



## A ERGONOMIA E OS ASSENTOS DE AVIÃO: UM ESTUDO DO CONFORTO E BEM-ESTAR PARA O USUÁRIO

\* Ana Carolina Russo<sup>1</sup>, Edison Russo<sup>2</sup>, Carolina Machado Silberschmidt<sup>3</sup>, Giuliana Mendes Montini<sup>4</sup>, Juliana Blasbalg<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Engenharia e Gestão – ESEG, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3, 4, 5</sup> Centro Universitário, Instituto Mauá de Tecnologia – IMT, São Caetano do Sul, SP, Brasil

\*E-mail: ana.russo@eseg.edu.br

### RESUMO

Em pleno século XXI, os passageiros da classe econômica de voos comerciais ainda têm demonstrado um descontentamento para com as poltronas oferecidas pelas companhias aéreas. Por esse motivo, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise ergonômica em um modelo de assento de avião padrão, de modo a verificar seus potenciais pontos de melhoria, e assim, propor um novo modelo que esteja dentro dos padrões recomendados pela ergonomia. Foram realizadas simulações no software CATIA Ergonomics For Car Design, que utiliza o método RULA para gerar uma avaliação ergonômica. As simulações foram aplicadas em seis manequins digitais de cinco nacionalidades diferentes sendo elas, alemã, americana, francesa, indiana e japonesa, de ambos os sexos, com as dimensões médias de cada uma das populações estudadas. Desta forma foi possível abranger uma maior parte da população mundial dentro dos recursos disponíveis pelo software. Os resultados das simulações apontaram que o principal fator desencadeante de desconforto nos passageiros era a largura da poltrona, que possuía dimensões menores do que as apropriadas, fazendo com que os usuários tivessem que se encolher para se acomodar nos assentos. Este fator serviu de base para a criação e construção do novo modelo de poltrona que posteriormente foi desenhado utilizando-se os softwares CATIA V6 e 3D Experience. Com o intuito de não diminuir a quantidade de poltronas dentro da aeronave, alterou-se a disposição dos assentos dentro do avião utilizando cálculos geométricos aplicando-se o Teorema de Pitágoras e o da Semelhança de Triângulos, de modo a determinar o quanto as dimensões poderiam ser alteradas. As modificações realizadas na poltrona analisada resultaram em melhorias ergonômicas para todos os manequins submetidos aos testes proporcionando aos mesmos maior conforto e segurança durante curtas e longas viagens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ergonomia em aeronaves, Assento de avião, Simulação ergonômica,

## ABSTRACT

---

In the 21st century, passengers in the economy class of commercial flights have still shown displeasure with the seats offered by airlines. For this reason, this work aimed to perform an ergonomic analysis in a standard airplane seat model, in order to verify its potential points of improvement, and thus propose a new model that is within the standards recommended by ergonomics. Simulations were performed in the CATIA Ergonomics For Car Design software, which uses the RULA method to generate an ergonomic evaluation. The simulations were applied to six digital mannequins of five different nationalities, including German, American, French, Indian and Japanese, of both sexes, with the average dimensions of each of the populations studied. In this way, it was possible to cover a majority of the world's population with the resources available through the software. The results of the simulations indicated that the main triggering factor of discomfort in the passengers was the width of the armchair, which had smaller dimensions than the appropriate ones, causing users to have to shrink to accommodate the seats. This factor served as the basis for the creation and construction of the new armchair model that was later designed using the CATIA V6 and 3D Experience software. In order not to reduce the number of seats inside the aircraft, the arrangement of the seats inside the aircraft was changed using geometric calculations by applying the Pythagorean theorem and the Triangle Similarity, to determine how much the dimensions could be changed. The modifications made to the chair analyzed resulted in ergonomic improvements for all mannequins submitted to the tests providing the same greater comfort and safety during short and long trips.

**KEYWORDS:** Ergonomy in aircraft. Airplane seat. Ergonomic simulation. RULA method. Seat design.

## 1 Introdução

Segundo pesquisa publicada no The New York Times em 2016 (Rosenbloom, 2016), uma a cada vinte pessoas tem razão ao reclamar do desconforto extremo ocasionado pelas poltronas de avião das classes econômicas. O estudo aponta o fato de que os assentos da aeronave não se adequam a anatomia humana, o que pode trazer uma série de malefícios para o usuário, ao exemplo de dores nas costas, coluna, pescoço e problemas de má postura. “Os assentos tem sido um desafio persistente para nossos clientes” afirmou Shemm, vice-presidente de finanças e operações da Boeing Commercial Airplanes (Vinhóles, 2018).

Em conjunto com o desejo de prover poltronas confortáveis aos seus passageiros, as companhias aéreas lutam constantemente contra a questão do peso em excesso dentro das aeronaves. Segundo reportagem realizada em 2018 pelo Blog Todos a Bordo (Casagrande, 2018) a companhia aérea United Airlines afirmou economia de 3,2 milhões de dólares em combustível por ano, apenas com a redução do peso de alguns produtos que costumava levar a bordo, como folhas mais finas nas revistas e redução de algumas bebidas. Assim sendo, reduzir o peso dos assentos do avião acarretaria uma grande redução no peso total da aeronave, resultando em grande vantagem econômica para a companhia aérea.

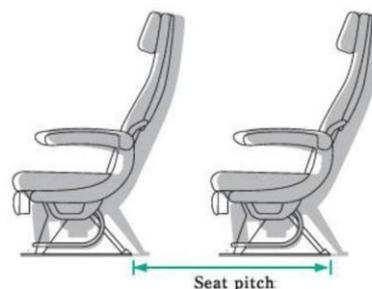
Outro fator a ser analisado é o espaço disponível limitado dentro dos aviões, que faz com que uma das grandes preocupações das companhias aéreas seja alocar o maior número de pessoas em um mesmo voo. Dessa forma, com o objetivo de transportar o número máximo de passageiros por viagem, as empresas aéreas vêm reduzindo os espaços entre as poltronas expressivamente, deixando de lado o conforto e bem-estar daqueles que utilizam os assentos.

Como consequência do fato das companhias aéreas deixarem o conforto de seus passageiros em segundo plano, houve um grande aumento no número de reclamações relacionadas aos assentos. Este aumento fez com que, em 2010, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) criasse a Etiqueta ANAC, a qual tem por objetivo informar aos passageiros na hora da compra das passagens as características do assento que será fornecido na classe econômica, tanto para voos nacionais como também para internacionais (Agência Nacional de Aviação Civil, 2009). O cumprimento da etiqueta é obrigatório pelas empresas aéreas regidas pelo Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica 121 (RBHA 121) que possuam aeronaves com peso máximo de decolagem superior a 5.700 kg e quantidade de assentos superior a 20 (DAC, 2005).

A etiqueta informa a distância mínima entre uma poltrona e outra, como mostrado na Figura 1, medida a partir de um ponto de 75 mm acima do assento do banco na configuração de decolagem (*seat pitch*) e classifica em cinco categorias (sendo “A” a melhor e “E” a pior):

- “A”: espaço útil mínimo entre assentos maior que 73 cm.
- “B”: espaço útil mínimo entre assentos menor ou igual a 73 cm e maior que 71 cm.
- “C”: espaço útil mínimo entre assentos menor ou igual a 71 cm e maior que 69 cm.
- “D”: espaço útil mínimo entre assentos menor ou igual a 69 cm e maior que 67 cm.
- “E”: espaço útil mínimo entre assentos menor ou igual a 67 cm.

Figura 1 - Representação de seat pitch



Fonte: (SKYTRAX, n.d.)

A Figura 2 a seguir, fotografada em julho de 2018, mostra um seat pitch das poltronas de um voo comercial da LATAM Airlines classificado como “D” (espaço útil mínimo entre assentos menor ou igual a 69 cm e maior que 67 cm). Como se verifica na imagem, as pernas do passageiro, nesta situação, encostam no assento da frente, ratificando a importância de um estudo ergonômico nas poltronas da aeronave com o intuito de adequá-las às necessidades de todos os passageiros e proporcionar a estes um voo seguro e confortável.

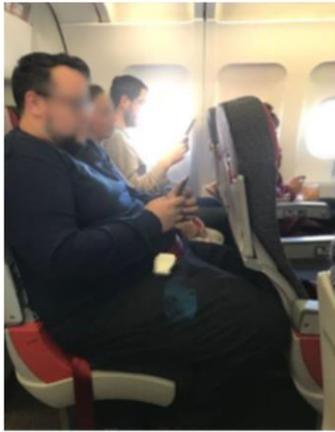


Figura 2 - Assento do voo comercial LATAM

Fonte: (AUTORES, 2018).

Desta maneira, com o objetivo de melhorar a qualidade dos voos na classe econômica, sem aumentar o peso carregado pelo avião, reduzir o número de assentos no mesmo e ainda respeitando as normas de segurança pré-estabelecidas; foi realizado um estudo ergonômico, por meio do método RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT), em busca de uma poltrona adequada à anatomia humana e que, se possível, possa trazer para a companhia aérea ganhos econômicos e de competitividade.

McAtamney e Corlett (1993) foram os responsáveis pelo desenvolvimento do método RULA, cujo principal objetivo foi propor uma avaliação da exposição de trabalhadores a fatores de risco relacionados a lesões musculoesqueléticas na atividade executada (Dombidau Junnior et al., 2017; Mateus Junior, 2009; Shida & Bento, 2012).

De acordo com Shida e Bento (2012), a aplicação do método se inicia com a observação da atividade, durante alguns ciclos de trabalho, a fim de se identificar as posturas mais relevantes para se efetuar a análise. Utilizando-se de diagramas de postura corporal e tabelas de pontuação (Iida & Buarque, 2016) torna-se possível a avaliação da exposição do trabalhador aos fatores de risco. Estes riscos são nomeados fatores de carga externa, a saber (Dombidau Junnior et al., 2017): Número de movimentos; Trabalho muscular estático; Força; Posturas de trabalho; Tempo de trabalho sem pausa.

O método RULA, portanto, propõe a determinação da necessidade de intervenção ou de investigações posteriores realizadas por peritos, relacionadas às posturas envolvendo o pescoço e membros superiores dos trabalhadores durante sua atividade e seus riscos observados.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 PESQUISA DE MERCADO**

A fim de compreender melhor a intensidade do problema tratado neste estudo foi preciso determinar os principais fatores que interferem no desconforto experienciado pelos passageiros durante viagens aéreas. Dessa maneira, realizou-se uma pesquisa de mercado.

A pesquisa de mercado foi criada com o uso da ferramenta de Formulários Google Docs1e distribuída ao público-alvo por meio das mídias sociais, entre elas Facebook e WhatsApp, durante um período de 4 meses em que foram obtidas 442 respostas.

Quando se trata de construir um questionário, é necessário seguir as seguintes etapas (Iida &

Buarque, 2016): Estabelecer os objetivos da pesquisa, de modo a definir aquilo que se espera obter com ela; Definir o método mais adequado para coletar cada tipo de informação, sejam eles múltipla escolha, escalas de avaliação ou perguntas dissertativas; Definir quem é a população alvo; Definir o grau de precisão desejado no trabalho, de modo a determinar o tamanho da amostra escolhida

Assim, para este trabalho, o questionário de pesquisa teve como objetivos:

- a) comprovar o interesse na solução do trabalho;
- b) definir os principais desconfortos experienciados durante viagens aéreas;
- c) estabelecer relação entre as características fisiológicas dos passageiros e os desconfortos experienciados por eles;

Após a definição dos objetivos, a pesquisa de mercado foi dividida em 3 partes. A primeira parte intencionou restringir as respostas ao público-alvo, de modo que apenas fossem consideradas respostas de pessoas que já viajaram de avião. Esta etapa se constituiu em uma pergunta de múltipla escolha, na qual o usuário podia escolher entre apenas duas respostas, “sim” (já viajei de avião) ou “não” (nunca viajei de avião).

Em uma segunda parte da pesquisa, avaliaram-se as características fisiológicas dos usuários das poltronas de avião. Entre estas características: a idade, sexo, peso e altura do passageiro.

A definição do gênero foi estabelecida por meio de uma questão de múltipla escolha, de forma a evitar inconsistência nos dados. As opções de respostas para estas perguntas eram: “feminino”, “masculino” e “outro”. O campo “outro” foi adicionado para adequar-se aos novos padrões da sociedade, permitindo a liberdade de expressão.

Para definir as faixas de idades dos usuários, foi-se estudado como a fisionomia humana se altera de acordo com os anos vividos, e estabeleceram-se faixas etárias nas quais o corpo humano não sofre grandes alterações, em forma de múltipla escolha. Desta forma, as respostas poderiam ser: “até 13 anos”, “de 14 a 30 anos”, “de 31 a 50 anos” e “Acima de 50 anos”.

Para a determinação do peso dos usuários, estabeleceram-se faixas de peso, de modo a evitar constrangimentos e respostas falsas. A questão, também em formato de múltipla escolha, permitia ao usuário escolher entre 5 alternativas, sendo elas: “Menos de 50 kgs”, “De 51 a 65 kgs”, “De 65 a 75 kgs”, “De 75 a 85 kgs” e “Mais do que 85 kgs”. Estas faixas de peso foram escolhidas de modo a comprovar se os voos são mais desconfortáveis para aqueles de peso mais elevado.

Em seguida, para determinar-se a altura dos usuários, foi-se utilizado o mesmo método de pergunta citado acima. Entre as respostas, os participantes da pesquisa podiam eleger entre 6 opções: “Menos do que 1,50m”, “Entre 1,50 e 1,60m”, “Entre 1,61 e 1,70m”, “Entre 1,71 e 1,80m”, “Entre 1,81 e 1,90m” e “Mais do que 1,90m”. O objetivo desta pergunta era determinar se, além de seu peso, a altura do usuário também influencia no nível de desconforto que ele sente durante as viagens aéreas.

Após a determinação da fisiologia dos participantes da pesquisa de mercado, formam-se feitas perguntas diretamente relacionadas à questão principal do trabalho, sendo esta os desconfortos sentidos pelos passageiros.

Nesta terceira parte da pesquisa, perguntou-se aos usuários, primeiramente, quais os principais incômodos encontrados por eles durante as viagens. De forma a não os induzir a uma resposta desejada, esta questão incluía também respostas que não estavam relacionadas com o desconforto físico, mas sim com outros tipos de desconforto. O público-alvo podia assinalar 2 alternativas, entre as 6 propostas, sendo elas: “Preço das passagens aéreas”, “Longas filas de

espera para *check-in* e embarque”, “Assento desconfortável e pouco espaçoso”, “Limite de peso para bagagem”, “Serviço de bordo” e “Pouco espaço para a bagagem de mão”. Esta pergunta tinha como objetivo comprovar o interesse na solução do trabalho.

As próximas perguntas foram se tornando cada vez mais específicas. As duas perguntas a seguir, visavam identificar se o tempo em viagem era um fator que influenciava na maximização das dores e incômodos em questão. A primeira pergunta tratava-se de viagens curtas de até 3 horas e a segunda de viagens longas (acima de 3 horas), e, para cada questão, foi-se perguntado se os passageiros costumam sentir dores após os voos. Foram permitidas 3 respostas: “sim”, “não” e “às vezes”.

Caso alguma das duas questões anteriores tenha sido respondida com “sim” ou “às vezes”, o usuário recebia ainda uma outra pergunta, na qual ele poderia assinalar as partes do corpo nas quais as dores eram sentidas, sendo estas: “Pescoço”, “Pernas”, “Costas”, “Coluna”, “Braços” e “Outros”. O respondente podia assinalar quantas opções quisesse e, caso assinalasse o campo “outros”, era permitido escrever a demais parte do corpo com dores. Deste modo, o campo de respostas se tornou mais amplo e a aumentou-se a capacidade dos usuários se expressarem.

As duas últimas perguntas da pesquisa de campo foram específicas ao problema apresentado neste trabalho e visavam comprovar o interesse na solução do trabalho, além de definir os principais desconfortos experienciados durante viagens aéreas. Uma destas perguntas permitia ao usuário avaliar de 1 a 5, o quanto ele se encontrava satisfeito com as poltronas oferecidas pelas companhias aéreas, sendo 1 “muito insatisfeito” e 5 “muito satisfeito”.

A última pergunta da pesquisa de mercado permitia o usuário avaliar de 1 a 5 o nível de incômodo devido a cada situação apresentada, sendo elas: “Espaço pequeno entre a sua poltrona e a da sua frente”, “Pouca reclinção da cadeira”, “Dureza dos assentos” e “Espaço pequeno nos apoiadores de braço das cadeiras”. Para esta questão, os usuários consideraram 1 como “Não me incomoda” e 5 “Extremamente incomodado”.

Antes da divulgação da pesquisa ao público-alvo, ela foi testada com um grupo menor de pessoas, entre o qual se encontravam professores, amigos próximos e familiares. Após o teste, foi possível melhorar e corrigir alguns aspectos da pesquisa, de forma a torná-la mais clara àqueles que a responderam.

Para que as respostas de um questionário apresentem valor e sejam confiáveis, é necessário, primeiramente, calcular o tamanho da amostra. Para isto, utiliza-se o tamanho da população, a margem de erro, nível de confiança e valor percentual, conforme a Equação 1:

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Equação 1

Em que:

N: Tamanho da população

e: Margem de erro (valor decimal)

z: Nível de confiança (valor z)

p: Valor Percentual (valor decimal)

Para a determinação do tamanho da amostra necessária nesta pesquisa, foi-se calculado, de acordo com o nível de incerteza desejado, qual seria a quantidade de pessoas que deveria

responder à pesquisa para que ela se tornasse válida.

Após a determinação do tamanho da amostra, o questionário foi compartilhado em grupos, nas redes sociais, como Facebook e WhatsApp.

## 2.2 SIMULAÇÃO RULA

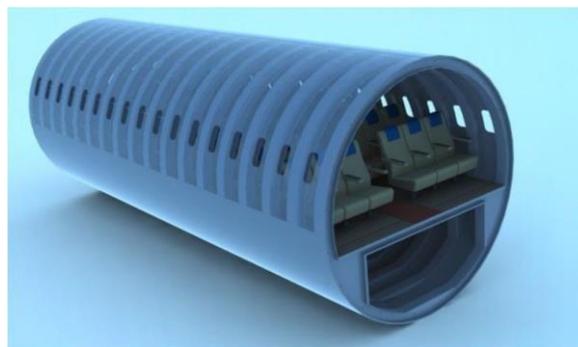
O método RULA (Rapid Upper-Limb Assessment) avalia o trabalho muscular estático e as forças exercidas pelos segmentos corporais e como resultado, indica o nível de ação em que o movimento se enquadrado. O nível 1, indica que a postura é aceitável, não sendo necessárias investigações. No nível 2, são necessárias investigações a médio prazo. No nível 3, é necessário investigar e tomar providências a curto prazo. No ultimo nível, nível 4, é necessário investigar e tomar providências imediatas (Iida & Buarque, 2016; McAtamney & Corlett, 2016).

Com o objetivo de verificar a possibilidade de inadequação das poltronas de avião fornecidas nas classes econômicas atualmente, foram realizadas simulações, com o uso do software da *Dassault Systemes*, denominado *3D Experience*. Neste software, fez-se uso das aplicações: CATIA Bent Part Design, CATIA Ergonomics for Car Design, CATIA Human Design e CATIA 3D Printing Preparation (Dassault Systèmes, n.d.).

Visando manter as condições da simulação mais próximas às condições reais buscou-se um modelo de poltrona semelhante ao utilizado atualmente nas classes econômicas em voos comerciais.

Utilizando o GrabCAD Community, site de compartilhamento de modelos 3D, selecionou-se o desenho de assento 3D mais similar ao real, o assento da Airbus A320. No Brasil, este assento é utilizado em 168 aeronaves, sendo estas pertencentes às companhias LATAM, Avianca, Brasil e Azul. O arquivo do modelo 3D que representa a aeronave A320, foi disponibilizado por um engenheiro chamado Ali Hechi, e possuía as seguintes medidas apresentadas Figura 3.

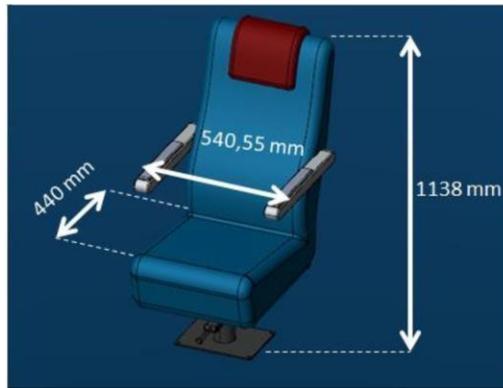
Figura 3 - Modelo 3D selecionado para análise



Fonte: (ELHECHI, 2013)

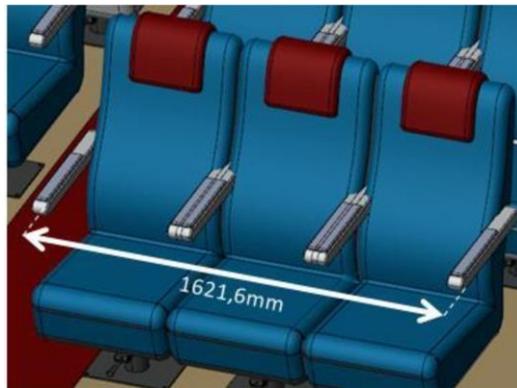
Como se pode observar na Figura 4 e na Figura 5, as cores da poltrona foram alteradas, de modo a permitir uma melhor visualização de suas partes e obter maior contraste quando com um avatar posicionado sobre ela.

Figura 4 - Medidas do modelo de poltrona estudado



Fonte: (ELHECHI, 2013 modificado)

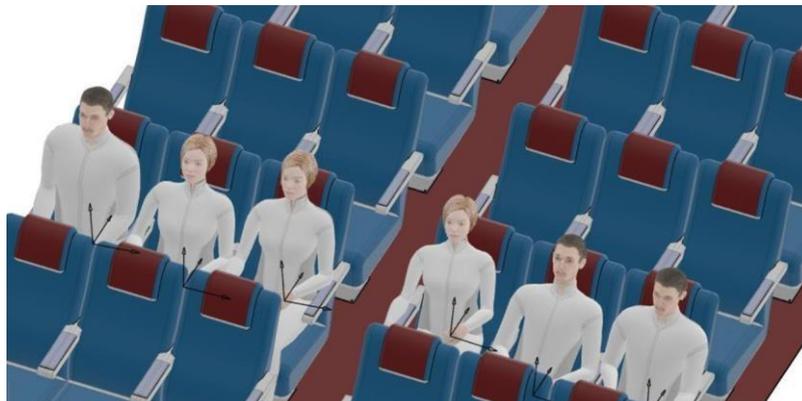
Figura 5 - Medida de uma fileira composta por 3 poltronas



Fonte: (ELHECHI, 2013 modificado)

Após selecionado o modelo de assento, foram criados os avatares de estudo. Com o uso da ferramenta CATIA Ergonomics for Car Design criaram-se seis avatares com características físicas distintas, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Avatares selecionados para estudo



Fonte: (AUTORES, 2018)

Com o intuito de atingir a maior parte da população com este estudo, cada avatar criado representou uma parte distinta da população. A aplicação do 3D Experience, CATIA Ergonomics for Car Design, permite aos usuários eleger a nacionalidade da representação humana criada, como indicado na Figura 7. Para este estudo, utilizou-se a porcentagem 95% de confiança em todos os avatares criados, visando representar a maior parte da população.

O primeiro avatar criado (primeiro à esquerda na Figura 6) foi elaborado para representar a população masculina americana. Sua altura, especificada pelo software CATIA Ergonomics for Car Design, era de 1,88 m e seu peso de 119,36 kg. Ao seu lado, o segundo avatar, representa a população feminina americana, medindo 1,73 m e pesando 75,74 kg. Na sequência, criou-se um terceiro avatar representante da população feminina da França, com um peso médio de 72,21 kg e uma altura de 1,72 m

Do outro lado, a direita, do corredor na Figura 6, mais 3 avatares foram criados. O primeiro deles foi criado para representar a população masculina alemã, com um peso médio de 97,24 kg e uma altura média de 1,85 m. Ao seu lado, um representante da população, também masculina, japonesa, pesando 79,35 kg e medindo 1,77 m se encontra sentado. Por último, ao lado do representante japonês, criou-se um avatar para representar a população feminina da Índia. Este último avatar foi criado com 63,75 kg e 1,61 m.

Figura 7 - Avatares em criação



Fonte: (AUTORES, 2018)

Após criados os avatares e importado o modelo de poltronas de avião para o CATIA, utilizou-se a aplicação CATIA Ergonomics for Car Design com o objetivo de analisar e mensurar as questões ergonômicas envolvidas.

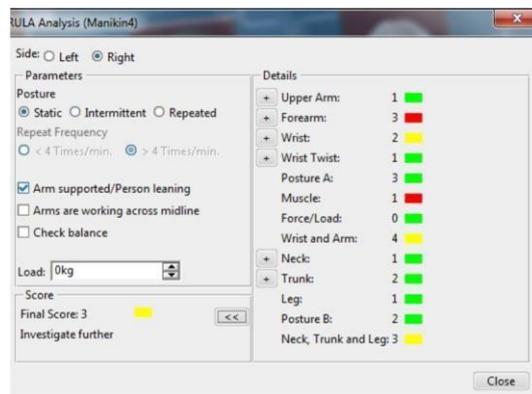
Primeiramente, os manequins criados foram posicionados de forma adequada nas poltronas, como indicado na Figura 6.

O relatório gerado pela simulação, utilizando a análise RULA, permite analisar como cada membro do corpo do manequim é afetado pela posição em que ele se encontra, gerando ao final uma pontuação de 1 a 9 que representa o nível de ação a ser tomada, com opções desde a aceitação, investigação, mudança futura ou mudança imediata da postura.

Neste trabalho optou-se pela análise RULA estática, ou seja, considerando que os passageiros se mantenham sentados na mesma posição durante os voos. Além disso, considerou-se que os passageiros não estariam segurando nenhum tipo de carga enquanto sentados e que seus braços ficariam apoiados nos encostos laterais.

Na aplicação utilizada para gerar a análise RULA em questão era possível indicar se o passageiro estava ou não apoiando seus braços, de modo a gerar resultados mais confiáveis, como indicado na Figura 8.

Figura 8 - Relatório gerado pela análise RULA



Fonte: (AUTORES, 2018)

### 2.3 CRIAÇÃO DO NOVO MODELO DE ASSENTO DE AVIÃO E ANÁLISE EM POSSÍVEIS MUDANÇAS NO LAYOUT INTERIOR DA AERONAVE

Após realizada a análise RULA para todos os manequins criados, foi possível perceber quais membros de seus corpos estavam sujeitos a maiores desconfortos quando na posição determinada pela poltrona do avião A320.

Com base nos resultados da análise ergonômica (que serão apresentados no próximo capítulo) iniciou-se uma investigação sobre as possíveis mudanças no modelo de poltrona já existente, de modo a melhorar o mesmo e reduzir a pontuação gerada nas análises RULA, tornando aceitável a posição dos passageiros durante as viagens.

Com esta finalidade, utilizou-se a aplicação do 3D Experience denominada CATIA Part Design (Figura 9). Com o uso desta ferramenta, foi possível realizar alterações naquelas partes da poltrona que se acreditava ocasionar maior desconforto aos passageiros. A cada mudança realizada aplicou-se um novo relatório de análise RULA, para verificar se as partes alteradas realmente influenciavam na pontuação encontrada.

Figura 9 - Uso da aplicação Part Design para a elaboração do modelo novo de poltrona



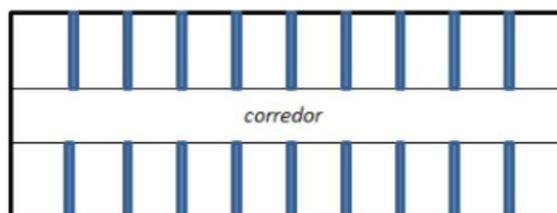
Fonte: (AUTORES, 2018)

Depois de localizadas as dimensões (largura, altura e comprimento) da poltrona que

impactavam com maior intensidade no desconforto dos passageiros, e que, portanto, necessitavam ser alteradas, pensou-se em como realizar tais alterações sem alterar também o número de poltronas dentro da aeronave.

Nesse sentido, foi preciso modificar o arranjo das poltronas gerando um novo layout no interior do avião. Primeiramente, mediu-se as dimensões da poltrona de avião já existente e o *seat-pitch* utilizado no arranjo da aeronave A320. Em seguida, com o uso de técnicas da geometria, tais quais o teorema de Pitágoras e o teorema de semelhança de triângulos, foi possível determinar o espaço disponível para alteração nas medidas do assento e com isso obter suas novas dimensões e o novo arranjo interno da aeronave. A Figura 10 representa a disposição das poltronas no modelo atual da aeronave Airbus A320.

Figura 10 - Layout atual da aeronave AIRBUS A320



Fonte: (AUTORES, 2018)

Além disso, como base para auxílio no estudo e análise ergonômica, foi utilizado, ainda, o levantamento de Kroemer de medidas e dimensões antropométricas realizados para 15.700 homens e 17.700 mulheres da Alemanha. Comparações com outros estudos revelam que os dados obtidos são bastante similares para ambos os sexos na Suíça, Inglaterra, EUA e França. Os quadros relevantes ao projeto que foram utilizados na criação do assento ideal encontram-se na Figura 11 e na Figura 12.

Figura 11 - Dimensões antropométricas do levantamento de Kroemer

Medidas (cm)	Mulheres				Homens			
	5%	50%	95%	D.P.	5%	50%	95%	D.P.
<b>1 CORPO EM PÉ</b>								
1.1 Estatura, corpo ereto	152,78	162,94	173,73	6,36	164,69	175,58	186,65	6,68
1.2 Altura dos olhos, em pé	141,52	151,61	162,13	6,25	152,82	163,39	174,29	6,57
1.3 Altura dos ombros, em pé	124,09	133,36	143,20	5,79	134,16	144,25	154,56	6,20
1.4 Altura do cotovelo, em pé	92,63	99,79	107,40	4,48	99,52	107,25	115,28	4,81
1.5 Altura do centro da mão, em pé	72,79	79,03	85,51	3,86	77,79	84,65	91,52	4,15
1.8 Profundidade do tórax	20,86	23,94	27,78	2,11	20,96	24,32	28,04	2,15
<b>2 CORPO SENTADO</b>								
2.1 Altura da cabeça, sentado, a partir do assento	79,53	85,20	91,02	3,49	85,45	91,39	97,19	3,56
2.2 Altura dos olhos, sentado, a partir do assento	68,46	73,87	79,43	3,32	73,50	79,20	84,80	3,42
2.3 Altura dos ombros, sentado, acima do assento	50,91	55,55	60,36	2,86	54,85	59,78	64,63	2,96
2.4 Altura do cotovelo, acima do assento	17,57	22,05	26,44	2,68	18,41	23,06	27,37	2,72
2.6 Comprimento nádega-joelho, sentado	54,21	58,89	63,98	2,96	56,90	61,64	66,74	2,99
2.9 Comprimento nádega-poplitea, sentado	44,00	48,17	52,77	2,66	45,81	50,04	54,55	2,66
2.11 Altura das coxas, acima do assento	14,04	15,89	18,02	1,21	14,86	16,82	18,99	1,26
2.13 Largura dos quadris, sentado	34,25	38,45	43,22	2,72	32,87	36,68	41,16	2,52
<b>3 CABEÇA</b>								
3.2 Largura da cabeça	13,66	14,44	15,27	0,49	14,31	15,17	16,08	0,54
3.4 Distância entre olhos	5,66	6,23	6,85	0,36	5,88	6,47	7,10	0,37
3.5 Circunferência da cabeça	52,25	54,62	57,05	1,46	54,27	56,77	59,35	1,54
<b>4 MÃOS</b>								
4.1 Comprimento da mão	16,50	18,05	19,69	0,97	17,87	19,38	21,06	0,98
4.4 Largura da palma	7,34	7,94	8,56	0,38	8,36	9,04	9,76	0,42
4.5 Circunferência da palma	17,25	18,62	20,03	0,85	19,85	21,38	23,03	0,97
<b>5 PÉS</b>								
5.1 Comprimento do pé	22,44	24,44	26,46	1,22	24,88	26,97	29,20	1,31
5.2 Largura do pé	8,16	8,97	9,78	0,49	9,23	10,06	10,95	0,53
<b>7 PESO (kg)</b>	39,2*	62,01	84,8*	13,8*	57,7*	78,49	99,3*	12,6*

Fonte: (Kroemer et al., 2000)

Figura 12 - Dados de dimensões antropométricas

Grandeza	Homens (mm)		Mulheres (mm)	
	média	90%	média	90%
Comprimento da perna	450	420-480	430	400-460
Comprimento da Coxa	500	460-540	460	430-500
Distância entre o cotovelo e a base do assento	240	200-280	240	200-280
Comprimento do Ante-Braco	470	430-510	420	380-460
Distância entre o ombro e a base do assento	590	540-640	540	490-590
Distância entre o topo da cabeça e a base do assento	900	840-960	850	790-910
Comprimento da perna até acima do joelho	550	510-590	500	460-540
Largura dos ombros	435	--	412	--
Largura da Pélvis	340	--	343	--

Fonte: (Kroemer et al., 2000)

Tendo em vista as dimensões apresentadas nos quadros acima, foi possível validar se as medidas do novo modelo de assento de avião estavam adequadas à anatomia do corpo humano.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 RESULTADO DA PESQUISA DE MERCADO

De acordo com os dados do Anuário do Transporte Aéreo realizado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) em 2016, o número de passageiros transportados em 2016 em voos domésticos no Brasil foi de 109,6 milhões. Dessa maneira, este foi o valor utilizado como o tamanho da população para o cálculo do tamanho amostral.

A margem de erro ou erro amostral representa a estimativa máxima de erros em uma pesquisa. Nesse sentido, quanto maior a precisão requerida pela pesquisa, menor deve ser a taxa de erro escolhida para o cálculo do tamanho amostral. A margem de erro geralmente estabelecida é de 5%, com um intervalo de confiança (IC) de 95%, que estabelece o valor z como 1,96. O valor percentual comumente utilizado é 0,5 (50%).

Usando a fórmula indicada na Equação 1, apresentada no capítulo anterior, foi possível calcular que seriam necessárias 385 respostas para que a pesquisa de mercado pudesse ser utilizada como fonte confiável, e desta forma, o número foi estabelecido pelo grupo como a meta que deveria ser atingida.

A meta foi atingida com sucesso uma vez que a pesquisa de mercado divulgada em todas as mídias sociais obteve 442 respostas.

A primeira pergunta “Você costuma viajar/ou já viajou de avião?”, foi respondida por 442 pessoas, das quais 437 (98,9%) responderam que já haviam viajado desta forma, ou seja, apenas 5 dos votantes (1,1%) nunca haviam tido esta experiência. A pergunta seguinte buscava conhecer o sexo dos respondentes, cuja grande maioria de 77,4% revelou pertencer

ao sexo feminino, enquanto apenas 22,6% ao sexo masculino.

Dos participantes da pesquisa, 275 (62%) afirmaram estar na faixa de 14 a 30 anos, 72 (16,3%) assumiram ter de 31 a 50 anos e 95 (21,5%) relataram ter mais de 50 anos de idade. Havia também a opção “até 13 anos”, que não foi escolhida por nenhum dos respondentes.

Em relação ao peso dos usuários, as respostas foram bem distribuídas nas diversas faixas de peso pré-estabelecidas. Dos respondentes, 34 (7,7%) declararam pesar menos de 50 kg, enquanto um grande número de 164 (37,1%) disseram ter o peso na faixa de 51 kg a 65 kg. Já 118 pessoas (26,7%) relataram pesar de 75 kg a 85 kg, e, por fim, 57 (12,9%) dos inquiridos responderam ter o peso acima de 85 kg.

A última questão fisiológica sobre os usuários solicitava informações sobre sua altura. Dos respondentes, 108 pessoas (24,4%) selecionaram a opção entre 1,50 m e 1,60 m e quase metade dos participantes, 199 (45%) declararam ter de 1,61 a 1,70 de altura. A opção com a faixa de 1,71 m a 1,80 foi escolhida por 98 pessoas (22,2%). Ainda, 29 usuários (6,6%) declaram ter entre 1,81 m e 1,90 m e, por último, apenas 7 respondentes (1,6%) teriam sua altura excedendo 1,90m.

Em relação à pergunta sobre os principais incômodos encontrados em viagens de avião, o mais votado, conforme previsto, foi o “assento desconfortável e pouco espaçoso”, com 82% dos votos; seguido do fator do “preço das passagens aéreas”, escolhido por 70% do total de votantes.

Ainda em relação a mesma pergunta, a opção “limite de peso para bagagem” foi votada por 24,1% dos viajantes, ficando em terceiro lugar. As outras questões, menos votadas, foram: “serviço de bordo (atendimento, alimentação)”, escolhido por 10% dos votantes; “longas filas de espera para *check in* e embarque”, votado por 9,8% dos respondentes e “pouco espaço para bagagem de mão” escolhido por apenas 7,3% dos usuários.

Assim, com as respostas obtidas através desta questão, foi possível confirmar que as poltronas usadas atualmente pelas companhias aéreas não estão satisfazendo completamente seus clientes, que a consideram desconfortável e pouco espaçosa.

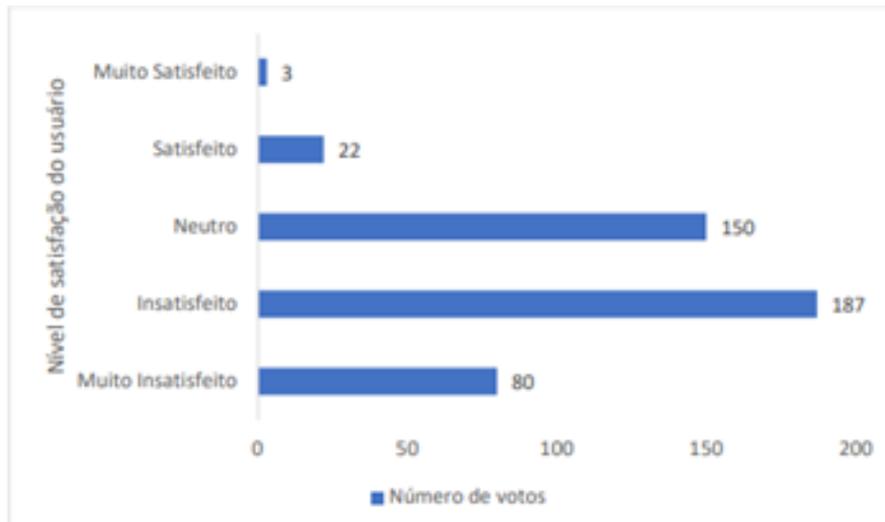
Diante da questão “Você costuma sentir dores após viagens curtas (até 3 horas)”, 54,1% dos viajantes responderam que não, enquanto 29,6% disseram sentir dor às vezes e 16,3% afirmaram sentir dores em curtas viagens.

No entanto, em viagens longas (acima de 3 horas) os valores mudam bastante: 64,3% dos respondentes declararam sentir dores; 25,6% entendem que este padecimento ocorre às vezes e apenas 10,2% afirmaram não sentir dores após longas viagens de avião. Estes números refletem a quantidade de usuários que sentem dor ao fazer uso dos assentos atuais e a importância de se procurar novas soluções ergonomicamente corretas.

Posteriormente, era perguntado, aos que responderam sim nas perguntas anteriores, em quais partes do corpo costumam sentir tais dores, sendo permitido selecionar mais de uma opção. A grande maioria dos usuários declarou dores nas “costas” (50,5%), no “pescoço” (48,4%), nas “pernas” (44,1%) e na “coluna” (41,9%). Alguns viajantes optaram também pelas opções dores nos “braços” (1,6%), no “joelho” (1,1%) e na “lombar” (0,7%). Por fim, havia usuários que incluíram novas opções como “côccix”, “ombro”, “glúteo”, “ouvido” e “tornozelo”.

As questões seguintes permitiam ao usuário selecionar um número de 1 (muito insatisfeito) a 5 (muito satisfeito). A primeira delas perguntava diretamente ao usuário o quão satisfeito este está com as poltronas oferecidas atualmente pelas companhias aéreas na classe econômica. As respostas estão descritas na Figura 13:

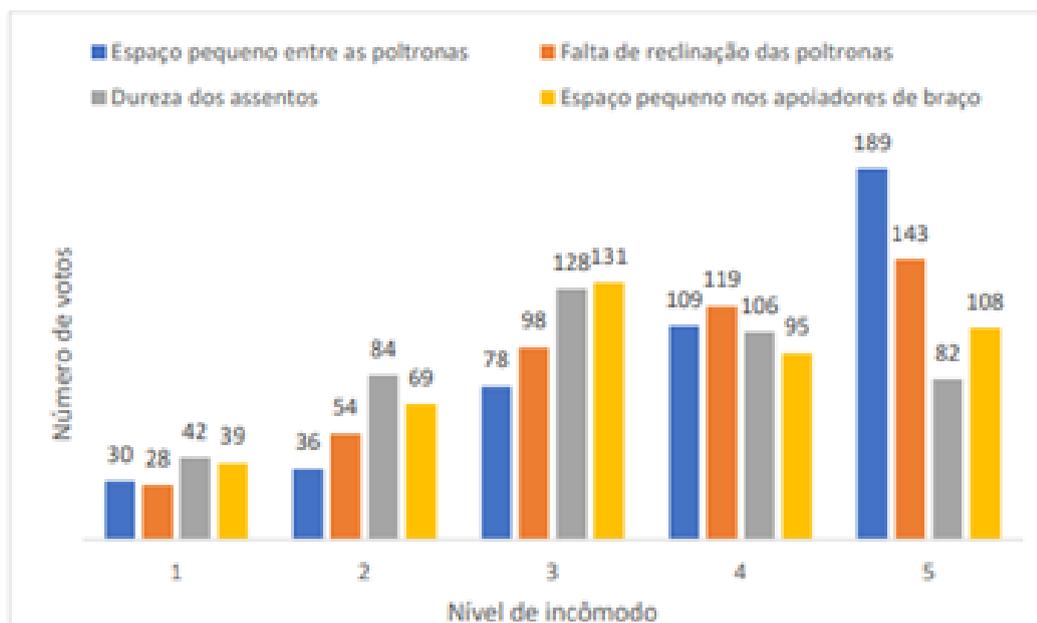
Figura 13 – Nível de satisfação dos usuários



Fonte: (AUTORES, 2018)

A Figura 14 apresenta os resultados obtidos os níveis de incômodo do usuário

Figura 14 – Nível de incômodo do usuário



Fonte: (AUTORES, 2018)

Em relação a variável “Espaço pequeno entre a sua poltrona e a da sua frente”, o número de votantes cresce a cada nível de incômodo.

Considerando a variável “Pouca reclinção da cadeira”, as respostas seguiram o mesmo padrão da questão anterior, poucos votos nas opções que representam baixo desconforto e

uma quantidade maior de votos nas opções que indicam alto desconforto.

Quando perguntados sobre a “Dureza dos assentos”, os usuários responderam de formas diferentes, sendo que a maioria se concentra nas opções de níveis de incômodo 2, 3 e 4, como mostrado na Figura 1.

Por fim, os viajantes responderam o quão incomodados se sentem em relação ao “Espaço pequeno nos apoiadores de braço das cadeiras”, obtendo-se o nível 3 como o mais recorrente.

Com as respostas dos viajantes em relação a cada uma das características, foi feita a média ponderada das variáveis para que se tornasse possível verificar qual delas é mais crítica. O cálculo foi feito estabelecendo peso 1 para situação de “Não me incomodo” e peso 5 para sua situação em que o usuário se sente “Extremamente, incomodado” (Tabela 1).

Tabela 1 - Criticidade das variáveis

Condição	Criticidade
Espaço pequeno entre as poltronas	114,5
Pouca reclinção da poltrona	108,1
Dureza do assento	95,2
Espaceo pequeno nos apoiadores de braço	99,3

Fonte: (AUTORES, 2018)

Dessa forma, foi possível entender que as variáveis da poltrona de avião (usada atualmente na classe econômica das aeronaves) que mais causam desconforto para o passageiro, em ordem crescente, são o pouco espaço entre a poltrona e a da frente, seguida da pouca inclinação desta, o curto espaço para apoiadores de braço e, por último, a dureza dos assentos.

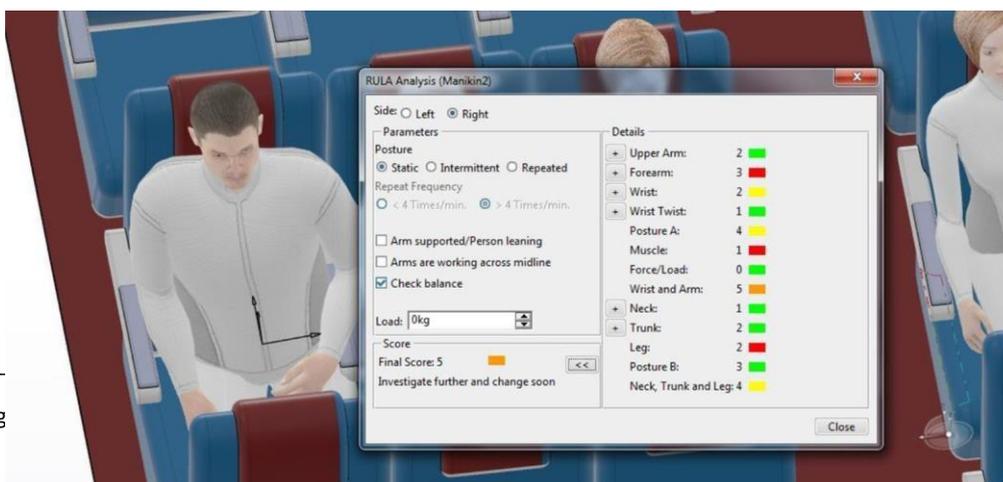
### 3.2 RESULTADO DAS SIMULAÇÕES RULA

Após realizadas as simulações no software 3D Experience Ergonomics for Car Design, extraiu-se um relatório de análise RULA para cada manequim digital utilizado. Lembrando que a escala da análise RULA varia de 1 a 9.

O homem americano médio estudado apresentou um resultado de 5 pontos na análise RULA, indicando que o assento estava inadequado para um homem de tal porte e deveria ser alterado em breve. Os membros do avatar masculino que foram mais afetados devido à posição determinada pela poltrona de avião foram seu antebraço, braços, ombros e pernas.<sup>64</sup>

Após uma análise na simulação, percebeu-se que a pequena distância entre um apoio de braço e outro eram responsáveis, em grande parte, pelo desconforto gerado nos braços e ombros do homem. Com a distância entre os apoios de 480 mm, apresentada nas poltronas atualmente utilizadas no Airbus A320, o passageiro americano médio se vê obrigado a encolher seus ombros e torcer seus braços de forma inadequada (Figura 15).

Figura 15 - Simulação em avatar americano masculino



Fonte: (AUTORES, 2018)

Na segunda simulação, realizada no manequim americano médio de gênero feminino, o resultado obtido na análise RULA foi pontuação 4. Pela análise, percebeu-se que os membros que apresentaram maior incômodo foram as pernas e músculo posterior dos braços do avatar. Visto que este manequim é menor do que o apresentado anteriormente, a pontuação gerada na análise RULA foi mais baixa.

Entretanto, o fato de o avatar se sentar ao lado de um avatar de porte maior, o fez encolher o seu ombro direito e suas pernas, de modo a prejudicar estes membros de seu corpo, como demonstrado na Figura 16.

Figura 16 - Simulação em avatar americano feminino

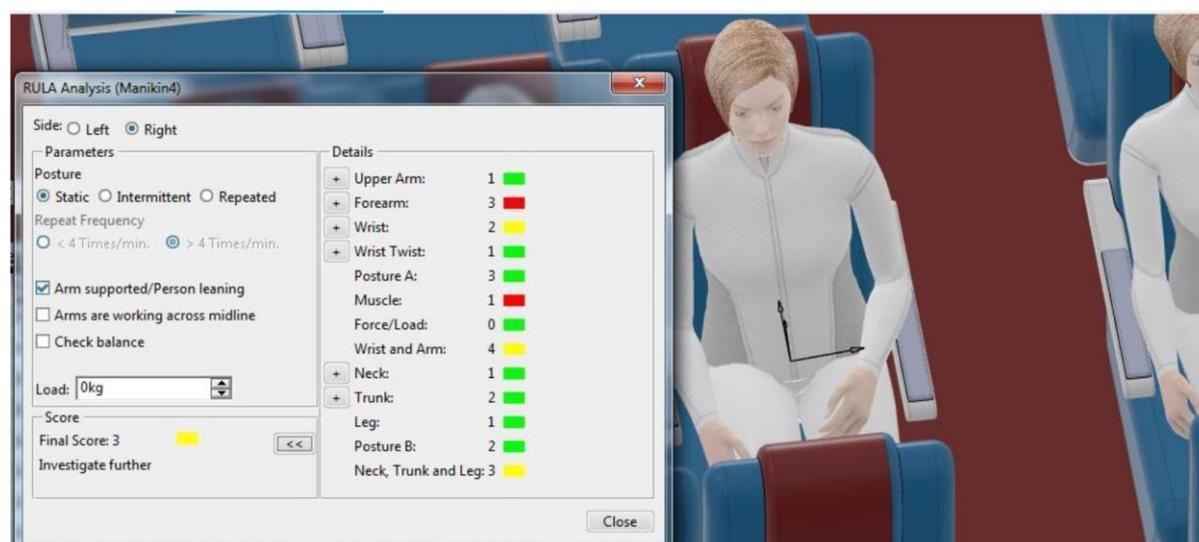


Fonte: (AUTORES, 2018)

O próximo manequim analisado, de nacionalidade francesa e gênero feminino, apresentou 3 pontos na análise RULA, também indicando a necessidade de investigação na poltrona em questão.

Dado que o lugar ao lado deste avatar estava ocupado por um outro avatar de porte não tão grande, o primeiro possuía maior mobilidade ao apoiar seus braços, o que fez com que a análise RULA gerasse um menor resultado, indicado na Figura 17.

Figura 17 - Simulação em avatar francês feminino

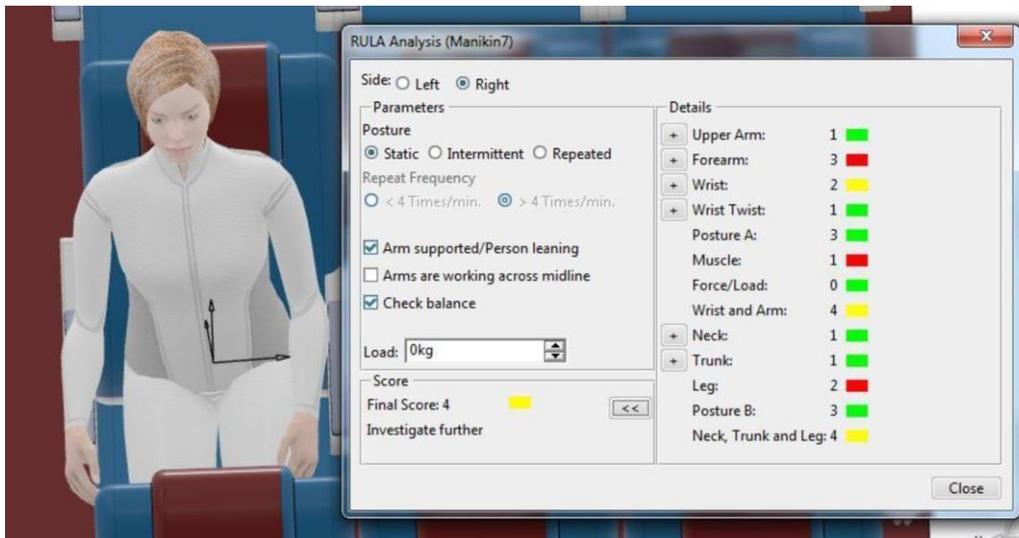


Fonte: (AUTORES, 2018)

Já a análise RULA realizada no manequim feminino de nacionalidade indiana gerou um resultado de 4 pontos, o que reforça a necessidade de investigar as causas da má postura proporcionada pela poltrona estudada.

Os membros deste avatar sujeitos a maiores riscos de dores musculoesqueléticas, neste caso, foram: antebraço, músculo posterior de braços e pernas. Pela análise dos resultados, pode-se observar que a poltrona na qual a manequim indiana se encontra sentada na Figura 18, é estreita demais para ela.

Figura 18 - Simulação em avatar indiano feminino

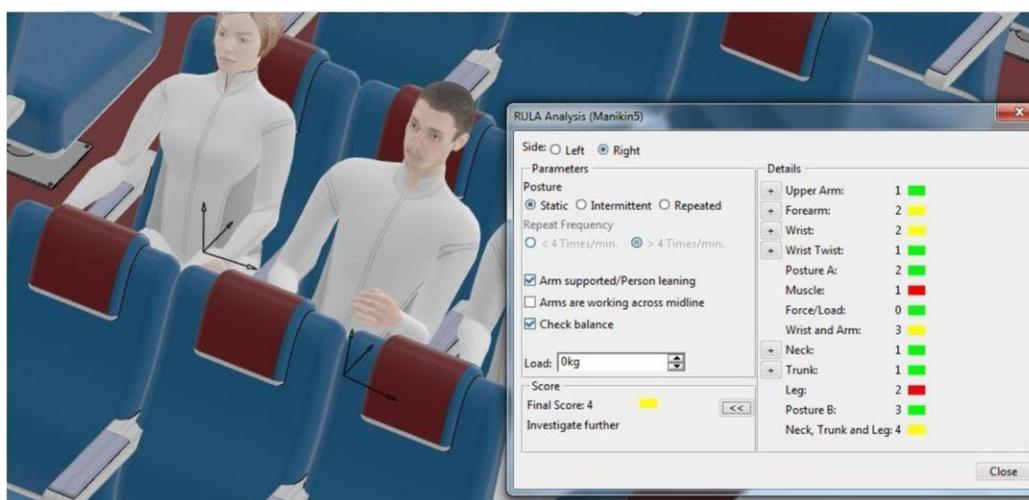


Fonte: (AUTORES, 2018)

A seguinte análise foi realizada em um manequim japonês do sexo masculino (Figura 19). A RULA realizada neste manequim indicou um risco de nível 4, assim como no manequim descrito anteriormente.

Devido ao fato de um homem japonês ser, em média, menor do que um homem americano, a nota gerada na análise RULA nesta simulação foi menor. Entretanto, os membros mais afetados, em ambos os casos, foram os mesmos.

Figura 19 - Simulação em avatar japonês masculino

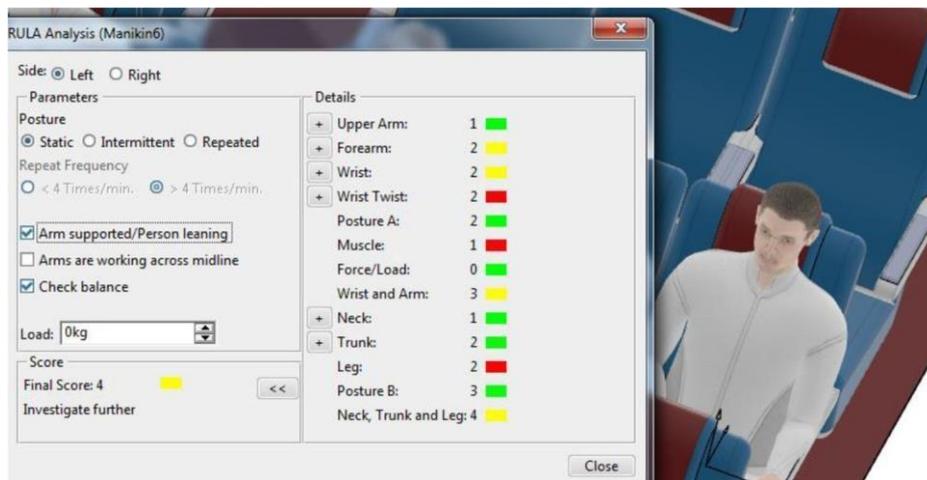


Fonte: (AUTORES, 2018)

Por fim, o estudo ergonômico realizado no manequim masculino alemão, gerou um resultado 4 na análise RULA.

Diferentemente do manequim japonês, apresentado anteriormente, o manequim alemão estudado necessitou torcer seus braços e pulsos de forma inadequada para caber na poltrona de avião, como visto na Figura 20. Tal fato deve-se pela sua estatura maior e a necessidade do mesmo de encolher-se para apoiar seus braços nos encostos laterais.

Figura 20 - Simulação em avatar alemão masculino



Fonte: (AUTORES, 2018)

Após realizar a análise RULA nos 6 avatares descritos acima, pode-se perceber que a poltrona, atualmente utilizada nos aviões da Airbus A320, precisava ser investigada e passar por alterações em breve de modo a se adequar a todo ou a maior parte de seus usuários.

Além disso, foi possível notar que aqueles avatares de maior porte, como o americano e o alemão, tiveram os seus membros afetados com maior intensidade do que os demais, durante as simulações.

O estudo realizado nestes seis avatares também permitiu aos investigadores deste tema determinar as principais causas pelas quais os membros dos manequins eram afetados durante as simulações. Após verificar todas as simulações realizadas, concluiu-se que o principal motivo de desconforto era a pequena largura da poltrona, que fazia com que os passageiros encolhessem seus ombros e pernas, para se acomodarem no assento de avião.

Tabela 2 - Resultado das simulações RULA

Nacionalidade	Gênero	Resultado Método RULA
Americana	Masculino	5
Americana	Feminino	4
Francesa	Feminino	3
Indiana	Feminino	4
Japonesa	Masculino	4
Alemã	Masculino	4

Fonte: (AUTORES, 2018)

### 3.3 RESULTADO DO NOVO MODELO DE POLTRONA E LAYOUT DA AERONAVE

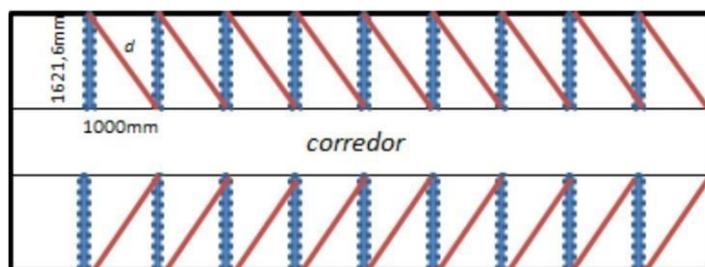
Após realizadas as simulações RULA, apresentadas anteriormente, foi possível verificar que a largura da poltrona de avião estudada era inadequada para quase todos os avatares analisados. Notou-se, ainda, que o aumento desta dimensão ocasionava uma redução significativa na pontuação RULA, de modo que se tornou clara a necessidade de mudança nesta medida.

Com o objetivo de determinar o quanto a dimensão da largura da poltrona poderia aumentar, realizaram-se as seguintes análises e cálculos:

O layout do Airbus A320 é constituído pelas fileiras dispostas na horizontal, com dois blocos de fileiras separados por um corredor entre elas. Cada uma das fileiras é composta de três assentos lado-a-lado, sendo que o valor total do comprimento de uma fileira (considerando os três assentos e seus respectivos apoios de braço) é 1.621,65mm, enquanto o *seat pitch* (distância entre uma poltrona e a poltrona da frente) mede 1.000,00mm, vide Figura 10.

Observou-se que, caso as fileiras estivessem dispostas na diagonal, a distância total do comprimento de uma fileira poderia ser maior (valor da diagonal), o que permitiria um aumento na largura de cada poltrona e uma grande melhoria ergonômica, segundo simulações estudadas. A Figura 21 ilustra o estudo geométrico realizado para determinar o espaço disponível para realocação das poltronas de forma que, a medida do corredor fosse mantida a mesma, para não prejudicar a passagem dos passageiros e do carrinho de refeição.

Figura 21 - Novo arranjo das fileiras de poltronas na aeronave

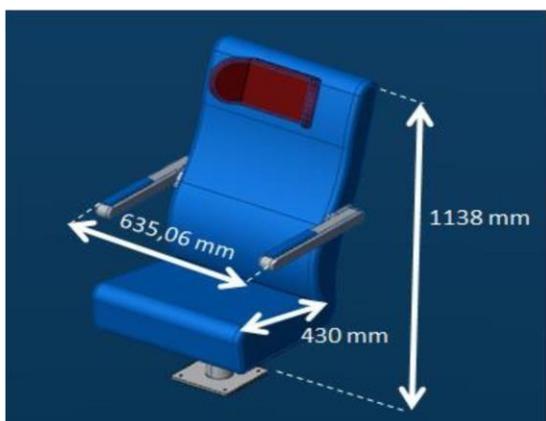


Fonte: (AUTORES, 2018)

A partir dos resultados demonstrados acima definiu-se a nova largura e o novo *seat pitch* da poltrona em elaboração. O valor da distância *d* encontrada, de 1905,19 mm, possibilitou a alocação de 3 poltronas, cada uma com 635,06 mm de largura, considerando os apoios para braços. Desta forma, a nova poltrona passou a ter quase 100 mm a mais do que a anterior, que media 540,55 mm de largura. Além disso, o novo valor do *seat pitch* de 851,12mm continua fazendo parte da classe A de *seat pitch* estabelecida pela ANAC (valores superiores a 730mm).

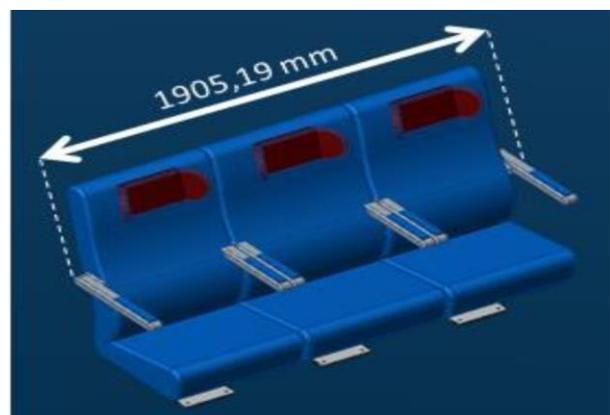
Após realizadas as mudanças necessárias no assento avião A320 da Airbus, com o objetivo de diminuir os riscos apresentados nas simulações RULA, apresentadas anteriormente, obteve-se o seguinte modelo de poltrona, indicado na Figura 22 e Figura 23.

Figura 22 - Medidas da poltrona nova



Fonte: (AUTORES, 2018)

Figura 23 - Medidas de uma fileira nova



Fonte: (AUTORES, 2018)

Com o novo layout, foi possível aumentar em 94,51 mm a largura da poltrona, sendo acrescido 50 mm do estofado e o restante utilizado para inserir apoios de braço individuais, de forma a evitar o compartilhamento dele, como no modelo anterior. Deste modo, foi possível aumentar o espaço interno para o passageiro se sentar em pouco mais de 10% de sua antiga dimensão. Esta mudança resolveu grande parte dos desconfortos causados pela poltrona antiga, visto que na poltrona nova os passageiros não necessitam mais encolher os ombros e pernas para se acomodarem no assento.

De acordo com a Tabela de Kroemer vista na Figura 28, os valores máximos encontrados no estudo amostral para largura do quadril com o corpo sentado, atendendo o percentil 95% das mulheres, estavam na faixa de 459,40 mm. Ainda, a largura dos ombros média encontrada no estudo foi de 435,00 mm. Desta maneira, a nova poltrona está condizente também com esta análise, e promete trazer mais espaço e conforto para o viajante.

Um outro fator importante que foi analisado durante a elaboração da nova poltrona foi a altura do assento, visto que a posição correta de se sentar requer os pés apoiados completamente sobre uma superfície, é importante que a altura do assento seja da mesma distância do seu joelho ao chão (Dul & Weerdmeester, 2012). Além disso, projetar a lombar para frente com o intuito de conseguir apoiar os pés no chão pode ser extremamente prejudicial para saúde.

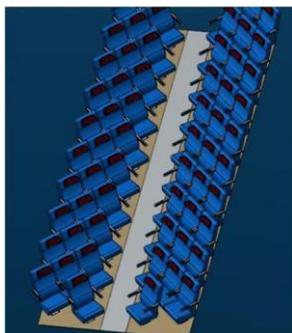
Deste modo, de maneira a evitar que pessoas mais baixas fiquem com as pernas “flutuando” no ar, a altura do assento deve ser projetada considerando os menores valores de comprimento de perna, que corresponde, de acordo com a análise de Kroemer, a 400mm. A medida de altura da poltrona antiga já atendia a este requisito, que permaneceu intacto para a nova poltrona.

Além disso, em relação ao comprimento do assento, a medida correta deve representar o menor valor encontrado para comprimento de coxa, de modo a evitar pressões na parte de baixo desta. As dimensões adequadas para acomodar nádegas e coxas devem deixar somente as sobras do joelho para fora (Iida & Buarque, 2016). O valor indicado no estudo foi de 430 mm, adotado assim para o comprimento da nova poltrona (ROEBUCK, J. A. Jr.; KROEMER, K. H. E.; THOMSON, 1975).

Por último, inseriu-se um apoio lateral para a cabeça que serve como uma almofada, aumentando o conforto do passageiro na hora de recostar-se para os lados e minimizando possíveis dores no pescoço e coluna durante longas viagens.

A nova distribuição das poltronas dentro da aeronave pode ser observada na Figura 24 e Figura 25. Pode-se notar que na última fileira couberam apenas duas poltronas de cada lado. Para não alterar o número de assentos dentro da aeronave, essas poltronas restantes foram inseridas, uma de cada lado, na parte da frente do avião.

Figura 24 - Nova distribuição dos assentos vista superior



Fonte: (AUTORES, 2018)

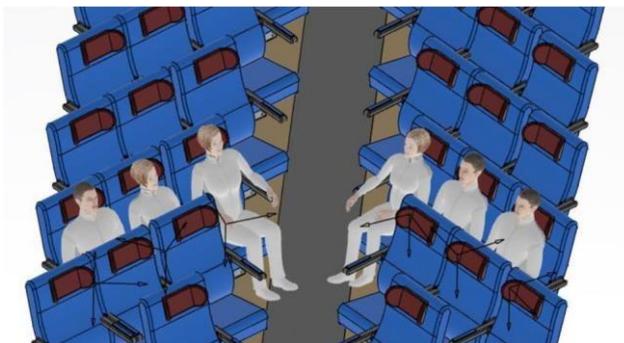
Figura 25 -Nova distribuição dos assentos - vista lateral



Fonte: (AUTORES, 2018)

Serão apresentados os resultados das simulações feitas com os seis manequins digitais, utilizando a nova poltrona e o novo layout da aeronave, da mesma maneira em que foram realizadas anteriormente com o modelo da Airbus A320 de assento aéreo, de modo a visualizar as mudanças e possíveis melhorias ergonômicas adquiridas. A Figura 26 ilustra o posicionamento dos manequins na nova poltrona.

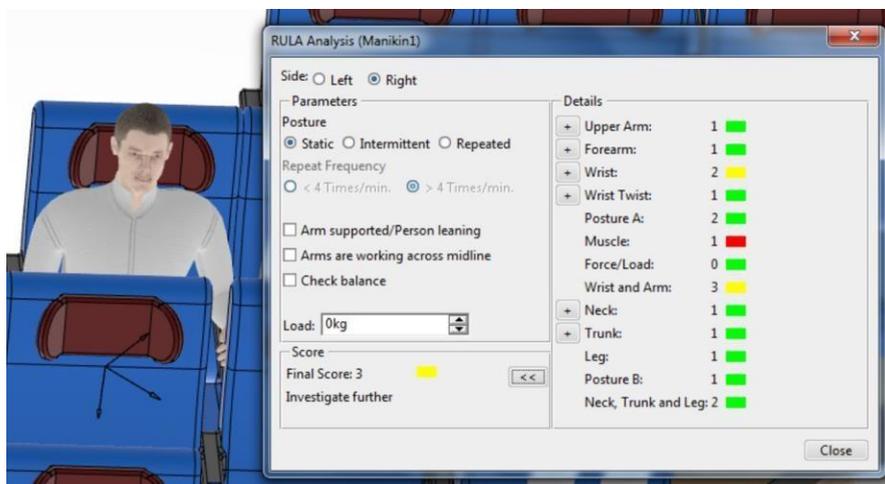
Figura 26 - Avatares posicionados nos novos assentos de avião



Fonte: (AUTORES, 2018)

O primeiro manequim analisado foi o homem americano, o qual havia apresentado anteriormente, uma pontuação 5 na análise ergonômica RULA, indicando uma extrema necessidade de mudança. Utilizando a poltrona nova, a análise retornou um valor de 3 para este avatar, apontando uma grande melhoria ergonômica, apesar de ainda existirem alguns poucos pontos de atenção. O fator que contribuiu com maior intensidade para esta melhoria foi o aumento da distância entre os apoios de braço da poltrona, que permitiu ao avatar uma maior mobilidade, de modo que ele não precisasse encolher seus braços e ombros enquanto sentado. A Figura 27 indica os resultados obtidos nesta nova simulação.

Figura 27 - Simulação em avatar americano masculino na nova poltrona

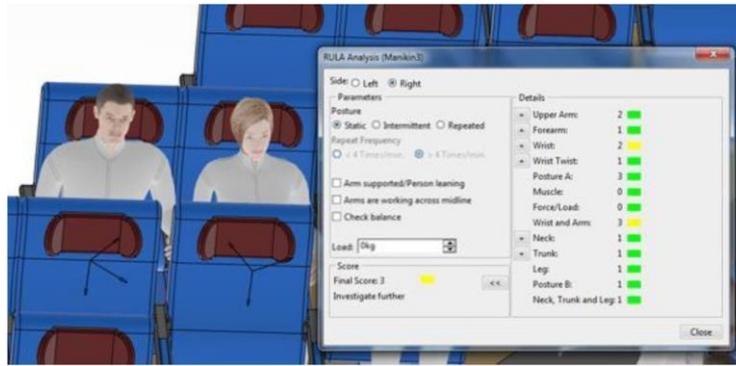


Fonte: (AUTORES, 2018)

O segundo manequim analisado foi de nacionalidade americana, do gênero feminino (Figura 28), o qual obteve resultado 4 na análise ergonômica da poltrona antiga. Esse valor foi reduzido para 3 com a utilização do novo assento, o que demonstra condições aceitáveis para pessoas deste tipo físico apesar de ainda haver alguns pontos de atenção.

Na primeira análise realizada com esse avatar foi observado que o problema principal estava localizado nas pernas e músculo posterior dos braços, por ele estar sentado ao lado de um avatar de porte maior (homem americano descrito anteriormente), o que fazia com que fosse necessário encolher seu ombro e suas pernas. Com o aumento da largura da poltrona, o avatar passou a ter espaço suficiente para apoiar seus membros de maneira adequada sem ser influenciada pelo tipo físico dos avatares do lado, o que explica a melhora obtida.

Figura 28 - Simulação em avatar americano feminino na nova poltrona



Fonte: (AUTORES, 2018)

Em seguida, realizou-se a análise RULA no manequim francês do gênero feminino (Figura 29). A simulação neste manequim, gerou, uma pontuação 2 na escala RULA, indicando que a posição deste avatar no assento novo se encontra em condições aceitáveis para esse tipo físico.

Na simulação anterior realizada com este manequim, o resultado RULA apresentado havia gerado uma pontuação 3, apontando a necessidade de investigação do assento.

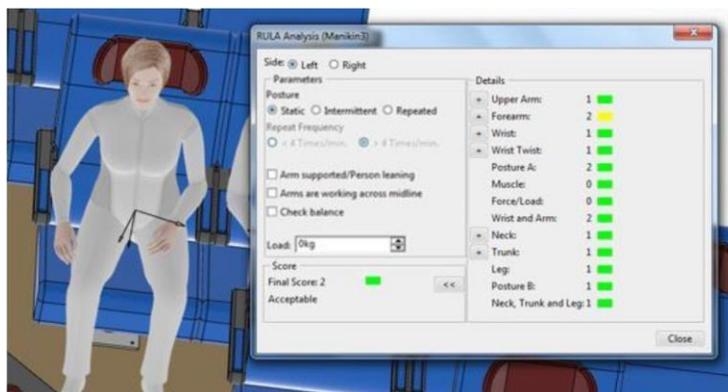
Figura 29 - Simulação em avatar francês feminino na nova poltrona



Fonte: (AUTORES, 2018)

O próximo manequim analisado foi de nacionalidade indiana, de gênero feminino, o qual havia obtido um resultado, também, de 4 na análise da poltrona antiga. Como indicado na Figura 30, o resultado gerado utilizando a nova poltrona foi de 2, com todos os membros em condições ergonômicas aceitáveis, com exceção apenas do antebraço que ainda apresenta algum ponto com necessidade de melhoria. Esse resultado novamente comprova como as mudanças do novo assento realmente contribuíram para a melhoria ergonômica.

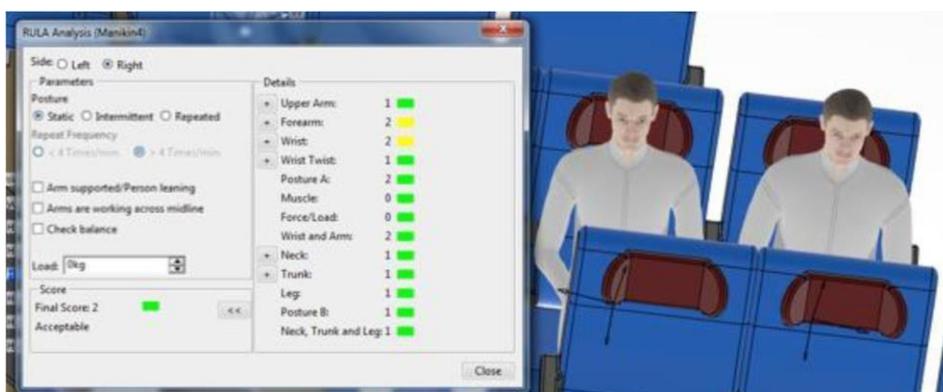
Figura 30 - Simulação em avatar indiano feminino na nova poltrona



Fonte: (AUTORES, 2018)

Posteriormente, a análise foi realizada em um manequim japonês do sexo masculino. A RULA realizada neste manequim havia indicado uma pontuação de nível 4, e na presente análise, como mostrado na Figura 31, o resultado passou a ser de nível 2, sendo que apenas o antebraço e o pulso apresentaram pontos de possível melhoria, enquanto os demais membros se encontraram em condições ergonômicas aceitáveis.

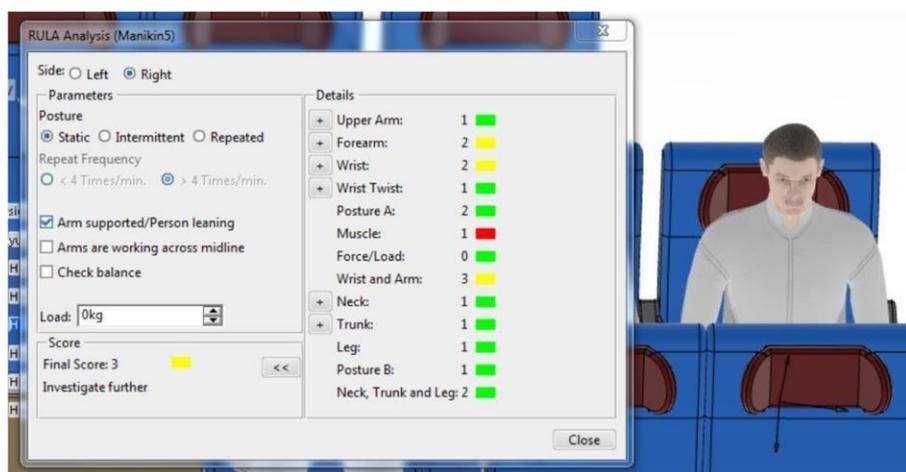
Figura 31 - Simulação em avatar japonês masculino na nova poltrona



Fonte: (AUTORES, 2018)

A última simulação realizada foi no manequim masculino de nacionalidade alemã, o qual havia obtido um resultado do nível 4 e tornou-se nível 3 na nova poltrona analisada. O resultado obtido foi bem semelhante ao do avatar americano, já que ambos possuem tipos físicos parecidos de grande porte. A Figura 32 apresenta os resultados desta simulação.

Figura 32 - Simulação em avatar alemão masculino na nova poltrona



Fonte: (AUTORES, 2018)

Após realizar todas as simulações na nova poltrona de avião utilizando os diferentes avatares e compará-las com os resultados obtidos anteriormente com o assento antigo, foi observado que em todos os casos ocorreu uma melhora no resultado ergonômico, como era esperado. Na Tabela 3 é possível comparar os valores obtidos nas simulações das duas poltronas analisadas.

Tabela 3 - Comparação dos resultados da análise RULA das simulações feitas nos dois modelos de poltrona

Nacionalidade	Gênero	Poltrona Airbus A320	Poltrona Projetada
Americana	Masculino	5	3
Americana	Feminino	4	3
Francesa	Feminino	3	2
Indiana	Feminino	4	2
Japonesa	Masculino	4	2
Alemã	Masculino	4	3

Fonte: (AUTORES, 2018)

Somente no resultado dos avatares de maior porte, homem americano, alemão e mulher americana, apesar de também apresentarem melhorias, ainda restam alguns pontos de atenção. Isso porque, devido à suas dimensões maiores, seus membros continuam sendo afetados com mais intensidade do que os demais manequins analisados.

Outro aspecto notável é o fato de que na ergonomia pequenas mudanças podem significar grandes melhorias no resultado. O assento de avião foi um exemplo disso, tendo em vista que, esses resultados positivos foram alcançados por meio de pequenas alterações realizadas em algumas dimensões do assento da Airbus A320.

#### 4 CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou desenvolver uma análise ergonômica no assento padrão, utilizado atualmente nas aeronaves comerciais na classe econômica, para compreender as principais causas do desconforto vivenciado pelos passageiros, e projetar um novo modelo de poltrona capaz de atender melhor às necessidades dos usuários, trazendo conforto e segurança para estes durante os voos.

A hipótese de que o modelo atual de poltrona não é ergonomicamente correto para os viajantes foi fortalecida pela pesquisa de mercado, que demonstrou insatisfação de grande parte destes; e confirmada pela análise ergonômica no software 3D Experience CATIA Ergonomics for Car Design, realizada em seis manequins de diferentes nacionalidades e tipos fisionômicos, que revelou a necessidade de uma investigação na poltrona do Airbus A320 e de mudanças futuras. Assim, pode-se concluir que o objetivo primário deste estudo, foi alcançado com sucesso.

As alterações realizadas no layout da aeronave, com as fileiras de assentos posicionadas na diagonal em vez de na horizontal, permitiram um aumento de 94 mm na largura de cada assento individual. Esta modificação promoveu diversas melhorias ergonômicas à poltrona quando comparada ao seu modelo anterior, de acordo com as novas simulações realizadas no software 3D Experience CATIA Ergonomics for Car Design.

Além disso, as principais dimensões da nova poltrona (altura, comprimento e largura) foram exploradas e testadas em conjunto com a tabela de dimensões antropométricas de Kroemer, onde verificou-se que de fato as medidas do assento estão em conformidade com a anatomia humana.

Em virtude da falta de informações e condições para manufatura do novo assento em tamanho

real, não foi possível abordar e estudar a questão da redução de peso, para possível barateamento de custos para companhia aérea (objetivo secundário).

Entretanto, dada a importância do assunto, e com o intuito de aprimorar cada vez mais a segurança, conforto e bem-estar para os passageiros durante suas viagens; é necessário o aprofundamento deste estudo nas poltronas das demais aeronaves fornecidas hoje pelas companhias aéreas.

Como proposta para trabalhos futuros, há a possibilidade de se realizar um estudo de viabilidade da nova disposição dos assentos em relação às normas da aviação, além de uma pesquisa de mercado para verificar e compreender a aceitação dos passageiros em relação ao layout sugerido, e assim, averiguar outros aperfeiçoamentos possíveis no objeto de estudo.

## 5 REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Aviação Civil. (2009). *Programa Selo De Avaliação Dimensional: Selo Anac*.
- Casagrande, V. (2018). *Aérea poupa R\$ 10 mi em combustível com menos vinho a bordo e revista leve*. Todos a Bordo.  
<https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2018/02/04/aerea-economia-combustivel-menos-vinho-revista-leve/>
- DAC. (2005). *RBHA 121 Requisitos Operacionais : Operações Domésticas , De Ban- Deira E Suplementares Este Arquivo Contém O Texto Do Rbha 121 , Aprovado Pela Portaria Nº 483 / Dgac De 20 De Março De 2003 , Publicada No Dou Nº 76 , De 22 De Abril De 2003 , Incluindo Tod*.
- Dassault Systèmes. (n.d.). *The 3DEXPERIENCE platform, a Game Changer for Business and Innovation*. Retrieved March 13, 2021, from <https://www.3ds.com/3dexperience>
- Dombidau Junnior, R. C., Silva, B. C. B. da, & Canedo, G. R. (2017). Aplicação Do Método Rula (Rapid Upper Limb Assessment) Em Um Laboratório Didático. *Xxxvii Encontro Nacional De Engenharia De Producao*.  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_241\\_401\\_32996.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_241_401_32996.pdf)
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2012). *Ergonomia Prática* (3rd ed.). Blucher.
- ELHECHI, A. (2013, January 30). *AirBus A320 | 3D CAD Model Library* | . GrabCAD. <https://grabcad.com/library/airbus-a320--2>
- Iida, I., & Buarque, L. (2016). Ergonomia: Projetos e Produção. In *Blucher*. Blucher.
- Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B., & Kroemer-Elbert, K. E. (2000). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. Pearso.
- Mateus Junior, J. R. (2009). *Diretrizes Para Uso Das Ferramentas De Avaliação De Carga Física De Trabalho Em Ergonomia: Equação Niosh E Protocolo Rula* [Universidade Federal de Santa Catarina ].  
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/92479/264521.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of world-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* , 24(2), 91–99.
- McAtamney, L., & Corlett, N. (2016). Avaliação rápida dos membros superiores (RULA). In N. Stanton, A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas, & H. Hendrick (Eds.), *Manual de Fatores Humanos e Métodos Ergonômicos* (pp. 73–83). Phorte.

- ROEBUCK, J. A. Jr.; KROEMER, K. H. E.; THOMSON, W. G. (1975). *Engineering anthropometry methods*. John Wiley.
- Rosenbloom, S. (2016). Fighting the Incredible Shrinking Airline Seat. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2016/02/29/travel/shrinking-airline-seats.html>
- Shida, G. J., & Bento, P. E. G. (2012). Métodos e ferramentas ergonômicas que auxiliam na análise de situações de trabalho. *VIII Congresso Nacional De Excelência Em Gestão*.
- SKYTRAX. (n.d.). *Airline Seat Pitch Guide*. Retrieved June 1, 2020, from <https://www.airlinequality.com/info/seat-pitch-guide/>
- Vinholes, T. (2018, January 18). *Boeing forma nova empresa para fabricar assentos de avião*. Airway. <https://www.airway.com.br/boeing-forma-nova-empresa-para-fabricar-assentos-de-aviao/>