

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

ADAPTAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLE EM FUNÇÃO DO DALTONISMO

GOIÂNIA
2022

RAFAEL CAMPOS E ALARCÃO

ADAPTAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLE EM FUNÇÃO DO DALTONISMO

Artigo Científico apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Professor Orientador: Dr. Humberto César Machado.

GOIÂNIA
2022

RAFAEL CAMPOS E ALARCÃO

ADAPTAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLE EM FUNÇÃO DO DALTONISMO

GOIÂNIA-GO __/__/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Humberto César Machado	_____	PUC-GO	_____
	Assinatura		Nota
Prof. Msc. Marcos de Freitas Pintaud	_____	PUC-GO	_____
	Assinatura		Nota
Prof ^a . Dra. Yara Fonseca de Oliveira e Silva	_____	UEG	_____
	Assinatura		Nota

ADAPTAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLE EM FUNÇÃO DO DALTONISMO

Rafael Campos e Alarcão¹

RESUMO: Este artigo tem como objetivo discutir sobre a alteração no *Glass Cockpit* de aeronaves atuantes nas companhias aéreas que atuam no Brasil para pilotos daltônicos, bem como sugerir o uso de lentes corretivas a esses pilotos. Cerca de 5% a 7% da população mundial tem o daltonismo, anomalia genética ou adquirida com problemas de saúde, no qual o indivíduo não consegue distinguir determinadas cores e, por não ter cura, a pessoa portadora de daltonismo precisa aprender a conviver com isso. No caso de pilotos daltônicos, as dificuldades deixam de ser algo da vida pessoal e passam a ser presentes na vida profissional, uma vez que o *Glass Cockpit* é composto de comandos e informações coloridas, dificultando a visão e consequentemente colocando em questão a qualidade do trabalho. Dessa forma, essa pesquisa é sugere possíveis alterações nos painéis, como a padronização por meio de companhias aéreas, adição de um *Colorblind Mode* no EFIS ou o fornecimento de lentes corretivas aos pilotos, prevenindo possíveis dificuldades durante o voo ou mesmo atraso de decisões perante essas dificuldades.

PALAVRAS-CHAVE: Daltonismo; *Glass Cockpit*; Certificado Médico Aeronáutico.

ABSTRACT: This article has as its theme the changes in the Glass Cockpit for colorblind pilots in active aircrafts that operate in Brazil, alongside suggesting corrective lenses for these pilots. Colorblindness affects 5% to 7% of the world's population. It is acquired through health complications. It leads to an individual not being able to distinguish certain colors and has no cure, therefore, colorblind people must learn how to live with the disability. In the case of colorblind pilots, these complications become a part of the professional life, as seen that the Glass cockpit is composed of color-coded commands and information. This impairs their sight and therefore, raising questions surrounding their quality of work. Considering these factors, this research considers possible changes like panel alterations through their standardization through airlines, a colorblind mode on EFIS and even providing corrective lenses to pilots. This would avoid possible flight difficulties of even delayed decision-making caused by these impairments.

KEYWORDS: Color blindness; Glass Cockpit; Aeronautical Medical Certificate.

¹ Acadêmico de Ciências Aeronáuticas, e-mail: rafaelcalarcao@hotmail.com; orientado pelo professor Pós Doutor em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2016); Doutor em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2013); Mestre em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2006), Especialista em História pela Universidade Federal de Goiás - UFG (2002), Graduado em Filosofia pela Universidade Federal de Goiás (1996), Graduado em Pedagogia pela ISCECAP (2018), Graduado em Letras pela FAFIBE (2019), Elemento Credenciado Fatores Humanos e Prevenção de Acidentes Aéreos pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), Professor Coreógrafo e Dançarino de Salão; Membro do Comitê de Ética e Pesquisa e Professor da Faculdade Alfredo Nasser - UNIFAN e professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC - GO), e-mail: humberto.cesar@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O daltonismo é uma anomalia no qual o indivíduo apresenta dificuldade em distinguir as cores, principalmente as cores básicas vermelha e verde. Essa anomalia pode ser hereditária ou mesmo adquirida em função de problemas de saúde, e pode ser dividida em três tipos: daltonismo acromático, dicromático e tricromático, onde há algumas diferenças de percepções como a diferenciação de algumas cores, ou mesmo a distinção de subtons.

No momento em que um portador da anomalia decide por seguir a carreira profissional na aviação, vários desafios surgem à sua frente, uma vez que muitos dos comandos e painéis dependem da distinção de cores básicas. Dessa forma, essa pesquisa é pautada na apresentação de sugestões que minimizem possíveis riscos para o piloto daltônico e com isso o mesmo possa ser inserido no meio aeronáutico de forma normalizada. Entre os objetivos específicos da pesquisa estão a adesão de lentes corretivas para pilotos daltônicos por meio da empresa contratante ou a longo prazo a padronização de cores nos painéis de controle das aeronaves, sendo sugerido que todas as empresas utilizem as mesmas cores, facilitando a visualização e identificação de diferentes cores e tons. Acredita-se que dessa maneira os impactos negativos do daltonismo seriam minimizados tanto para pilotos quanto para a navegação aérea no qual fazem parte, gerando uma inclusão a todos que fazem parte desse grupo.

Para realização da pesquisa foram consultados trabalhos científicos e obras com embasamento nos temas do daltonismo e circulação aérea, considerando informações a respeito de diferentes modelos de aeronaves, bem como direcionamentos feitos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), incluindo os testes médicos realizados previamente para efetivação da habilitação.

A pesquisa é dividida em cinco seções, onde são explanados o daltonismo, onde são expostas particularidades da anomalia, bem como a dificuldade que o portador pode apresentar no cotidiano, sendo seguido pela seção a respeito dos testes médicos que precedem a emissão do Certificado Médico Aeronáutico (CMA). Após a abordagem desse assunto tem-se a exposição das informações a respeito do *Glass Cockpit*², finalizando com a ligação das dificuldades que pilotos daltônicos podem ter em relação a esse *Glass Cockpit* e como essas dificuldades podem ser minimizadas pelas sugestões oferecidas.

² *Glass Cockpit* conjunto de *Displays* que contém o Sistema Eletrônico de Instrumentos de Voo.

Com um percentual mundial que gira em torno de 5% a 7% a população daltônica está presente muitas vezes em silêncio no meio em que vivemos, apesar de parecer uma porcentagem insignificante e, ao juntá-la com a população que trafega em aviões podem ocorrer impactos danosos à população. Sendo assim, a presente pesquisa se justifica no intuito de colaborar para minimizar os impactos negativos do daltonismo para profissionais pilotos, apresentando possíveis melhorias para que não ocorram danos.

1 O DALTONISMO E SUAS IMPLICAÇÕES

Daltonismo, também conhecido por Discromatopsia ou Discromopsia é uma deficiência na visão que dificulta a percepção das cores. Segundo Melo *et al* (2014), o nome “daltonismo” é usado em homenagem ao químico-físico inglês John Dalton (1766-1844), primeiro cientista a mencionar e estudar sobre o assunto, uma vez que também era portador, revelando que tinha dificuldade para distinguir certas cores. Os autores Morijo *et al* (2017) afirmam em seu estudo que normalmente a anomalia é identificada ainda na infância ou mesmo na adolescência do indivíduo portador, sendo observada em suma no ambiente escolar, por colegas de classe ou até mesmo por professores.

Para Frazão (2021), a Discromatopsia é causada em sua maioria por fatores genéticos, mas também pode ser oriunda de lesões na estrutura ocular ou dos neurônios responsáveis pela visão ou, mesmo que raro, pode ser derivada de problemas de saúde, entre eles glaucoma, degeneração macular, anemia falciforme, esclerose múltipla, doença de Parkinson, uso de determinados medicamentos. Por estar ligada diretamente ao cromossomo X, a anomalia é comumente mais apresentada em indivíduos do sexo masculino, incidindo em cerca de 6-10% de homens, contra apenas 0,4-0,7% de mulheres, uma vez que elas precisam ter os dois cromossomos X para serem acometidas (MORIJO, *et al*, 2017).

Embora pareça algo simples, para um indivíduo conseguir visualizar cores é necessário que ocorram determinados fenômenos no corpo humano, considerados complexos. Melo *et al* (2017) destacam que a retina humana é composta por milhões de cones, onde cada um desses possui um tipo de fotopsina. Esses cones possuem variedades de pigmentos, e em cada um existe um espectro de sensibilidade, resultando em uma variação de comprimentos de ondas (BRUNI E CRUZ, 2006).

Em sua pesquisa Casarin (2015) cita que os cones são ativados principalmente pelos comprimentos de onda de luz vermelha, verde e azul. Dessa forma a visualização da cor depende diretamente da quantidade de cada tipo de cone ativado. Sendo assim a falta da visão

cromática pode ser resultado da falta de um ou menor produção de pigmentos. Casarin (2015) ainda destaca que os indivíduos daltônicos não possuem uma quantidade de cones consideradas suficientes ou mesmo possuem uma alteração neles, gerando uma grande dificuldade de visualização de cores, ou ainda a ausência completa dela. O autor Gulrajani (2010) traz uma reflexão a respeito da visão de cores no ser humano, segundo ele os indivíduos são divididos nos grupos tricromata, dicromata, acromata e monocromata, esses grupos especificam a dificuldade para enxergar um tipo específico de conjunto de cores.

Dicromático, esse tipo de daltonismo, segundo Bruni e Cruz (2006), o portador consegue perceber a cor branca com apenas dois tipos de cones. Morijo et al (2017) ressaltam que é possível classificar em três subtipos, sendo eles a pronatopia (dificuldade de visualizar verde/azul ou vermelho/verde), deuteranopia (dificuldade do indivíduo em visualizar as cores roxo/azul ou vermelho/verde) e por último tritanopia (dificuldade na distinção das cores azul com verde ou amarelo com roxo).

Segundo Bruni e Cruz (2006), no indivíduo portador do tricromatismo, há a percepção da cor branca mediante a realização de estímulos dos cones verde, vermelho e azul. Nessa condição o daltonismo é menos perceptível, todas as fopsinas permanecem presentes na retina, sendo uma delas com anomalia. O portador vê as cores azul, verde e vermelho, mas tem dificuldades de distingui-las (MELO *et. al*, 2007).

O acromatismo está diretamente ligado ao sistema nervoso, podendo estar relacionado com acidentes, ou problemas de saúde, nesse caso a perda de visão cromática é parcial. Também chamado de monocromatismo, nessa condição há a ausência de dois ou mesmo três tipos de cones, nela o indivíduo não consegue fazer distinção das cores, enxergando apenas em tons de cinza (MORIJO *et al*, 2007).

Deve-se lembrar que a visão cromática é parte fundamental na comunicação (MELO *et. al*, 2007), sendo importantes não só em tarefas do dia a dia como ao dirigir, assistir filmes, escolher roupas ou mesmo pedir objetos referenciando cores, mas também na socialização do indivíduo. Para Bruni e Cruz (2006, p 767) “a perfeita percepção das cores faz parte da interação do indivíduo com seu ambiente e com seu meio social”.

2 CERTIFICAÇÃO MÉDICA AERONÁUTICA

Para se mostrar apto a função de pilotar, Itani (2009) cita que é exigido do candidato alguns requisitos físicos, além de exames, para enfim obtenção do Certificado Médico Aeronáutico – CMA. Nele é realizado uma bateria de testes e exames, entre esses estão os

exames oftalmológicos. A certificação que identifica o daltonismo na aviação, começa através de uma avaliação médica, feita por um médico credenciado. Feijó *et al* (2014) destaca que a documentação do CMA é obrigatória para comprovação que o piloto está liberado para o voo no que diz respeito a sua saúde. O CMA divide-se em classes onde são limitadas o risco à segurança de voo e conseqüentemente problemas de saúde.

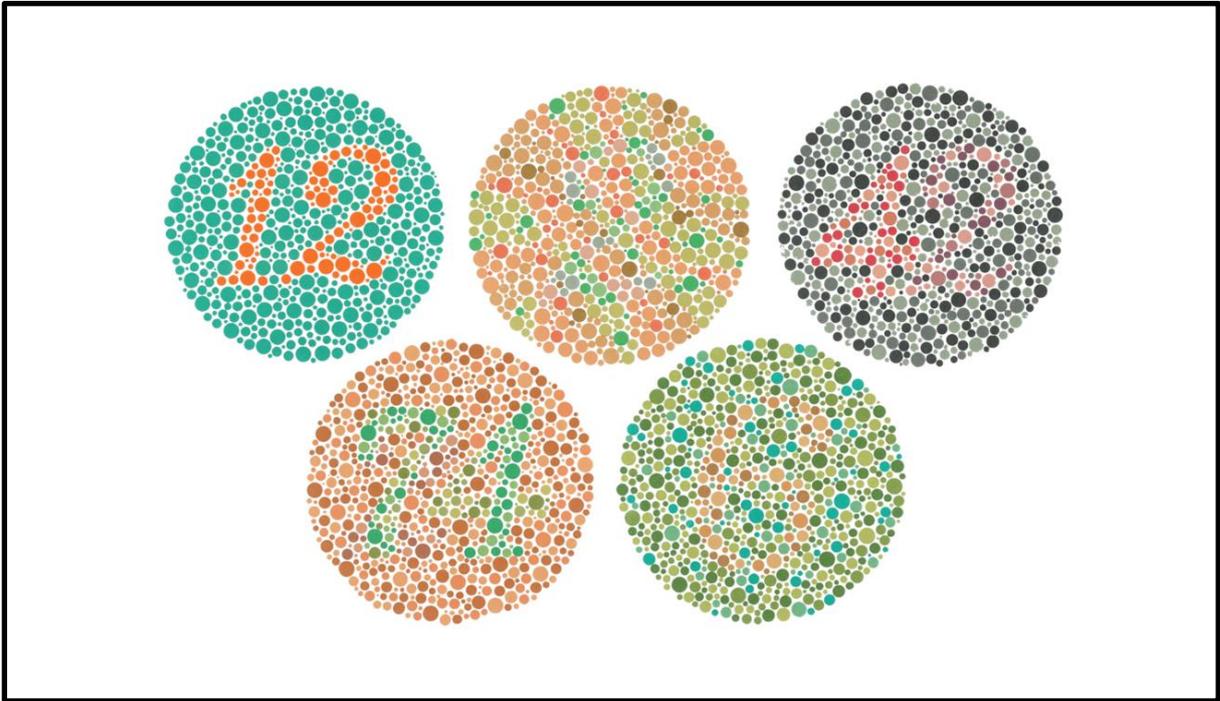
A visão do piloto deve ter funcionamento normal, não existindo condições que sejam patológicas ou mesmo crônicas em nenhum órgão relacionado a esse sentido (ANAC, 2019). Além disso, o documento da ANAC (2019) relacionado com os Certificados Médicos, informa que o piloto sujeito ao exame médico deve possuir acuidade visual para longe, ter capacidade de leitura (com ou sem o auxílio de óculos ou lentes), possuir equilíbrio muscular perfeito, não ter heterotropia e conhecer as cores das tabelas de senso cromático ou pelo menos distinguir as cores básicas isoladas que são utilizadas na aviação.

O exame responsável pela identificação do Daltonismo é o Teste Ishihara (Figura 1), segundo Fernandes e Urbano (2008) esse teste foi utilizado pela primeira vez em Tokyo, fazendo o uso de 24 pranchas com desenhos de estradas sinuosas para crianças e números para adultos (realizado até hoje), mais precisamente, nesse teste é necessário que o indivíduo veja uma série de cartões coloridos, cada um contendo vários círculos feitos de cores ligeiramente diferentes das cores contidas nas proximidades. Prosseguindo o mesmo padrão, alguns círculos são agrupados no centro do mapa e apontam um número, sendo esse visível apenas para pessoas que possuem visão normal.

Os autores Sato *et al* (2002) destacam que no teste, os cartões são colocados a uma distância de 75 cm do paciente/ indivíduo que realiza, ficando em um ângulo reto e com iluminação natural ou com a utilização de lâmpadas que se assemelham a iluminação natural. Fernandes et Al (1998) avalia o teste como rápido e de fácil realização. Ainda segundo Sato *et al* (2002), o teste de Ishihara é o teste mais difundido para esse fim e também mais indicado na identificação da deficiência para as cores vermelho-verde, cores que são amplamente utilizadas na aviação.

A Resolução do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 67 informa que a validade do Certificado Médico Aeronáutico para a categoria de Pilotos de Linha Aérea (PLA), tem a duração usual de doze meses, para os casos de pilotos que operem em transporte aéreo público com idade superior a sessenta anos essa validade diminui para seis meses, tendo que ser renovado após esse período (ANAC, 2019).

Figura 1: Teste Ishihara.



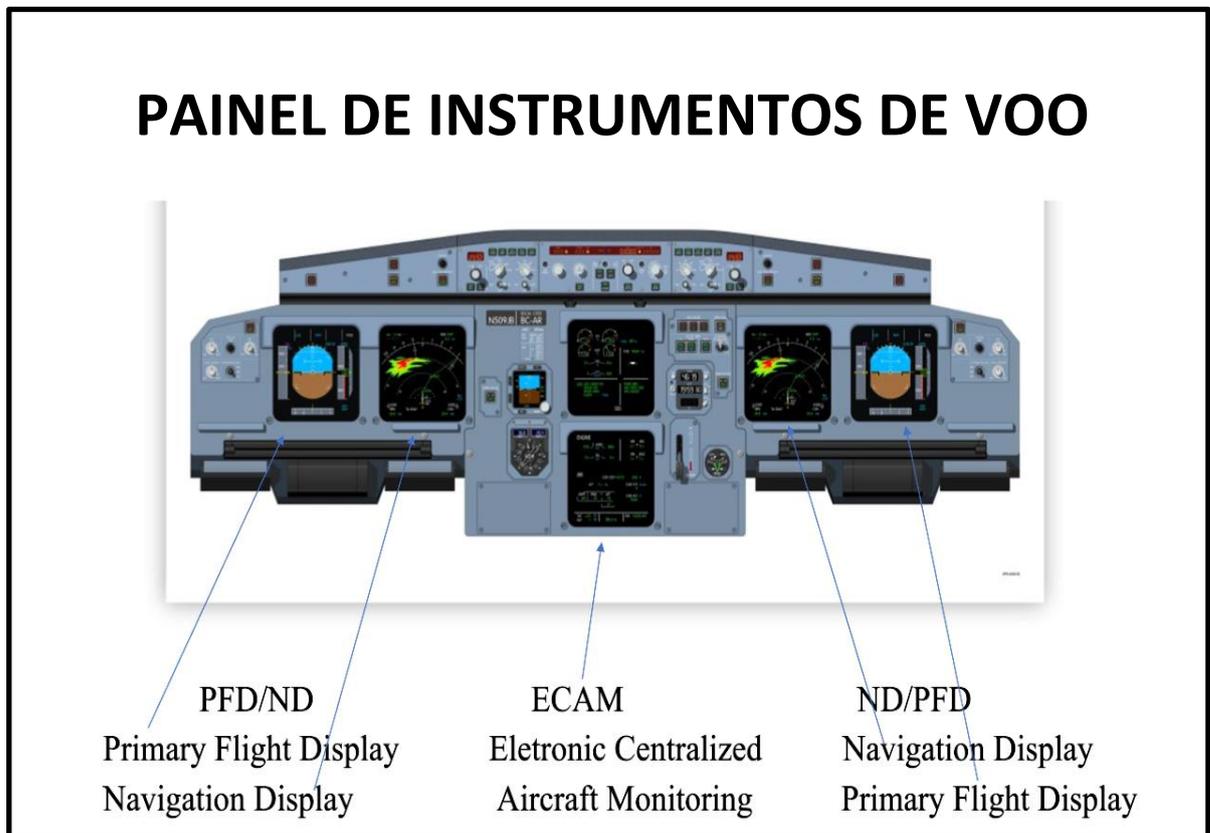
Fonte: Instituto da Visão Assad Rayes (2022)

O CMA tem por objetivo limitar possíveis riscos durante o voo. Ele é dividido em quatro partes, sendo a 1ª Classe de piloto de linha aérea, comercial e privado. Já a 2ª Classe, engloba os pilotos privados, comissários, mecânicos, operadores de equipamentos e pilotos de balão. A 3ª Classe é constituída por pilotos de aeronaves leves e planador; ficando a 4ª Classe com o piloto remoto.

3 GLASS COCKPIT

O Glass Cockpit pode ser definido como o conjunto de *Electronic Flight Displays* (EFDs) contidos num *ecrã* em *LCD* ou *CRT*. Esse sistema possui o *Electronic Flight Instrument System* (EFIS), que no caso podem ser *Multifunction Display* (MFD) ou separado por outros elementos, sendo eles o *Primary Flight Display* (PFD), *Navegation Display* (ND) *Electronic Centralised Aircraft Monitor* (ECAM)/ *Display Unit* (DU)/ *Multifunction Display* (MFD), onde cada um possui suas próprias funções e características.

Figura 2: Glass Cockpit



Fonte: Airbus Training & Flight Operations Support and Service (2006).

3.1 *Primary Flight Display (PFD)*

O site Skybrary (2021), define *Primary Flight Display* como a principal referência que um piloto possui, sendo o PFD presente nos mais variados modelos de aeronaves. Dependendo da empresa fabricante e do modelo da aeronave, o PFD contém informações primárias de voo, indicando diversos comportamentos da aeronave, entre eles é possível citar os ângulos tanto de subida e descida, quanto o ângulo de inclinação da curva.

O Primary Flight Display também pode conter indicadores de altitude, velocidade do ar, desvio vertical, desvio horizontal e avisos de voo. Entre os avisos que podem ser visualizados é possível citar o modo de potência, piloto automático e tipo de aproximação. Para melhor compreensão das informações citadas, o Quadro 1 especifica cada cor ilustrada no PFD relacionando-as com as informações cedidas pelo display.

Figura 3: Primary Flight Display (PFD)



Fonte: Airbus Training & Flight Operations Support and Service (2006).

Quadro 1 – Cores do Primary Flight Display (PFD) da Airbus.

Branco	Informação inerte,
Cinza claro	Digitação funções inoperantes imagem do sistema e botões do vcp.
Cinza escuro	Botão de controle virtual (no painel de controle virtual).
Amarelo	Referências do avião para obter informações temporárias, para a configuração de reversão.
Âmbar	Dados de formação de gelo para avarias detectadas, limites anormais, isso para parâmetros aeronave ou dados de computação fora do intervalo normal.
Vermelho	Alarme de urgência e requer uma ação imediata da tripulação.
Magenta	Restrição atual.
Ciano	Operações manuais.
Azul Claro	VPC para tornar evidente a área de exibição para gestão manual de VHF.
Verde	Funcionamento automático na Mao e dados computados em escala normal para cada interface: Painel

Fonte: Airbus Training & Flight Operations Support and Service (2006).

3.2 Navigation Display (ND)

O Display de Navegação, também pode ser denominado pela sigla ND. Ele substitui instrumentos analógicos, encontrados antigamente em painéis de aeronaves consideradas antigas. Além disso, o Display de Navegação também pode auxiliar em demais funções como por exemplo descrever rumos de voo, informações que são extremamente importantes para a navegação aérea (SKYBRARY, 2021).

As informações citadas podem ser visualizadas mediante uma linha verde contínua, a mesma é apresentada na Figura 4. Juntamente com a descrição dos rumos de voo, o ND também auxilia com mapas aeronáuticos, fornecendo informações meteorológicas, desvios determinados da navegação selecionada e descrição de título/faixa selecionada, tornando o Display de Navegação um instrumento essencial.

Figura 4: Navigation Display



Fonte: Fonte: Airbus Training & Flight Operations Support and Service (2006).

3.3 *Electronic Centralised Aircraft Monitor (ECAM)/ Display Unit (DU)/ Multifunction Display (MFD)*

Os *Displays* centrais das aeronaves são denominados de acordo com sua fabricante: *Electronic Centralised Aircraft Monitor (ECAM)* da Airbus, *Display Unit (DU)* da Boeing e *Multifunction Display (MFD)* da ATR e da Embraer. Geralmente são compostos por dois displays, similares visualmente ao *Primary Flight Display* e ao *Navegation Display*, a Figura 5 ilustra de maneira didática um painel onde é possível visualizar o ECAM.

Esses *Displays* tem por função realizar o monitoramento do motor e coletar informações dos sistemas da aeronave, entre as informações estão o monitoramento do sistema hidráulico, *Auxiliary Power Unit (APU)*³, ar-condicionado da aeronave, pressurização, elétrica da aeronave, sangria do ar, porta, situação do combustível, sistemas considerados igualmente importantes.

Figura 5: Electronic Centralised Aircraft Monitor (ECAM)



Fonte: Airbus Training & Flight Operations Support and Service, 2006.

³ *Auxiliary Power Unit APU* é um motor de turbina a gás que pode suprir energia elétrica e pneumática ao avião em voo ou no solo.

É preciso frisar que no caso das fabricantes Embraer e ATR, funcionam também como um *Multifunction Display* (MFD), e como diz em seu nome, é um display multifuncional, que substitui os *Displays* ECAM e/ou DU. O MFD ainda possibilita que os pilotos tenham não só o monitoramento do motor, mas também informações pertinentes para auxílio, como exemplo: procedimentos e cartas de voo, favorecendo o desempenho do piloto em seu voo.

4 DIFICULDADES DO DALTONISMO COM O *GLASS COCKPIT*

Por não conseguir identificar e distinguir as cores, o indivíduo daltônico não tem a mesma percepção que um indivíduo não portador da anomalia, uma vez que as cores influenciam na leitura inicial de qualquer situação. Um exemplo seriam anúncios publicitários que utilizam de cores específicas para atrair o consumidor. Da mesma forma que esses anúncios ativam o cérebro para pensar de forma mais rápida associando o produto ao desejo, um piloto que sabe fazer a leitura de um *Glass Cockpit* também associa cores a eventos que estão acontecendo em sua aeronave. Samara e Morsch (2005) citam que as cores são elementos visuais importantes que estimulam a percepção humana, e com isso influenciam diretamente em emoções e atitudes, ainda segundo os autores o indivíduo pode ter percepções afetadas por limiares sensoriais, ou seja, aquelas no qual se tornam imperceptíveis. O autor Pimenta (2006) afirma que o local de trabalho deve ser adequado à necessidade do colaborador, pois isso auxilia na diminuição dos acidentes de trabalho.

Dondis (2000) diz que quando a cor de um objeto ou evento visual é forte, a sensação de emoções e expressão é diretamente proporcional a essa intensidade. Ao se deparar com cores que demonstram perigo, a tendência é do ser humano é tomar atitudes, ao visualizar um semáforo vermelho sabe-se que é necessário frear o carro, com placas ou avisos nas cores amarelo e preto sabe-se que é necessária atenção a informação. Os autores Elliot e Maier (2014), trazem estudos que apontam a influência das cores no aumento da produtividade e diminuição do absentismo nas organizações, dessa maneira, subentende-se que as cores influenciam não só como a representatividade de sinais, mas também podem trazer uma influência intrinsecamente involuntária.

Com o crescimento do setor aeronáutico no Brasil e no mundo, houve também o aumento da procura na profissionalização desse setor, para Itani (2009) o crescimento da aviação é reflexo da transformação do sistema produtivo, consequências do avanço industrial e da necessidade de deslocamento cada vez maior. Dessa forma, muitos jovens têm optado cada

vez mais por trabalhar em empresas aéreas, seja com gestão ou diretamente ligados ao voo em si, como é o caso dos pilotos.

Para Feijó *et al* (2014), a atividade de pilotos envolve um controle preciso a respeito de um sistema complexo, com responsabilidade sobre tarefas interligadas no próprio equipamento, quando um piloto percebe as cores de atenção em seu painel, o seu próprio inconsciente o levará a rápida percepção de qual procedimento deverá ser seguido. Pilotos daltônicos podem ter um tempo de atraso de tomada de atitude em relação ao não daltônicos, demonstrando dificuldade mesmo que por uma fração de segundos, além de apresentar perigo a ele mesmo e a tripulação isso pode gerar um grande desgaste psicológico.

5 SUGESTÕES DE MELHORIA

O *site* Skybrary (2021), cita que a percepção dos elementos ao redor dentro de um determinado espaço de tempo, bem como a compreensão do que essa percepção presente é denominado de consciência situacional, sendo assim para que haja melhorias na consciência situacional de portadores de daltonismo seria indicado a mudança das cores no *Glass Cockpit*, mesmo que isso seja realizado a longo prazo, uma vez que auxiliaria e faria diferença não só na inclusão dos mesmo mas também na segurança já mencionada.

Como apresentado anteriormente, o EFIS possui várias cores em sua composição, sendo cada cor referente a uma indicação e/ou função, subentende-se que a mudança por completo das cores seria inviável uma vez que demanda muito tempo e recursos financeiros, porém como citado por Feijó *et al* (2014), diariamente a aviação está sujeita a mudanças e inovações tecnológicas se apresentando bem diferente da aviação da década de 50, nesse caso acredita-se que seria plausível a mudança gerando uma padronização de cores do *Glass Cockpit* entre as fabricantes para uma melhoria na leitura visual não só para portadores de daltonismo, mas também para pilotos em geral, já que essa mudança seria válida na agilidade da consciência situacional.

Com o avanço da tecnologia tudo está se tornando viável ao portador da anomalia, existindo como exemplo sistemas, monitores e jogos com o *Colorblind Mode*, um ajuste de cores que torna mais fácil distinguir as informações obtidas, tornando possível existir uma implementação desse recurso no *Glass Cockpit* das aeronaves, sendo essa uma segunda opção de melhoria. No caso dessa implementação ao utilizar esse recurso o piloto estaria fazendo uma adequação necessária das cores para assim conseguir enxergar e distinguir as cores com maior

facilidade. Isso acarretaria um novo sistema a aeronave, uma alteração no *Master Minimum Equipment List* (MMEL)⁴ e no *Minimum Equipment List* (MEL)⁵.

Uma terceira opção seria a utilização de lentes correção de cor, segundo o *site* EnChroma (2021), as lentes especiais foram desenvolvidas pelo cientista do vidro e matemático Don McPherson, no início dos anos 2000. Ainda segundo o *site* EnChroma, as lentes conseguem filtrar os comprimentos de onda da luz no ponto onde acontece a confusão para os daltônicos, dessa maneira há um aumento no contraste das cores verde e vermelho, aliviando os sintomas do daltonismo. Para Don McPherson, as lentes permitem mais do que visualizar as cores, segundo ele é possível enxergar o mundo.

É importante frisar que ao fazer a utilização das lentes corretivas, o usuário não será curado da anomalia, mas apenas terá um auxílio para a visão cromática, da mesma forma ocorre com a implementação do *Colorblind Mode* no qual o piloto apenas utilizará um filtro para conseguir enxergar de forma normal os *Displays*. Em comparação com a padronização do *Glass Cockpit* e com a inserção do *Colorblind Mode*, a utilização das lentes possui vantagem em ser uma solução mais rápida e financeiramente mais viável, porém em contrapartida é necessário lembrar que essa é uma solução pontual, já que os óculos são utilizados individualmente.

Figura 6: *Colorblind Mode*.



Fonte: Imagem do autor, 20022.

⁴ *Master Minimum Equipment List* (MMEL) Lista Mestra de Equipamento Mínimo, para um determinado tipo de aeronave pela organização responsável pelo projeto desse tipo, contendo um ou mais itens que não são reparáveis no início do voo. Pode estar relacionado a condições especiais de operação, restrições ou procedimentos.

⁵ *Minimum Equipment List* (MEL) Lista de Equipamento Mínimo que prevê a operação de aeronaves, sujeita a condições especificadas, com equipamento específico inoperante, preparado por um operador em conformidade com, ou mais restritivo do que o operador.

CONCLUSÃO

Com essa pesquisa averiguou-se que o daltonismo ainda é uma anomalia pouco conhecida, mesmo sendo tão presente na sociedade. Muitos conhecem a anomalia apenas por conhecimento geral, mas poucos sabem a fundo no que a anomalia acarreta na vida do portador, especialmente por não ter uma cura. O portador do daltonismo desde muito cedo precisa aprender a conviver com determinadas dificuldades de visualização, um exemplo simples, seriam os semáforos no trânsito ou ainda botões de liga/desliga nas cores verde vermelho presentes em eletrodomésticos que podem ser encontrados em qualquer lar brasileiro. No período da vida adulta essa dificuldade pode ser ainda maior dependendo da profissão escolhida para a vida.

Tendo em vista que a visão cromática, além do âmbito profissional, é uma pauta importante na socialização do indivíduo, é possível compreender o quanto esse assunto é fundamental na sociedade e principalmente nas pessoas ao redor do portador, pois ainda hoje pouco se fala sobre o assunto e mesmo sabendo das necessidades especiais dos portadores, ainda há pouca inclusão no dia a dia e no mercado de trabalho.

A partir do momento que um portador da anomalia decide por ser um profissional da aviação, as dificuldades do dia a dia passam a ser algo irrelevante perto da dificuldade em realizar certas tarefas profissionais. Desde o primeiro momento é exigido pela ANAC que o piloto consiga pelo menos distinguir as cores básicas do painel, porém como apresentado, o daltonismo possui diferentes vertentes e mesmo com o Certificado Médico Aeronáutico em mãos, o piloto ainda pode sofrer dificuldades ao realizar aquilo pelo qual foi contratado.

Como mencionado durante o estudo é de grande valia que haja uma conscientização por parte dos empregadores quando o assunto é um colaborador daltônico, a mudança começa desde simples detalhes de inclusão até mudanças maiores, nesse caso sugeriu-se a mudança de cores utilizadas no *Glass Cockpit*, inclusão do *Color Blind Mode* ou até mesmo o fornecimento de lentes de correção para portadores da anomalia. Com a modernização diária e constante atualização da computação e inteligência artificial, as mudanças sugeridas tornam-se viáveis, uma vez que as mesmas podem ser primordiais na rápida visualização e identificação de problemas mostrados no painel, por consequência isso irá agilizar o tempo utilizado na tomada de decisões de um piloto, minimizando e prevenindo possíveis riscos para o mesmo e para a tripulação presente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil: Requisitos para concessão de Certificados Médicos Aeronáuticos, para credenciamento de Médicos e clínicas e para convênio com entidades públicas– RBAC nº 67, Emenda Nº 03.** 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3h9CIOL>. Acesso em 02 de novembro de 2022.

BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. **Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica.** Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 69, n. 5, p. 766-775, 2006. Disponível em <https://www.scielo.br/j/abo/a/FPx5WxH4v3NSTyhdqtys4Vw/abstract/?lang=pt>. Acesso em 25. Outubro .2022.

CASARIN, F. C. F. **O Daltonismo: Um exemplo de herança ligada ao cromossomo X.** Monografia (Genética para Professores do Ensino Médio) – Universidade Federal do Paraná (UFPR;EAD). Cruzeiro do Oeste, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/2Zfq3WG>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

DONDIS, D.A. **La Sintaxis de La Imagen.** Editora Gustavo Gili, 11ª edição, 2000, p.211.

ELLIOT, A. J.; **Color psychology: Effects of perceiving color on psychological functioning in humans.** *Annual Review of Psychology*, 2014. Disponível em <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-psych-010213-115035>. Acesso em 17 de novembro de 2022.

ENCHROMA. **How EnChroma Glasses Work.** EnChroma Glasses, 2021. Disponível em << <https://bit.ly/3EjjA31> >>. Acesso em 18 de novembro de 2022.

FEIJÓ, D.; CÂMARA, V. M.; LUIZ, R. R. **Aspectos psicossociais do trabalho e transtornos mentais comuns em pilotos civis.** *Cadernos de Saúde Pública* [online]. 2014, v. 30, n. 11, pp. 2433-2442. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00151212>. ISSN 1678-4464. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00151212>. Acesso em: 2 de novembro de 2022.

FERNANDES, L. C.; URBANO, L. C. V. **Eficiências dos testes cromáticos de comparação na discromatopsia hereditária: relato de casos.** *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*. 2008, v. 71, n. 4. Disponível em: << <https://bit.ly/3AawWh3> >>. Acesso em 06 de novembro de 2022.

FERNANDES, L. C.; URBANO, L. C. V.; LEÃO, N. N. R. **Estudo comparativo dos testes de visão de cores em portadores de visão subnormal.** *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* 1998, v. 61, n. 5. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/0004-2749.19980028>>. Acesso em 11 de novembro de 2022.

FERNANDES, L. C.; URBANO, L. C. V. **Lentes de contato filtrantes coloridas nas discromatopsias: relato de casos.** *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*. 2003, v. 66, n. 3, pp. 381-384. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-27492003000300024>. Acesso em 06 de novembro de 2022.

FRAZÃO, A. **Daltonismo: o que é, como identificar e tratar**. Revista Tua Saúde. Junho de 2021. Disponível em <https://www.tuasaude.com/daltonismo>. Vila Nova de Gaia – Portugal. Julho 2021. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

GOV.BR – SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. **Obter Certificado Médico Aeronáutico (CMA): Obtenção de Certificado de Capacidade Física – CCF, GTFH**. Gov.br, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-certificacao-medica-para-pilotos-comissarios-e-despachantes-operacionais-de-voe>. Acesso em 01 de Novembro de 2022.

GULRAJANI, M. L. **Colour measurement: Principles, Advances and Industrial Applications**. Woodhead Publishing; 1ª edição, 2010. 424 p.

INSTITUTO DA VISÃO ASSAD RAYES. **Teste de cores de Ishihara**. 2022. Disponível em: << <https://bit.ly/3NYpBHj>. Acesso em 25 de outubro de 2022.

ITANI, A. **Saúde e gestão na aviação: a experiência de pilotos e controladores de tráfego aéreo**. Psicologia & Sociedade [online]. 2009, v. 21, n. 2, pp. 203-212. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-71822009000200007>>. Acesso em 20 de novembro de 2022.

MELO, D. G.; GALON, J. E. V.; FONTANELLA, B. J. B. **Os “daltônicos” e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil?**. Physis: Revista de Saúde Coletiva, v. 24, n. 4, p. 1229-1253, dez. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3Wsrftm>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

MORIJO, D. K. S.; MARCELINO, V. O.; MANSANO, N. S. **Daltonismo e as diferentes percepções de cores**. regrad, univem/marília-sp, v. 10, n.1, p. 433 - 439, outubro de 2017. disponível em: <https://revista.univem.edu.br/REGRAD/article/view/3315/953>. Acesso em 25 de outubro de 2022.

PIMENTA, P. M. **As cores como janelas virtuais – Factores de motivação na produtividade das organizações (Dissertação De Mestrado)**. Instituto Português de Administração de Marketing, Porto, Portugal. 2008. Disponível em <https://bit.ly/2C3edVZ>. Acesso em 18 de novembro de 2022.

UNONIUS, N; FARAH, M.E; SALLUM, J. **Classificação diagnóstica dos portadores de doenças degenerativas de retina, integrantes dos grupos Retina**. São Paulo e Retina. Vale do Paraíba. Arq. Bras. Oftalmol. v. 66. 2003. Disponível em: <https://bit.ly/3fy4tuH>. Acesso em 25 de outubro de 2022.

SAMARA, Beatriz Santos e MORSCH, Marco Aurélio. **Comportamento do Consumidor**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SATO, M. T.; MOREIRA, A. V.; GUERRA, D. R.; CARVALHO, A.C.A.; MOREIRA JÚNIOR, C.C. et al. **Discromatopsias congênicas e condução de veículos**. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, 2002, v. 65, n. 1 Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0004-27492002000100010>>. Acesso em 11 de novembro de 2022.

SINGLE AISLE TECHNICAL TRAINING MANUAL MAINTENANCE COURSE - T1 (V2500-A5/ME) INDICATING/RECORDING SYSTEMS. **Airbus Training & Flight Operations Support and Service**. Maio, 2006.

SKYBRARY – SKYBRARY AVIATION SAFETY. **Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM)**, 2021. Disponível em: << <https://www.skybrary.aero/articles/electronic-centralized-aircraft-monitor-ecam>>>. Acesso em 08 de novembro de 2022.

SKYBRARY – SKYBRARY AVIATION SAFETY. **Electronic Flight Instrument System (EFIS)**, 2021. Disponível em: << <https://www.skybrary.aero/articles/electronic-flight-instrument-system-efis>>>. Acesso em 08 de novembro de 2022.

SKYBRARY – SKYBRARY AVIATION SAFETY. **Primary Flight Display (PFD)**, 2021. Disponível em: << <https://www.skybrary.aero/articles/primary-flight-display-pfd>>>. Acesso em 08 de novembro de 2022.

SKYBRARY – SKYBRARY AVIATION SAFETY. **Primary Flight Display (PFD)**, 2021. Disponível em <https://www.skybrary.aero/articles/primary-flight-displaypfd>. Acesso em 08 de novembro de 2022.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1021 | Fax: (62) 3946.1397
www.pucgoias.edu.br | prograd@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 - CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

O (A) estudante Rafael Campos e Alarcão
do Curso de Ciências Atmosféricas, matrícula 2011.1.0047.0033-5
telefone: (62) 982826336, email rafaelcalarcao@hotmail.com, na
qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do
autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de
Conclusão de Curso intitulado

_____, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato
especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG,
MWV, AVI, QT); outros específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de
divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 27 de outubro, _____ de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): Rafael

Nome completo do autor: Rafael Campos e Alarcão

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: _____