIRO, 2016; MASILI, 2016); protótipos para testes semafóricos em óculos de sol (MELLO, 2013; LOUREIRO, 2018), protótipos para testes de proteção ultravioleta (MELLO, 2014); medidor de filtros polarizadores das lentes (LOPES, 2012, 2014), equipamento para testes de flamabilidade em óculos de sol (MAGRI, 2017), entre outros.

Em consonância com as pesquisas do Laboratório de Instrumentação Oftálmica (LIO) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), um dos muitos equipamentos que não existe equivalente nacional é o de medidas de resistência aumentada em armações de óculos de sol, para testar a vida útil das mesmas no ato de colocar e retirar os óculos do rosto.

Nesta dissertação serão discutidos o ensaio de resistência aumentada para armações de óculos, que são descritos na NBR ISO 12870:2018 (2018) no item 8.5, que se destina ao teste de resistência aumentada de armações de óculos e na NBR ISO 12311:2018 (2018), no item 9.7, que se destina especificamente ao teste de resistência aumentada em óculos para proteção solar. Ambas possuem os mesmos requisitos e procedimentos nos ensaios de resistência aumentada para armações de óculos. Este ensaio se destina a garantir a memória molecular do material utilizado na fabricação das armações e a qualidade das dobradiças, garantindo a longevidade tanto das armações quanto dos óculos de maneira geral. Por esse motivo essa dissertação vai se referir sempre a NBR ISO 12311:2018 (2018), já que ambas são idênticas.

O material que é feito as armações dos óculos é um quesito importante a ser analisado. Óculos com materiais que não possuem uma boa memória molecular, com o tempo deixarão de ter o encaixe perfeito, podendo até se romperem, sem contar que uma armação de má qualidade pode fazer com que as lentes se soltem, lasquem, trinquem ou até mesmo quebrem com o tempo de uso.

São as armações dos óculos que garantem a posição ideal das lentes sobre os olhos. Caso estas apresentem folgas ou rupturas, com o passar do tempo, a sobreposição ideal deixa de existir. Na fabricação de um óculos, muitos requisitos são levados em conta, mas as posições que as lentes vão estar em relação aos olhos é um dos quesitos mais importantes, para que não ocorram efeitos prismáticos, assim como citado por BROOKS (1994), principalmente quando se é falado de lentes graduadas, pois todo o cálculo de correção e foco estão baseados na posição que as lentes vão estar em relação aos olhos.

De acordo com ROEHE (2008),

“Se o centro ótico das lentes não incidir sobre o eixo visual, será induzido efeito prismático, que será maior quanto maior o poder dióptrico da lente, podendo resultar em desconforto visual ou astenopia. Além disso, nas lentes progressivas, se a Distância Interpupilar (DIP) for correta, os olhos não entrarão no corredor progressivo, havendo distorção da imagem”.

De posse dessa informação, podemos concluir o quão importante são as armações, principalmente nesses casos, visto que, se a armação sofrer alguma deformação, o eixo visual não estará mais ajustado com o rosto, fazendo assim com que os óculos deixem de ser funcionais.

Quando o especialista faz os cálculos para o diâmetro das lentes para correção de ametropias, um dos fatores analisados são as medidas das armações. Caso as armações não se mantenham com as mesmas medidas, ou apresentem folgas com o tempo, estes cálculos não irão mais estar dentro do parâmetro inicialmente ajustado, podendo acarretar em um erro de centralização que segundo CASINI (2015) “...podem causar efeitos prismáticos” ou até no caso de lentes multifocais problemas na postura do usuário, que precisará virar o rosto constantemente para enxergar com nitidez.

Levando em consideração os requisitos da norma, os óculos devem ser projetados e fabricados de tal forma que, quando utilizados nas condições e para os fins previstos, não irão comprometer a segurança e a saúde do usuário, além de garantir a qualidade do produto.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 NBR ISO 12311:2018

O ensaio de resistência aumentada para armações de óculos de sol está descrito na norma NBR ISO 12311:2018 (2018) item 9.7 e refere-se ao “ensaio para simular os esforços na armação de óculos para proteção solar, principalmente nas articulações, ao colocar os óculos na condição aberto ou fechado”.

Esta norma é baseada na ISO12870:2004, que descreve este mesmo teste para armações de óculos quaisquer (corretivos, de proteção solar e com hastes retas ou curvas).

O ensaio serve para garantir a durabilidade da armação pelo ato de colocação e retirada dos óculos do rosto pelo usuário.

A nomenclatura das partes dos óculos e seu desenho atual, inclui as partes ilustradas na figura 1.

Figura 1 – Nomenclatura das partes das armações de óculos.

Fonte: ROTARIS (2017).

Não encontramos na literatura informações e dados científicos sobre a justificativa dos parâmetros deste teste, apenas a descrição do sistema de testes (ROTARIS, 2017) e uma patente (XUN, 2011). No entanto, a norma chinesa GB/T 14214 (2003) traz um parágrafo que afirma que este teste garante que a armação pode ser usada com segurança por 2 anos ou mais. Porém, não existem estes parâmetros publicados na literatura.

Dois anos é o tempo ideal, inclusive para a população brasileira que troca de óculos a cada 2 anos em média (MASILI, 2015).

Este é um dos resultados de uma enquete realizada pela Profa. Dra. Liliane Ventura, para caracterizar o perfil típico do uso de óculos de sol no Brasil. Esta pesquisa está disponível *online* nos últimos 05 anos (<http://www.sel.eesc.usp.br/lio/>), e atualmente mais de 3000 pessoas responderam. A pesquisa requer apenas 20-40 segundos para ser concluída. Esta pesquisa e a permissão para uso público das respostas foram aprovadas por Comitê de Ética (registro do estudo aprovado pelo Comitê de Ética Brasileiro, protocolo número 160.248 / 2012 - UFSCar).

A Figura 2 ilustra o protótipo sugerido pelas normas NBR ISO 12311:2018 e ISO12870:2004. É descrito um sistema mecânico, de apoio sobre um simulador de nariz e fixação de uma das hastes dos óculos – simulação do lado que fica preso atrás da orelha, e um sistema de rotação eletrônico para a outra haste (simulação do lado que será retirado do rosto), para a realização deste teste, que se denomina ensaio de resistência aumentada em armações de óculos de sol.

Figura 2 – Protótipo sugerido pela norma para o ensaio de resistência aumentada em óculos de sol (a) Disposição geral de teste, evidenciando o dispositivo de fixação; (b) Diagrama típico do equipamento de teste.

Fonte: NBR ISO 12311:2018 (2018) e ISO12870:2004 (2004)

A extremidade de uma haste é fixada para restringir o movimento lateral, mas não o movimento de rotação, enquanto a extremidade da outra haste é rotacionada através de um círculo de 60 mm de diâmetro. A ponte é apoiada, todavia não presa, por um simulador de nariz para se ter as condições mais próximas do rosto humano.

Ao serem submetidos aos testes, os óculos não podem: fraturar em qualquer ponto, apresentar rachaduras ou apresentar deformações permanentes, ou seja, a distância original entre as hastes no ponto de medição não pode ser alterada por mais de 5 mm após 500 ciclos. Garantindo assim que estes óculos mantenham as suas características a longo prazo.

A norma específica alguns parâmetros para a construção do equipamento de ensaio, são: as hastes dos óculos segundo a norma devem ser fixadas em pontos pré-determinados; o tamanho e o ângulo do apoio de ponte que simula o nariz são de 12 mm e 30 graus, respectivamente, onde segundo a norma deve existir um grau de ajuste em relação ao apoio ponte de pelo menos 40 mm na horizontal e na vertical, conforme pode ser visto nos itens 2 e 6 na figura 2b.

O equipamento precisa ser capaz de transmitir um movimento cíclico contínuo e suave para uma das juntas, sendo 30 mm para cima e para baixo e 60 mm para os lados, a uma taxa de 40 rpm. É opcional o teste ser realizado na haste direita, esquerda ou em ambas. Devido a maioria da população ser destra, normalmente os aparelhos que existem no mercado internacional testam apenas a haste direita. Não há equipamento nacional para este teste disponível no mercado, partindo do mesmo princípio neste protótipo, optou-se por testar a haste direita.

Antes de descrever a rotina do ensaio, exigida pela norma, em nossa mente de investigadores permanecem os seguintes questionamentos (inclusive realizados pela Professora Dra. Liliane Ventura nos comitês internacionais sobre estas dúvidas, que não foram esclarecidas), como a combinação de 40 rpm e 500 ciclos garante que o usuário pode colocar e retirar a armação por 2 anos? Ainda, parece-nos improvável que um indivíduo “dobre” tanto as hastes apenas removendo a armação do rosto. Além disso, ninguém “pega” os óculos por trás da orelha, perto da ponta da haste para retirá-los do rosto. Geralmente pega-se perto das dobradiças.

De qualquer modo, o intuito aqui também é desenvolver o equipamento que realiza os ensaios segundo os requisitos das normas atuais. Portanto, o ensaio está descrito a seguir. A figura 3 indica os diferentes pontos de fixação e medição requeridos pelas ISO.

Figura 3 – Diferentes pontos de fixação e medição requeridos pelas ISO.

Fonte: Adaptado das ISO 12311:2018 e ISO 12870:2004 e NBR ISO 12311:2015.

Precedente ao início do ensaio medem-se as hastes em pontos pré-estabelecidos, e registra-se essa distância entre elas como distância 1 (d_1). Em seguida, posiciona-se a amostra no equipamento, prendendo as duas hastes em seus respectivos pontos de fixação, e inicia-se a rotação por até 500 ciclos, numa velocidade de 40 rpm. Ao término dos ciclos, remove-se a amostra do equipamento e mede-se a distância entre as hastes no mesmo ponto pré-estabelecido inicialmente, registrando essa medida como distância 2 (d_2). Devem ser registradas também, qualquer fratura, rachadura ou alterações no movimento das hastes. O desvio é a diferença entre os valores medidos d_1 e d_2 e não pode ser superior a 5 mm.

Os modelos de sistemas para este teste, são difíceis de serem encontrados no mercado mundial. Existem poucos modelos espalhados pelo mundo e no Brasil não há modelo registrado. A Tabela 1, apresenta os fabricantes encontrados e as normas, segundo eles, que o respectivo equipamento abrange.

Tabela 1 – Sistemas internacionais para ensaio de resistência aumentada em armações de óculos.

Referência de Sistemas para teste de resistência aumentada em armações no mundo				
Nome do equipamento	Modelo	Origem	Empresa	Normas que englobam
Spectacle frame endurance tester	SL-SF01	China	Skyline	EN1836, ISO12870, GB/T14214-2003, etc
Durability testing machine	YT-528	China	Yin-Tsung	EN1836, ISO12870, GB/T14214-2003, etc
Endurance test machine	MCDU	Itália	SGM SRL	ISO12870
Spectacle frame durability test	Spectable frame durability	Alemanha	Joachim Wilhelm Engineering	ISO12870

A NBR ISO 12311:2018 (2018) descreve que, se deve assegurar que a ponte da armação esteja apoiada livremente sobre o apoio da ponte, porém pode-se notar na Figura 4 que os modelos encontrados no mercado internacional, possuem um “guia” que segura a ponte dos óculos para que ele não saia do lugar no momento da rotação, ferindo a descrição de equipamento e exigência da norma, mesmo porquê não é real a situação desta guia sobre os óculos quando no rosto do usuário. No capítulo de discussões, será abordada a utilização deste “guia”.

Figura 4 – Exemplo de “guia” utilizado pelos fabricantes internacionais.

Fonte: Skyline (2020)

Com os parâmetros descritos na norma e sem nenhuma orientação em literatura científica, desenvolvemos nosso protótipo com as informações disponíveis.

CAPÍTULO 3

3 Materiais e Métodos

3.1 O sistema

De acordo com o requisito da NBR ISO 12311:2018, foram projetados os sistemas mecânicos, eletrônicos e de rotação. Todo o desenvolvimento mecânico foi projetado no *software* de modelamento e desenvolvimento SOLIDWORKS.

Em uma primeira fase, projetou-se um sistema com um motor de passo, um sistema mecânico, um botão de *start*, um botão de *stop* e um *display* LCD tamanho 20x4 com barramento serial multimestre I2C, conforme figura 5.

Figura 5 –Primeira versão do projeto em CAD.

Essa primeira versão foi testada e foram identificadas necessidades de melhorias no projeto. A figura 6 mostra a segunda e atual versão desenvolvida, com a implementação das melhorias. Foram realizados alguns ajustes mecânicos, para que se fosse possível testar diferentes modelos e tamanhos de óculos. Ainda, os botões e o *display* LCD foram trocados por um *display touchscreen* da Proculus de 4.3” 480x272 pixel, modelo P48272V43C_#07.

As peças foram desenhadas em CAD e confeccionadas em alumínio e latão, na oficina mecânica do departamento de engenharia elétrica da EESC-USP.

Figura 6 – Versão atual do projeto em CAD.

3.2 Requisitos do sistema

O sistema desenvolvido seguiu todos os requisitos da NBR ISO 12311:2018 (2018), que faz referência a todas as medidas de partes essenciais para o ensaio. Em relação ao simulador de nariz, requer-se que o apoio de ponte tenha uma seção transversal triangular, que contém um ângulo de $(30 \pm 2^\circ)$, de espessura na parte superior de (12 ± 1) mm, com a borda superior aproximadamente arredondada. A construção do apoio da ponte do nariz foi baseada neste requisito, conforme pode ser visto na figura 7.

Figura 7 – Desenho mecânico do apoio da ponte simuladora de nariz.

Ainda é feita a seguinte recomendação “As posições dos grampos e do apoio de ponte, em relação um ao outro, são ajustáveis por pelo menos 40 mm horizontal e verticalmente”.

Figura 8 – Vista superior do protótipo, com a marcação dos sistemas ajustáveis.

A figura 8 mostra a vista superior do protótipo. Foram colocados ajustes de 40 mm na vertical e horizontal, algumas marcações foram colocadas na imagem em volta dos ajustes, com a numeração 1 em vermelho, 2 em verde e 3 em azul, para uma melhor visualização de onde estariam cada um deles. O número 1 refere-se a dois ajustes: um para que os óculos se desloquem ao longo da ponte na horizontal e outro para que eles se desloquem na vertical pelo bastão. No ajuste 2, em verde, permite-se que a ponte do nariz se desloque horizontalmente. Já no ajuste 3, em azul, permite-se que o grampo se desloque na horizontal.

No diagrama típico de ensaio da norma (vide figura 2), são apresentados alguns ajustes e distâncias, que são considerados fundamentais para um correto desempenho do teste da amostra. Ainda aponta os pontos de fixação das amostras sendo presos por juntas universais, evidenciando que, quando rotacionados, esses pontos de fixação não podem restringir o movimento angular das hastes. As juntas universais utilizadas neste protótipo foram de 1/4" da marca Robust modelo 695 e estão apresentadas na figura 9.

Figura 9 – Juntas universais.

A NBR ISO 12311:2018 (2018) faz referência a como deve ser a construção dos grampos de fixação das hastes, citando quais as distâncias ideais para que se tenha um padrão de sistema, sem alterar o diâmetro de rotação: “O ponto de fixação, definido como a extremidade do grampo mais próximo do centro do eixo do parafuso, deve estar (55 ± 1) mm a partir do centro do pivô da junta universal”. Caso essa distância não seja obedecida, haverá um problema no sistema relacionado ao movimento cíclico quando transmitido às hastes. Se for maior haverá uma diminuição da tensão nas hastes e se for menor haverá um aumento, sendo essa tensão inversamente proporcional a distância entre o centro do pivô e a fixação da amostra (vide figura 10).

Figura 10 – Vista superior do desenho em CAD do projeto destacando a distância ideal entre o centro do pivô até a fixação da haste.

3.3 Sistema de rotação

O sistema precisa ser capaz de transmitir, segundo a norma, um movimento cíclico e suave para uma das juntas universais de $(30 \pm 0,5)$ mm para baixo, (60 ± 1) mm para a lateral e $(30 \pm 0,5)$ mm para cima. Para que o sistema consiga transmitir um movimento suave, foi colocado um rolamento, conforme a figura 11, para evitar descompassos e trancos ao fazer o movimento cíclico, e não comprometer o ensaio.

Figura 11 – Sistema de rolamentos para uma rotação suave.

Além dos requisitos citados pela norma das partes mecânicas do projeto, também é citado que o sistema tem que fazer o seu movimento cíclico a uma taxa de 40 rpm, e que deve ter um contador de ciclos, com contagem até 500 ciclos.

Assim, definiu-se um motor para que pudesse ser feito o movimento cíclico das hastes. O motor escolhido para essa aplicação foi o motor de passo NEMA 17, modelo 17HS4401 (vide

na figura 12), com torque de 4 Kgf.cm e tensão de alimentação de 12V. Este motor possui um ajuste preciso de posicionamento, possibilitando a contagem dos ciclos através da contagem dos passos, além de ser um motor barato e que serve adequadamente para a nossa situação.

Figura 12 – Motor de passo.

Todo o sistema mecânico e suas partes descritas podem ser vistos na figura 13.

Figura 13 – Sistema mecânico em CAD e todas as suas partes numeradas.

As partes do sistema mecânico são vistas na figura 13 e descritos como:

- 1 Painel de controle e contador;
- 2 Ajuste do grampo da haste;

- 3 Junta universal;
- 4 Grampo fixo;
- 5 Grampo rotativo;
- 6 Conjunto de apoio ajustável da ponte dos óculos;
- 7 Amostra de ensaio;
- 8 Disco rotativo;
- 9 Moto-redutor.

3.4 Sistema eletrônico

Para o sistema de contagem de ciclos que a norma faz referência, utilizou-se um *display touchscreen* de 4.3” 480 x 272 pixel, modelo P48272V43C_#07 que mostra em tempo real o número de ciclos e a quantidade de rotações por minuto. O *display* é mostrado na figura 14. No *display* também é possível fazer o acionamento do teste através do toque na tela, tendo também as opções de parar e pausar o teste.

Figura 14 – Display da Proculus (2020) modelo P48272V43C_#07, utilizado no protótipo.

Todo o sistema é comandado por um circuito microcontrolado. Para isso escolheu-se o microcontrolador da ATMEGA, atualmente comprada pela MICROCHIP, o ATmega328, programado por linguagem C++ com a plataforma de desenvolvimento ARDUINO. A placa de desenvolvimento da ARDUINO UNO pode ser vista na figura 15.

Figura 15 – Placa de desenvolvimento ARDUINO UNO, utilizado no controle do sistema.

Utilizou-se para o circuito do módulo de controle para o acionamento do motor de passo, o circuito integrado (CI) de matriz de transistores *darlington*. O ULN2803 da FREESCALE foi o CI escolhido para essa função.

Na figura 16 pode ser visto o esquema elétrico do módulo de controle do motor de passo.

Figura 16 – Esquema elétrico do módulo de controle do motor de passo.

A figura 17 mostra a placa de circuito impresso, desenvolvida no *software* de desenvolvimento ALTIUM para o controle do motor de passo.

Figura 17 – Placa de circuito impresso do módulo de controle do motor de passo.

A contagem do número de ciclos foi feita via *firmware*. Essa contagem é realizada através do número de passos do motor. O motor de passo completa um ciclo a cada 200 passos. Com essa informação foi possível ler o número de passos, armazenar e converter em números de ciclos através do ARDUINO. O diagrama de blocos do protótipo é apresentado na figura 18.

Figura 18 – Diagrama de blocos do protótipo.

3.5 O software e as telas do display

O *display touchscreen* de 4.3” 480 x 272 pixel, modelo P48272V43C_#07, foi o escolhido, pois conta com uma solução homem-máquina que combina um processador *onboard* e tela de toque de memória com o software *UnicView AD* da Proculus para o desenvolvimento de projetos de interface homem-máquina.

O *display* da *Proculus* se conecta ao microcontrolador periférico via TTL serial (5V, TX, RX, GND) para fornecer notificações de eventos que o microcontrolador pode atuar.

A figura 19 mostra a tela inicial do *display*, criada no *UnicView AD*.

Figura 19 – Tela de ensaio do protótipo no *UnicView AD*.

lio
LABORATÓRIO DE
INSTRUMENTAÇÃO
OFTÁLMICA

TESTE DE RESISTÊNCIA
AUMENTADA

Data / /

Lote Nº amostra

Ciclos Ciclos/minuto

INICIAR TERMINAR

A tela principal do protótipo tem funções predeterminadas e necessárias para o ensaio e campos para preenchimento de data, lote e número da amostra.

No canto inferior esquerdo da tela, o botão *INICIAR* dá início aos ciclos. Acima do botão de *INICIAR* são apresentados, durante o teste, os ciclos acontecendo, que cessarão após a quantidade de 500 ciclos de teste, a 40 rpm, e são dados *default* do sistema. Estas informações são indispensáveis durante o teste da amostra, pois a norma estabelece que os ciclos devem estar em 40 RPM constante. O botão *INICIAR* é um botão de duplo estado, então, quando a amostra está em teste, o botão terá a função de *PAUSAR* o teste. A opção de *PAUSAR* é necessária caso a amostra apresente algum problema antes dos 500 ciclos, ou caso o operador precise interromper o teste e, em seguida, continuar do ponto que parou.

O mostrador da quantidade de ciclos sendo realizados durante o teste está pré-definido para girar até 500 ciclos, podendo ser alterado nas configurações do programa, para maior número de ciclos para efeito de pesquisa. Este mostrador de ciclos simultaneamente ao teste, é

importante pois, caso a amostra apresente algum problema antes dos 500 ciclos, o operador consegue identificar a quantidade de ciclos realizada antes do término do teste.

No canto direito da tela foi implementado um botão com a função de TERMINAR o teste, assim quando acionado serão zerados os mostradores de RPM e de número de ciclos. Após esta ação, o protótipo está pronto para um novo ensaio, e volta para a tela principal.

3.6 Protótipo

O protótipo está montado e funcional, a figura 20a mostra o protótipo, a figura 20b é o QRCode do vídeo do protótipo funcionando.

Figura 20 – (a) Protótipo; (b) QR code do vídeo do protótipo em funcionamento.

O *display* e o *hardware* escolhidos para o desenvolvimento do protótipo possibilitam implementações de diversas telas de software e diversas finalidades. Com o intuito de facilitar o trabalho de quem estiver testando as amostras e também deixar o protótipo com um maior número de funcionalidades, foram criadas outras telas e opções de testes.

Na primeira tela conforme a figura 21, aparece a imagem da tela principal e as opções de iniciar o teste, configurações e sobre. Na aba de “CONFIGURAÇÕES” é possível alterar o idioma (inglês ou português), alterar RPM e quantidade máxima de ciclos.

Figura 21 – Tela inicial do equipamento em português e inglês.

Na opção de “SOBRE” ou “ABOUT” é possível ver mais informações sobre o equipamento, conforme a figura 22.

Figura 22 – Tela de software sobre maiores informações do equipamento em português e inglês.

Ao clicar em “TESTE” inicia-se o ensaio. Também para outras funções de pesquisa, senão a de ensaio relacionados à norma, foi adicionado uma função CONFIGURAÇÕES, na tela inicial, identificada por um botão onde, é proporcionado ao operador alterar os valores de RPM e também o valor total de ciclos. Porém, uma mensagem de ENSAIO NÃO ESTÁ DE ACORDO COM A NORMA: DESEJA CONTINUAR? aparece para o operador, que deve confirmar a opção escolhida. A figura 23 apresenta esta tela.

Figura 23 – (a) Tela de software de escolha de ciclos e RPM com (b) confirmação de não conformidade com requisito da norma.

(a)

(b)

A tela final está apresentada na figura 24, com a opção de imprimir e voltar ao início.

Figura 24 – Tela de software de impressão.

3.7 Procedimentos de ensaio

Os procedimentos de teste dos óculos de sol estão descritos na NBR ISO 12311:2018 e para óculos corretivos na ISO 12870:2004 e estão aqui representado no fluxograma da Figura 25.

Adicionalmente, uma folha de avaliação do teste de cada par de óculos foi projetada em Excel e estão nos ANEXO A e B, relativos a óculos de sol e de grau, respectivamente - Relatório de ensaio.

Figura 25 – Fluxograma do procedimento de ensaio.

Basicamente, o ensaio resume-se em anotar os pontos de medição, indicados pelas letras A, B, C, D, E e X (dependente do tipo de haste e de óculos – corretivo ou de proteção solar) na figura 26, previamente ao teste. O intuito de registrar essas medidas é para que ao final dos ensaios de cada lote sejam obtidas as medidas mínimas e máximas dos óculos testados, com o intuito de aperfeiçoar o sistema no quesito de ajuste da amostra. A norma requer o registro apenas do ponto A.

O procedimento de teste requer que seja estabelecido, em ponto predeterminado, o local que será medido a distância de uma haste a outra, identificado por ‘A’ na figura 26, de modo que “cada ponto de medição deve estar (10 ± 1) mm mais próximo do eixo do parafuso do que o ponto de fixação” para o item 9.7.3.2, da NBR ISO 12311:2018 – óculos de sol, item 8.5.2.1 da ISO 12870:2004 para hastes não curvas e a (15 ± 1) mm para hastes curvas.

Para testar, deve-se apoiar a amostra sobre o “nariz” do protótipo, fixar uma das hastes da armação com os grampos – vide figura 27 – e submeter a armação a rotação de 40 rpm por 500 ciclos.

Figura 26 – Medidas a serem anotadas no relatório de ensaio.

O intuito de registrar essas medidas é para que ao final dos ensaios de cada lote sejam obtidas as medidas mínimas e máximas dos óculos testados, com o intuito de aperfeiçoar o sistema no quesito de ajuste da amostra.

Figura 27 – (a) detalhe dos óculos posicionados no “nariz” do protótipo; (b) detalhe da haste presa no grampo.

(a)

(b)

CAPÍTULO 4

4 Resultados

Os ensaios foram realizados em 61 amostras, com os parâmetros de acordo com os requisitos da norma, ou seja, medidas prévias dos pontos da haste, submetidas a 40 rpm, por 500 ciclos e medidas posteriores das distâncias entre as hastes, não podendo superar uma diferença de 5mm entre as distâncias prévia e posterior.

O material destas 61 amostras eram de Poliamida - Nylon 12 (50%); Poliamida - Nylon 11, óleo de mamona (10%); acetato de celulose (5%); ABS (15%) e policarbonato (20%).

A tabela 2 apresenta a identificação da amostra, as distâncias inicial e final entre as hastes, o desvio, o aspecto visual após o teste e resultado de conformidade.

Entre as 61 amostras testadas no protótipo, 10 estavam NÃO CONFORMES.

Tabela 2 – Resultados das amostras testadas no ensaio de resistência aumentada em armações de óculos.

Número da amostra	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	Desvio (%)	Aspecto visual	Conforme / Não conforme
FORM 02	140	140	0	OK	Conforme
FORM 01	140	140	0	OK	Conforme
L:13 N:172	136	136	0	OK	Conforme
L:04 N:264	138	138	0	OK	Conforme
L:25 N:83	133	134	20	OK	Conforme
L:04 N:294	134	135	20	OK	Conforme
L:04 N:05	136	139	60	OK	Conforme
L:04 N:70	131	134	60	OK	Conforme
L:04 N:96	134	134	0	OK	Conforme
L:13 N:140	136	138	40	OK	Conforme
L:04 N:09	132	134	40	OK	Conforme
L:04 N:78	136	138	40	OK	Conforme
L:23 N:04	140	143	60	OK	Conforme
L:04 N:107	142	143	20	OK	Conforme
L:13 N:50	141	141	0	OK	Conforme
L:02 N:130	140	142	40	OK	Conforme
L:13 N:141	133	134	20	OK	Conforme

L:15 N:282	128	132	80	OK	Conforme
L:13 N:48	138	138	0	OK	Conforme
L:23 N:46	148	150	40	OK	Conforme
L:15 N:201	140	140	0	OK	Conforme
L:04 N:61	135	135	0	OK	Conforme
L:04 N:106	126	128	40	OK	Conforme
L:13 N:226	134	135	20	OK	Conforme
L:04 N:110	135	135	0	OK	Conforme
L:03 N:371	140	140	0	OK	Conforme
L:16 N:333	144	144	0	OK	Conforme
L:02 N:366	135	136	20	OK	Conforme
L:02 N:235	132	135	60	OK	Conforme
L:02 N:361	136,5	137	10	OK	Conforme
L:02 N:308	141	141	0	OK	Conforme
L:21 N:288	142	143	20	OK	Conforme
L:21 N:206	133	134	20	OK	Conforme
L:03 N:370	133	133	0	OK	Conforme
L:16 N:171	129	131	40	OK	Conforme
L:15 N:359	127	130	60	OK	Conforme
L:16 N:292	147	147	0	OK	Conforme
L:15 N:279	138	142	80	OK	Conforme
L:15 N:202	145	146	20	OK	Conforme
L:15 N:25	135,5	135,5	0	OK	Conforme
L:15 N:283	139	140	20	OK	Conforme
L:16 N:358	136	137	20	OK	Conforme
L:15 N:286	147	148	20	OK	Conforme
L:16 N:208	140	143	60	OK	Conforme
L:16 N:291	143	145	40	OK	Conforme
L:15 N:170	135	135,5	10	OK	Conforme
L:15 N:280	141	142,5	30	OK	Conforme
L:15 N:17	139	139	0	OK	Conforme
L:15 N:357	132	135	60	OK	Conforme
L:16 N:217	141,5	143	30	OK	Conforme

L:16 N:297	132	134	40	OK	Conforme
L:15 N:299	133	135	40	Soltou o parafuso	Não Conforme
L:16 N:285	129	135	120	OK	Não Conforme
L:15 N:295	129	135	120	OK	Não Conforme
L:21 N:278	137	139	40	Trincou	Não Conforme
L:04 N:79	153,5	160	130	OK	Não Conforme
L:13 N:145	135	141	120	OK	Não Conforme
L:13 N:42	127	133	120	OK	Não Conforme
L:13 N:347	137	147	200	OK	Não Conforme
L:04 N:137	143	-	-	Soltou a lente	Não Conforme
L:22 N:313	130	136	120	OK	Não Conforme

Das 51 amostras conformes, foi possível identificar um desvio médio entre d_1 e d_2 de aproximadamente 25% do limite, requisito da norma. Já das 10 amostras não conformes (9 poliamida – nylon 12; 1 de policarbonato), 03 delas não estavam conformes pela inspeção visual: a amostra “L:04 N:313” soltou a lente quando estava no ciclo 260 e teve o ensaio interrompido; a amostra “L:15 N:299” afrouxou o parafuso de fixação da haste; a amostra “L:21 N:278” trincou a lente. As 7 amostras restantes não conformes, apresentaram um desvio maior que 5 mm entre as suas hastes, 05 delas com desvio de 20% acima do limite, 01 com desvio de 30% acima do limite e a 01 amostra com desvio 100% acima do limite requisito da norma.

Foi realizado um teste de fadiga e durabilidade do protótipo. Levando em conta que cada amostra leva um tempo de 00:12:30 horas em movimento no protótipo. Em media, entre medir os pontos nas armações e posicionar os óculos e depois fazer a inspeção visual e anotar as medições, podemos dizer que cada par de óculos é avaliado em aproximadamente 20 minutos, ou seja, 3 armações testadas por hora, 24 armações por dia. Isto equivale a 12000 rotações por dia, com intervalos de 8 minutos.

O protótipo ficou em funcionamento por 12000 rotações, a 40 rpm, e o número de passos perdidos foi nulo. O motor foi deixado ainda em funcionamento por 12 horas seguidas e não aqueceu ou apresentou perda de passos.

Dessa forma, é possível concluir que o motor escolhido atende as necessidades do projeto e funciona por longos períodos.

CAPÍTULO 5

5 Discussão

Na primeira versão do protótipo, apresentada em minha defesa de qualificação, foi identificada uma dificuldade de se posicionar as amostras no sistema mecânico, pois não era possível fixar armações muito maiores ou muito menores do que o tamanho padrão, que ultrapassassem os ajustes em torno de 40 mm. Isso refletiu em 12 amostras dos primeiros 30 testados, que não puderam ser fixadas corretamente no momento do ensaio.

Na versão atual do protótipo este problema foi solucionado aumentando-se em 10 mm os ajustes, possibilitando testar óculos de todos os modelos e tamanhos, não ferindo a recomendação de montagem do sistema pela ISO12311:2018.

O protótipo foi testado para que esteja apto a rodar por um dia todo de trabalho e o número de passos perdidos detectado foi nulo. Ainda o motor resiste com folga à 8 horas de rotação.

Os ensaios mostraram que das 61 amostras (2 de economia formal - com controle de qualidade de fábrica 59 e de economia informal - ambulantes) 83,6% (51) estão conformes, sendo do universo das pertencentes à economia informal, 16,4% das amostras estão não conformes. O desvio médio das distâncias entre as hastes, dentro do limite permitido de 5 mm, foi de 25% do limite.

Em uma discussão comparativa entre o nosso protótipo desenvolvido e os protótipos do Mercado, aponta-se que: Os modelos mais significativos de equipamentos deste tipo de ensaio, encontrados no mercado internacional, aqui apresentados (2 chineses, 1 italiano e 1 alemão), os fabricantes optaram por utilizar uma “guia” para a ponta do nariz no sistema, conforme a figura 4. Esta “guia” soluciona o problema dos óculos se deslocarem do centro no momento do ensaio, porém, fere o item 9.7.3.2 b) da NBR ISO 12311:2018, onde se evidencia que ao montar a armação deve-se “assegurar que a ponte da armação dos óculos esteja apoiada livremente sobre o apoio da ponte”.

Conseguimos solucionar este problema, conforme descrito a seguir.

Na primeira versão do protótipo, como os ajustes estavam menores que 40 mm alguns óculos sobrecarregavam o torque do motor, o que impossibilitava de se iniciar o movimento

cíclico. Então, na versão atual foram implementados ajustes maiores, 10 mm, para não sobrecarregar o motor e não ferir os requisitos da norma.

Em referência à norma brasileira, existem alguns pontos contraditórios ou que podem levar a uma má interpretação. No item 9.7.3.2 a NBR ISO 12311:2018 apresenta um diagrama típico do aparelho de ensaio, conforme pode ser visto na Figura 2.

No item 2, da figura 2, descrito como ‘ajuste do grampo da haste’ existe um ajuste no eixo ‘x’, que impede o requisito que diz: “a) que o grampo rotativo (5) deve estar no mesmo plano que o grampo fixo (4) ...”, para que os dois itens estejam no mesmo plano, o item 5 descrito como ‘grampo rotativo’ também precisaria ter um ajuste parecido. No entanto, não faz sentido este ajuste existir, já que possui o ajuste 6 descrito como ‘conjunto de apoio ajustável da ponte dos óculos para proteção solar’, apresentado na Figura 2, que serve exatamente para ajustar a amostra para frente e para trás por pelo menos 40 mm.

No ajuste dos óculos sobre o suporte de nariz, item 6, é necessário se ter um ajuste adicional, ortogonal, no eixo ‘y’, para que se possa testar modelos variados de óculos. Uma armação que tenha dimensões muito maiores que as tradicionais, tem as distâncias entre as hastes maiores, e portanto, para que os óculos fiquem centralizados no nariz é necessário este ajuste, que é compensado na haste que será testada, pelo ajuste que o grampo (item 2) já possui.

O modelo sugerido como diagrama típico, baseado neste argumento, está apresentado na Figura 28.

No item 9.7.3.2 do procedimento da NBR ISO 12311-2018 (2018) é requerido que seja estabelecido, em ponto pré-determinado, o local que será medido a distância de uma haste a outra, conforme item 'A' da Figura 26, porém a norma não deixa claro onde deve ser este ponto, citando que “cada ponto de medição deve estar (10 ± 1) mm mais próximo do eixo do parafuso do que o ponto de fixação”. Assim, quando foram feitos os testes nas amostras, concluiu-se que, o “eixo do parafuso” estava fazendo referência à junção entre a haste e a parte da armação que segura as lentes.

O preço dos equipamentos vendidos no mercado internacional varia entre U\$ 2 mil (modelo chinês) e € 7200 (modelo alemão).

Neste protótipo foi possível desenvolver um equipamento de baixo custo, já que a compra de todos os materiais utilizados girou em torno de mil reais.

Ainda, em nosso modelo, é possível alterar o número de ciclos ou a velocidade de rotações por minuto. Também possui uma tela sensível ao toque, permite impressão dos resultados e é o primeiro protótipo nacional em teste.

Conclusão

Neste trabalho desenvolveu-se o primeiro protótipo nacional para uso em laboratórios de certificação de ensaio de resistência aumentada para armações de óculos de sol, com testes para sua validação e testes em amostras.

O resultado importante desse trabalho, além da nacionalização de um equipamento, foi que os ensaios foram realizados em amostras dos óculos de sol vendidos no Brasil.

Além disso, neste equipamento, sugestões de ajustes no suporte do nariz foram implementadas. Evitando a colocação de guias, como ocorre nos equipamentos importados, permitindo assim, que fique totalmente de acordo com os requisitos da ISO 12311:2018 e NBR ISO 12311:2018.

É importante se ter conhecimento que das armações vendidas no país, 83,6% das armações testadas estão conformes para o teste de resistência aumentada em óculos de sol, o que aparentemente se garante um uso sem danos para as armações por 2 anos.

Conclui-se que este equipamento é totalmente factível para comercialização com a vantagem de poder ser construído com um baixo custo quando comparado com os equipamentos importados, além de agregar uma tela sensível ao toque.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12311**: Proteção dos olhos e do rosto – Métodos de ensaio para óculos para proteção solar e óculos relacionados. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12312 - 1**: Proteção dos olhos e do rosto – Óculos para proteção solar e óculos relacionados – Parte 1: Óculos para proteção solar e uso geral. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12870**: Ótica oftálmica – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15111**: Óculos para proteção solar, filtros para proteção solar para uso geral e filtros para observação direta do sol. ABNT, v. 1, p. 1-47, 2013.

BROOKS, Clifford W.; RILEY, Hurbert D. Effect of prescribed prism on monocular interpupillary distances and fitting Heights for progressive add lenses. Optometry and vision Science: official publication of the American Academy of Optometry, v. 71, n. 6, p. 401-407, 1994.

CARUDO, D.C. Departamento de Oftalmologia e Transplante de córnea. Hospital dos peregrinos – La montura per gli occhiali, una scelta non casuale. Disponível em : <<https://www.giornalesanita.it/category/professionisti/tecnicisti/>>. Acesso em 19, outubro 2020.

CASINI, Mario et Al. Manuale Pratico Di Montature. Centro Studi Salmoiraghi e Vigano. 1. Ed. Savona, Itália: Publicomm, 2015. 54p. v. 1. E-book.

CIE. Erythermal reference action spectrum and standard erythermal dose. Vienna: CIE; CIE Standard S007-1998.

CIE. Standardization of the terms UV-A1, UV-A2 and UV-B. Vienna: CIE; Report CIE-134/1;1999.

DOUGHTY M.J., Cullen A.P. Long-term effects of a single dose of ultraviolet-B on albino rabbit cornea-I. In vivo analyses. Photochem Photobiol 49:185–196; 1989. DOI:10.1111/j.1751-1097.1989.tb04095.x

GB/T 14214. Spectacle frames - General requirements and test methods - Chinese Standard 眼镜架-通用要求和试验方法 , China, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12870**: Ophthalmic optics – Spectacle frames – Requirements and test methods. Genebra, Suíça, 2004.

GOMES, LM ; Ventura, L ; Masili, M . Análise do efeito da exposição solar natural e simulada em lentes de óculos de sol: um estudo sobre a degradação dos materiais. REVISTA BRASILEIRA DE FÍSICA MÉDICA (ONLINE), v. 13, p. 47-52, 2019.

ICNIRP. Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), Health Phys 87(2):171–186; 2004.

ILV. International Lighting Vocabulary. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage; Publication CIE n 17 (E-1.1); 1987.

JWEG, Joachim Wilhelm Engineering. Disponível em: <<http://www.jweg.net/products/spectables/spectables-frame-durability-test/>>. Acesso em 15, julho 2020.

LOPES, Luís Eduardo. **Desenvolvimento de um protótipo para medição de filtros polarizadores de óculos de sol de acordo com a NBR15111**. 2014. Dissertação (Mestrado em Processamento de Sinais de Instrumentação) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. doi:10.11606/D.18.2014.tde-20082014-104158. LOPES, Luís Eduardo; VENTURA, Liliane. Protótipo para análise de óculos de sol polarizados. **Anais**. Rio de Janeiro: SBEB, 2012.

LOUREIRO, A. D. ; Gomes, L. ; VENTURA, L. . Transmittance Variations Analysis in Sunglasses Lenses Post Sun Exposure. Journal of Physics. Conference Series (Print), v. 733, p. 012028, 2016.

LOUREIRO, A. D.; Ventura, L. . Patente UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - Método e Sistema de Medição de Características de Transmitância de Objetos Translúcidos. Brasil, 2018.

MAGRI, R.; Masili, M.; Duarte F.; Ventura L. Building a Resistance to Ignition Testing Device for Sunglasses and Analysing Data: a Continuing Study for Sunglasses Standards. BioMedical Engineering OnLine. 2017;16(1). Doi: 10.1186/s12938-017-0404-1.

MASILI, M. ; DUARTE, F. O. ; WHITE, C. C. ; VENTURA, L. . Degradation of sunglasses filters after long-term irradiation within solar simulator. ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, v. 1, p. 1-516, 2019.

MASILI, M.; Ventura, L.: Equivalence between solar irradiance and solar simulators in aging tests of sunglasses. Biomedical Engineering Online (Online), v.15, p.86-98, 2016.

MASILI, M; Schiabel, H.; Ventura, L. . Contribution to the radiation protection fo sunglasses standards. Radiation Protection Dosimetry, v. 164, p. 435-443, 2015.

MELLO, M. M.; Ventura, L.: Cálculo da transmitância visível e semafórica com função de ponderação alternativa. Revista Brasileira de Física Médica (Online), v. 7, p. 99-104, 2013.

OPTICANET. **Nomenclatura e ajustes das armações**. Ney Dias. Disponível em: <<http://opticanet.com.br/secaodesktop/colunaseartigos/12580/nomenclatura-e-ajustes-das-armacoes>>. Acesso em 15, fevereiro 2020.

ROTARIS, Tamara. Desenvolvimento de metodologia para desenho de armações de óculos customizadas. Politecnico de Milano, Itália, 2017.

ROEHE, D. et al. **Estudo comparative entre dois métodos de medida da distancia interpupilar**. Brasileira de, v.67, n.2, p.63-68, 2008.

SGM-SRL. Disponível em: <<http://www.sgm-srl.it/en/portfolio/endurance-test-machine/>>. Acesso em 15, fevereiro 2020.

SKYLINE. Disponível em: <<http://skyline-instruments-com.sell.everychina.com/p-106867008-rotating-speed-40-min-spectacle-frame-tester-iso-12870-spectable-frame.html>>. Acesso em 15, fevereiro 2020.

SLINEY, DH. Ultraviolet radiation exposure criteria. Radiat Prot Dosimetry 91:213-222; 2000.

SLINEY, DH. UV radiation ocular exposure dosimetry. J Photochem Photobiol B 31:69-77; 1995. DOI:10.1016/1011-1344(95)07171-5.

SODERBERG, PG. Experimental cataract induced by ultraviolet radiation. Acta Ophthalmol Suppl 196:1-75;1990.

VENTURA, L.; CASTRO, J. C. – Ametropias Oculares – Revista Brasileira Ens. Fis., V. 17, n.4, p. 01 – 12, Dez. 1995.

XUN, Lu. **Fatigue tester of spectacle frame**. Depositante: Lu Xun.. Titular: Lu Xun. CN201707199U. Depósito: 23 jun. 2010. Concessão: 12 jan. 2011.

YIN-TSUNG. Disponível em: <<http://tw1003459798.fm.alibaba.com/ptPT/?spm=a2700.icbuShop.88.2.2532965dZZo3ye>>. Acesso em 15, fevereiro 2020.

ZUCLICH, JA. Ultraviolet-induced photochemical damage in ocular tissues. Health Phys- 56:671-682; 1989.

Apêndices

ANEXO A – Relatório de ensaio ISO 12311

<small>Associação Brasileira de Engenharia de Óptica</small>	Relatório de ensaio <i>Método de ensaio para resistência aumentada para proteção solar.</i> ISO 12311		EESC - USP <small>Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo</small>
Sistema:	Protótipo de ensaio para simular esforços na armação de óculos para proteção solar.		
Identificação dos óculos			
Nº de identificação:			
Marca do óculos:			
Modelo do óculos:			
Medidas			
A:	mm
B:	mm		
C:	mm		
D:	mm		
E:	mm		
PONTO DE MEDIÇÃO X:	mm		
Verificação (preparação para iniciar o teste)			
<i>VERIFIQUE SE:</i>			
O grampo rotativo está no mesmo ponto que o grampo fixo:	SIM ()	NÃO ()	
A ponte está apoiada livremente:	SIM ()	NÃO ()	
As hastes estão completamente abertas:	SIM ()	NÃO ()	
As hastes estão alinhadas com o eixo dos grampos e paralela a base do dispositivo:	SIM ()	NÃO ()	
O contador de rotações está em 0:	SIM ()	NÃO ()	
Verificação (pós teste)			
Quantidade de ciclos:			
Rotação por ciclo:			
Análise visual			
Foi identificada alguma alteração?	NÃO ()	SIM () Qual? _____	
Existe fratura?	NÃO ()	SIM ()	
Existe rachadura?	NÃO ()	SIM ()	
Existe alteração de movimento ao fechar e abrir as hastes?	NÃO ()	SIM ()	
Meça a distância A novamente, no mesmo ponto definido	mm		
A alteração no ponto A é maior que 5mm?	NÃO ()	SIM ()	
CONFORME ()		NÃO CONFORME ()	
Responsável pelos testes:			
OBSERVAÇÕES:			

ANEXO B – Relatório de ensaio ISO 12870

<small>Associação Brasileira de Óptica e Oftalmologia</small>	Relatório de ensaio <i>Método de ensaio para resistência aumentada de óculos.</i> ISO 12870	EESC - USP <small>Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo</small>
Sistema:	<i>Protótipo de ensaio para simular esforços na armação de óculos.</i>	
Identificação dos óculos		
Nº de identificação:		
Marca do óculos:		
Modelo do óculos:		
Medidas		
A:	mm
B:	mm	
C:	mm	
D:	mm	
E:	mm	
PONTO DE MEDIÇÃO X:	mm	
Verificação (preparação para iniciar o teste)		
<i>VERIFIQUE SE:</i>		
O grampo rotativo está no mesmo ponto que o grampo fixo:	SIM ()	NÃO ()
A ponte está apoiada livremente:	SIM ()	NÃO ()
As hastes estão completamente abertas:	SIM ()	NÃO ()
As hastes estão alinhadas com o eixo dos grampos e paralela a base do dispositivo:	SIM ()	NÃO ()
O contador de rotações está em 0:	SIM ()	NÃO ()
Verificação (pós teste)		
Quantidade de ciclos:		
Rotação por ciclo:		
Análise visual		
Foi identificada alguma alteração?	NÃO ()	SIM () Qual? _____
Existe fratura?	NÃO ()	SIM ()
Existe rachadura?	NÃO ()	SIM ()
Existe alteração de movimento ao fechar e abrir as hastes?	NÃO ()	SIM ()
Meça a distancia A novamente, no mesmo ponto definido	mm	
A alteração no ponto A é maior que 5mm?	NÃO ()	SIM ()
CONFORME ()	NÃO CONFORME ()	
Responsável pelos testes:		
OBSERVAÇÕES:		