



**Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Curso de Engenharia Automotiva**

**Avaliação Ergonômica de um Kart**

**Autor: Matheus Braga da Silva  
Orientador: Mateus Rodrigues Miranda**

**Brasília, DF  
2017**



**Matheus Braga da Silva**

**TÍTULO: Avaliação ergonômica de um kart**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Automotiva da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Orientador: Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda

**Brasília, DF  
2017**

## CIP – Catalogação Internacional da Publicação\*

Silva, Matheus B.

Avaliação Ergonômica de um Kart / Matheus Braga da  
Silva. Brasília: UnB, 2017. 103 p.: il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília  
Faculdade do Gama, Brasília, 2013. Orientação: Mateus  
Rodrigues Miranda.

1. Kart. 2. Ergonomia. 3. Conforto3 I. Miranda, Mateus R. II.  
Avaliação Ergonômica de um Kart

CDU Classificação



## **REGULAMENTO E NORMA PARA REDAÇÃO DE RELATÓRIOS DE PROJETOS DE GRADUAÇÃO FACULDADE DO GAMA - FGA**

**Matheus Braga da Silva**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 29/06/17) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Prof. (PhD): Mateus Rodrigues Miranda, UnB/ FGA**  
Orientador

---

**Prof. (MSc): Eneida Gonzalez Valdes, UnB/ FGA**  
Membro Convidado

---

**Prof. (MSc): Saleh Barbosa Khalil, UnB/ FGA**  
Membro Convidado

Brasília, DF  
2017

Esse trabalho é dedicado às crianças adultas que quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas. (a *Dedicatória* é elemento opcional)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família por todo o apoio a minha formação pessoal, aos amigos e professores a minha formação profissional. Agradeço ao professor Mateus por sua orientação. Um agradecimento a gentileza do projeto de extensão Gama Kart Team (57311) orientado pelo Prof. Felipe Storti por ceder o kart.

O homem é a medida de todas as coisas.  
Protágoras.

## RESUMO

Este trabalho tem o objeto de fazer uma avaliação ergonômica de um kart. Este veículo é porta de entrada para qualquer categoria do automobilismo, também é entretenimento e lazer para várias pessoas. A posição em que sentamos reflete no desempenho de nossas atividades, assim uma posição adequada é importante para não afetar o desempenho de nossas atividades. O conforto é uma necessidade para o desenvolvimento de qualquer atividade, trabalhar, dirigir, assistir a um filme, ou pilotar. O conforto possui alguns parâmetros abstratos e difíceis de materializar para obter um alvo, mas é possível encontrar algumas recomendações para alcançar este objetivo. Este trabalho tem o intuito de estabelecer parâmetros básicos para o conforto na posição sentada e mostrar com auxílio de um *software* e questionários subjetivos alguns pontos que afetam o conforto em um kart. Desta forma, algumas recomendações serão feitas para se alcançar um conforto mínimo para o desenvolver uma pilotagem adequada ao usuário.

**Palavras-chave:** Kart. Ergonomia. Conforto.



## ABSTRACT

This work has the purpose of making an ergonomic evaluation of a kart. This vehicle is the gateway to any category of motorsport, it is also entertainment and leisure for several people. The position in which we sit reflects in the performance of our activities, so a proper position is important so as not to affect the performance of our activities. Comfort is a necessity for developing any activity, working, driving, watching a movie, or driving. Comfort has some abstract parameters that are difficult to materialize to achieve a target, but some recommendations can be found to achieve this goal. This work will try to establish basic parameters for comfort in the seated position and to show, with the aid of software and questionnaires, some points that affect comfort in a kart. In this way, some recommendations will be made to achieve minimum comfort to develop a proper piloting to the user

**Keywords:** Kart. Ergonomics. Confort.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>16</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>18</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>19</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>20</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
1.1 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO .....	24
1.1 PROBLEMA .....	24
1.2 JUSTIFICATIVA.....	25
1.3 OBJETIVO GERAL.....	25
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.5 LIMITAÇÕES .....	25
1.6 METODOLOGIA .....	26
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>28</b>
2.1 ANTROPOMETRIA.....	28
2.1.1. PERCENTIS.....	30
2.2 CONFORTO .....	30
2.3 TEORIA DO CONFORTO.....	31
2.3.1 CONFORTO É UM FENÔMENO SUBJETIVO .....	31
2.3 POSIÇÃO SENTADA CORRETA .....	32
2.3.1 ASPECTOS ERGONÔMICOS .....	33
2.4. POSIÇÃO DO PILOTO .....	34
2.5. REGULAMENTOS DE AUTOMOBILISMO.....	35
2.6. ANÁLISE RULA.....	37
2.6.1. ANÁLISE RULA NO CATIA®.....	38
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>41</b>
3.1 MATERIAIS .....	41
3.2 QUESTIONÁRIO SUBJETIVO .....	43
<b>4. ANÁLISE ERGONÔMICA</b> .....	<b>45</b>
4.1. ANÁLISE DA SIMULAÇÃO VIRTUAL.....	45
4.1.1 PERCENTIL 50% MASCULINO.....	45
4.1.2 PERCENTIL 5% FEMININO .....	47
4.1.3 PERCENTIL 95% MASCULINO.....	49
4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS .....	51
4.2.1 ANÁLISE SUBJETIVO DE PILOTOS.....	51
4.2.2 – ANÁLISE DE VOLUNTÁRIOS NÃO EXPERIENTES.....	53
4.3 ANÁLISE ENTRE SIMULAÇÃO E QUESTIONÁRIOS .....	62
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>65</b>
ANEXO 1 QUESTIONÁRIO SUBJETIVO.....	65
ANEXO 2 - TCLE.....	67
ANEXO 3 TABELA ANTROPOMÉTRICA.....	68

## Lista de Figura

Figura 1 - Vista em corte de um carro do WEC (world endurance championship). (racecar-engineering, 2015).....	23
Figura 2 - Diagrama do trabalho, .....	27
Figura 3 - Diferenças corporais entre os grupos étnicos - (DRIFFIENT, et al., 1985). .....	28
Figura 4 - Tabela antropométrica da Henry Dreyfuss Associates - (DRIFFIENT, et al., 1985).....	29
Figura 5 - Ossos do quadril. (Cinesiomaia, 2017). .....	32
Figura 6 - Espaço livre para os ombros. (Goossens, 2003). .....	34
Figura 7 - Posição do piloto em um carro de fórmula. (Red Bull Racing, 2014). .....	35
Figura 8 - Disposição do banco dentro do veículo da stock-car (JL, 2017).....	36
Figura 9 - Posição do piloto de fórmula 1 em seu carro. (Technical regulations f1, 2008).....	37
Figura 10 - Exemplo de tabela de análise RULA. ....	39
Figura 11 - Escala e cores associadas para partes do corpo. (Catia online documentation, 1999). .....	40
Figura 12 - Modelo do kart. (Inteprid, 2014).....	42
Figura 13 - Volante de kart.....	42
Figura 14 - Kart modelado.....	43
Figura 15 - Percentil 50% masculino.....	46
Figura 16 - Vista lateral para manequim percentil 50% masculino. ....	46
Figura 17 - Percentil 5% feminino.....	47
Figura 18 - Vista lateral para manequim percentil 5% feminino. ....	48
Figura 19 - Percentil 95% masculino.....	49
Figura 20 - Vista lateral para manequim 95% masculino.....	50
Figura 21 - Ilustração de cotas antropométricas. ....	54
Figura 22 - Voluntário 1. ....	57
Figura 23 - Manequim referente ao voluntário 1. ....	58
Figura 24 - Voluntário 2. ....	58
Figura 25 - Manequim referente ao voluntário 2. ....	58
Figura 26 - Voluntário 3. ....	59
Figura 27 - Manequim referente a voluntário 3.....	60
Figura 28 - Voluntário 4. ....	60
Figura 29 - Manequim referente ao voluntário 4. ....	61
Figura 30 - Voluntário 5. ....	61
Figura 31 - Manequim referente ao voluntário 5. ....	62

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Lista de percentis e sua estatura. ....	45
Tabela 2 - Pilotos com altura, peso e percentis relacionados. ....	51
Tabela 3 - A tabela de dados dos pilotos e suas respostas aos questionários. ....	52
Tabela 4 - A tabela de dados dos pilotos respostas sobre conforto. ....	52
Tabela 5 - Voluntários e suas alturas, pesos e percentis. ....	54
Tabela 6 - Tabela antrométrica, medida de segmentos. ....	55
Tabela 7 - Respostas dos voluntários para acesso a pedal, volante e assento. ....	55
Tabela 8 - Espaço do assento, inclinação, posição dos braços, pernas e pés. ....	56

## 1. INTRODUÇÃO

A construção de um veículo de corrida tem diversos pontos de interesse onde se busca maximizar a eficiência deste para alcançar o melhor desempenho. O projeto deste passam por fases de projeto individuais para cada subsistema do veículo como chassis, motor, transmissão, freio, direção, suspensão e etc.

Em projetos de veículos de passeio, as características de conforto visibilidade são parte inerentes do desenvolvimento seja a partir da preocupação dos idealizadores do veículo seja para atendimento dos requisitos impostos por órgãos governamentais. O conforto em um carro de uso diário faz parte dos requisitos básicos de concepção, um veículo desconfortável não teria espaço hoje devido à grande necessidade de deslocamentos maiores e engarrafamentos que nos obriga a passar maiores quantidades de tempo dentro do automóvel.

Na maioria dos projetos de carros de competição, os pilotos são considerados como uma das massas para presente no veículo, estes observados para determinação do centro de gravidade do veículo. A determinação do centro de gravidade de um veículo é ponto principal, e muitas vezes inicial para o projeto de alguns subsistemas do carro, a partir desta determinação desenvolver o projeto. (Ribeiro, 2014).

A busca por desempenho faz com que projetistas tentem aproximar do solo, o tanto quanto possível, o centro de gravidade do veículo. Para obter êxito nesta tarefa uma das soluções é abaixar a posição do piloto o quanto for permitido. Um exemplo disso é a posição em que pilotos de fórmulas ou protótipos ficarão durante horas em sua prática. Vide figura 1.



Figura 1 - Vista em corte de um carro do WEC (world endurance championship). (racecar-engineering, 2015).

Um piloto fica exposto durante horas a uma posição não adequada para a prática. A posição adequada para sentar-se é apoiada sobre os ossos do quadril (Marques et al, 2010), a posição a que estes pilotos ficam é próximo a deitar-se sobre estes ossos.

O kart como um veículo de introdução ao automobilismo segue o mesmo conceito. O quadril fica localizado a uma altura do solo semelhante à dos calcanhares. Os efeitos desta posição inadequada não são tão sentidos porque, em geral, a prática de pilotagem em kart não envolve grandes períodos de tempo.

Este trabalho tem como objetivo fazer observações e recomendações sobre a postura de um piloto em um kart e observações também quanto a natureza dos desconfortos durante a prática do kartismo.

## 1.1 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO

A partir dos estudos teóricos de aspectos de ergonomia, utiliza-se um software para a análise virtual da posição do piloto na prática. O software usado é o CATIA V5, este é um programa CAD (Computer Aided Design) em sua essência, mas também possui diversas plataformas de análises. Como simulação de esforços CAE (Computer Aided Engineering).

A análise de interesse está no Humam Builder, Humam Active Analysis. O conjunto de programas Humam do Catia é capaz de simular características antropométricas de algumas populações, característica estas que varia consideravelmente de etnia para etnia. O Humam Active Analysis através da análise RULA (Rapid Upper Limb Assesment) busca mensurar o desconforto para uma determinada posição.

O feedback de usuários é importante para confirmar as respostas das simulações. A análise virtual juntamente com questionários direcionados ajudam a entender a natureza de problemas ergonômicos.

## 1.1 PROBLEMA

Este Trabalho de Conclusão de Curso busca entender os principais causadores de desconforto ao uso de kart através de uma “Análise ergonômica de um kart”. Assim como a natureza desses desconfortos físicos, posturais ou outro.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem o objetivo de alertar sobre os problemas de postura a uma competição seja ela amadora ou profissional. A postura adequada proporciona conforto e um desempenho melhor em qualquer atividade para o automobilismo não é diferente. É conhecimento difundido que a posição do piloto afeta o desempenho do veículo, mas deve ser levada em consideração para não afetar o desempenho do piloto.

A contribuição a que este trabalho se propõem é mostrar que é possível conciliar desempenho, requerido em competições de veículos, e conforto, necessário para uma prática saudável de uma atividade ou trabalho.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho busca mostrar parâmetros a serem considerados em projetos para karts ou configurações para estruturas já estabelecidas. Estes parâmetros serão avaliados a partir de questionários focados na prática do automobilismo e em simulações virtuais.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para este Trabalho de Conclusão de Curso, os objetivos específicos são:

- Encontrar pontos críticos no posicionamento de um piloto de kart;
- Determinar pontos que provoquem desconforto ao piloto e indicar estes pontos;
- Realizar avaliação através de questionários subjetivos para obter dados de experiência de usuários recreativos e de pilotos amadores e
- Comparar com as simulações virtuais os questionários subjetivos.

## 1.5 LIMITAÇÕES

Este trabalho se limita ao estudo das análises ergonômicas em veículos destinados a competições automobilísticas, neste caso, um veículo tipo kart de corrida profissional. Não serão apresentadas recomendações sobre modificações

estruturais em veículos para adequação e se limitará à análise subjetiva e antropométrica de um veículo estático

## 1.6 METODOLOGIA

A metodologia consistirá em um estudo de caso onde será analisado o Package ergonômico de um kart de propriedade da Universidade. O kart será modelado em 3D em um software CAD e terá a finalidade de simular o desconforto percebido durante a atividade de pilotar um kart. Será utilizado um questionário subjetivo para análise comparativa. Os questionários serão destinados a usuários, seja ele profissional, amador ou recreativo, buscando encontrar a causa de desconforto na prática do kart. O uso de duas ferramentas, simulação virtual e questionário, busca confirmar uma a outra e enfatizar algumas áreas principais de desconforto.

Uma análise quantitativa usando a simulação virtual como base será feita usando a análise RULA. O conforto é uma sensação difícil de se parametrizar em algumas situações, contudo esta análise fornece dados de posicionamento importante e parâmetros para se validar o conforto em uma determinada posição. A posição correta para sentar é algo importante, hoje muitas profissões ficam nesta posição por horas para trabalhar, uma má postura pode afetar estruturas musculares, ósseas e o rendimento do trabalho. A análise RULA é feita para se obter uma avaliação postural, esta é importante para uma análise de viabilidade de um usuário exposto a uma determinada posição.

O diagrama, figura 1.1, mostra que a modelagem e o experimento são feitos em paralelo e ao final os resultados de ambos são analisados.



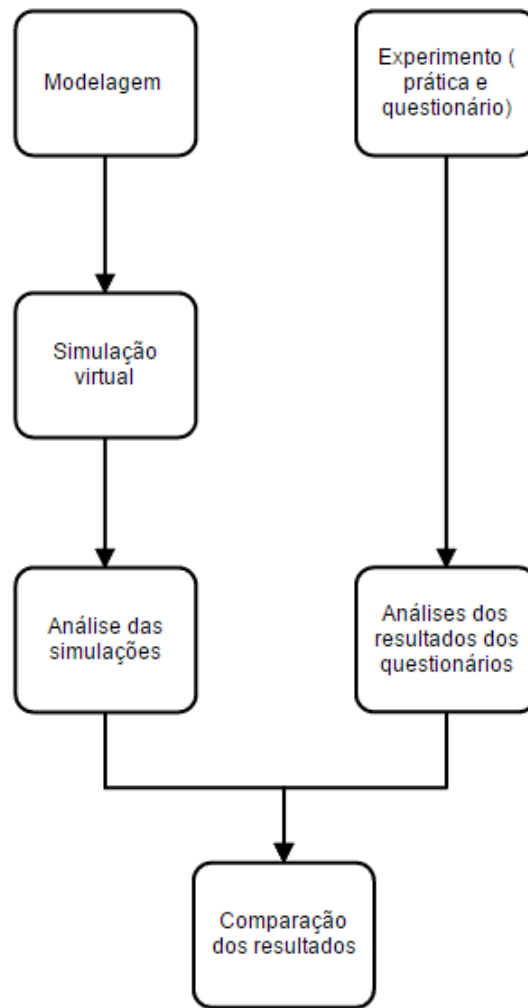


Figura 2 - Diagrama do trabalho,

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ANTROPOMETRIA

A antropometria é o estudo das medidas dos homens. Assim, pode-se dizer que a antropometria estuda as medidas e proporções dos segmentos do corpo como: altura, peso, braços, pernas, coxas, quadril, dedos e etc. (Bernardo et al, 2012).

Cada grupo populacional é composto por um tipo físico e apresentam determinadas características corporais e proporções. As características antropométricas de uma população são dados para projeto de produtos. Esses dados permitem verificar a adequação de um determinado produto a uma população. A qualidade de um produto está ligada diretamente a adequação ao seu público.

Estudos acerca de medidas corporais sobre populações mostram que a diferença principal não é o tamanho dos membros, mas sua proporção. Por exemplo a proporção entre membros inferiores e o tronco. Existem diferenças proporcionais dos membros inferiores e seu tronco entre etnias: os americanos e europeus possuem 48% de sua estatura nos membros inferiores. Para os japoneses e coreanos, o comprimento dos membros inferiores correspondem a 46% da sua altura.

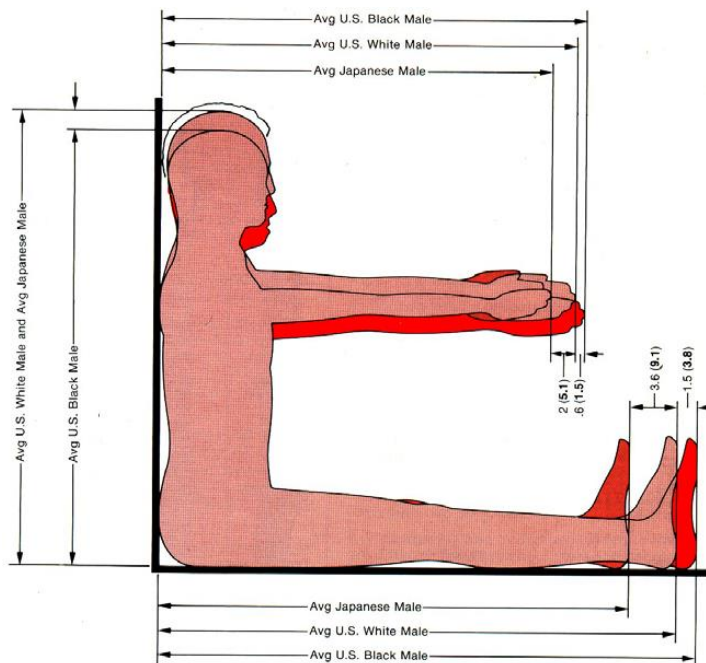


Figura 3 - Diferenças corporais entre os grupos étnicos - (DRIFFIENT, et al., 1985).

As medidas do corpo se diferenciam por diversos fatores nutricionais, climáticos, sexo, idade e climático. A estatura sofre um decréscimo com o passar da idade, isso ocorre por alterações na colina vertebral. Mulheres e homens possuem uma variação próximo a 6 ou 7% em suas estaturas. Os homens, normalmente, apresentam ombros, tórax mais largos e braços, pernas, mãos e pés mais compridos que as mulheres, elas possuem pélvis mais largas.

A escolha do perfil antropométrico adequado é a primeira decisão a ser tomada. Esta deve ser adequada para não ocorrer um erro grave. Não há estudos confiáveis sobre as características antropométricas da população brasileira, uns estudos pequenos das características antropométricas acarretariam em grandes erros. Segundo o estudo de Iida (1997) os brasileiros se assemelham com os europeus mediterrâneos (portugueses, espanhóis, franceses e gregos) a diferença encontra foi inferior a 3%. Devido à proximidade é preferível usar tabelas consolidadas a fazer levantamentos poucos expressivos.

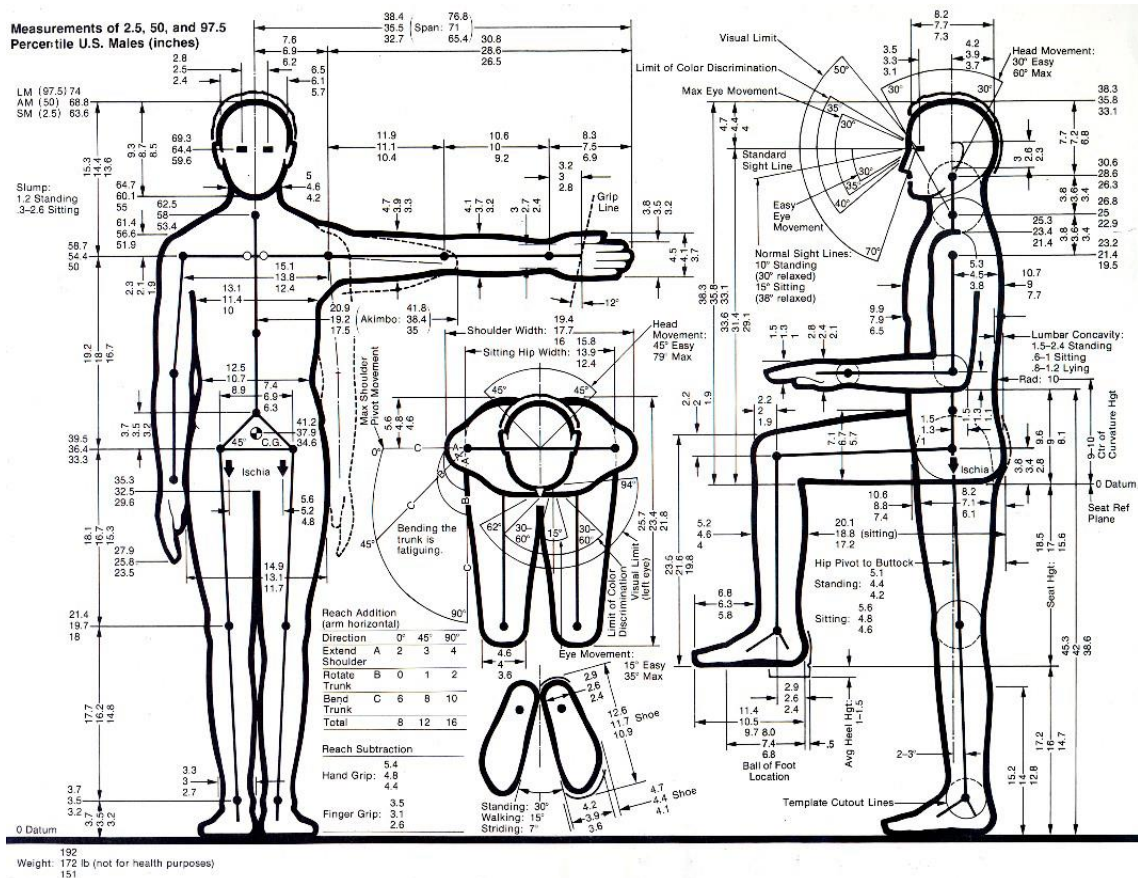


Figura 4 - Tabela antropométrica da Henry Dreyfuss Associates - (DRIFIENT, et al., 1985).

Uma tabela antropométrica é um conjunto de dispostos, de uma forma próximo a uma curva gaussiana ou distribuição normal, ordenado para identificar a frequência da ocorrência dos valores. A forma usual para representar uma população é através de percentis, os percentis dividem-se em cem partes, cada parte corresponde a 1% da distribuição.

### 2.1.1. PERCENTIS

Um valor específico, por exemplo, 95% diz que 95% da população representada possui medidas iguais ou inferiores a este percentil e os 5% restante apresentam medidas superiores. Assim um valor “x” representa o indivíduo que “x%” daquela população possui características antropométricas iguais ou inferiores a ele.

Para um projeto, deve-se atender os extremos de uma população e não o percentil médio. Os extremos, geralmente os percentis 95 e 5% ou 97,5 e 2,5%. O projetista deve guiar seu produto a fim de acomodar a maior parte da população. Por exemplo, um produto que o uso requer o alcance de algum comando deve-se usar o percentil 5%, assim, haverá a garantia que 95% da população será capaz de alcançar. Para projetos onde o espaço é fator limitante o percentil 95% deve ser utilizado para garantir o uso da maior parte da população.

## 2.2 CONFORTO

O conforto está diretamente ligado ao bem-estar, o conforto ou ausência de incômodos é um dos objetivos da ergonomia. O bem-estar, ou conforto, faz parte do cotidiano do ser humano: quando trabalha, enquanto estuda, durante um passeio ou diversas outras atividades. Assim, o conforto é algo que está ligado ao cotidiano e vida do homem. Todo produto destinado ao uso do homem deve proporcionar a ele este sentimento.

O dicionário Aurélio conceitua “conforto” como bem-estar material ou comodidade. Pode-se inferir que uma pessoa que não esteja uma situação de desconforto esteja se sentindo confortável, mas isso seria uma visão errada da condição de conforto. Segundo (Magalhães, 2009) A redução do desconforto não conduz ao conforto. O desconforto é uma sensação de dor, já o conforto é um sentimento de bem-estar.

O tempo de exposição a uma atividade também compõem a sensação do conforto. Por exemplo, um passageiro que enfrenta uma longa viagem, independente de quão confortável seja sua cadeira, sentirá desconforto e cansaço.

## 2.3 TEORIA DO CONFORTO

Obter conhecimento sobre conforto algo que desejar projetar é importante para o bem-estar dos usuários e consequente aumento de venda, pode prevenir dores em diversas partes do corpo. O conceito de conforto é bem-estar pode também ser encarado como ausência de desconforto, mas há definições que são aceitas de uma maneira geral. (Yoshida, 2009).

- Conforto é uma construção natural e subjetiva da pessoa.
- Conforto é modificado por diversos fatores (físicos, fisiológicos e psicológicos).
- Conforto é uma reação ao ambiente.

### 2.3.1 CONFORTO É UM FENÔMENO SUBJETIVO

O produto só não é capaz de transmitir conforto ao usuário, não importa como se é fabricado ou acabado o produto. O usuário é quem decide o conforto de um produto ao utilizá-lo. O comportamento do usuário não é possível de predeterminar. (Vink, 2004).

Cada usuário é capaz de sentir diversas sensações ao utilizar o mesmo produto, desta forma, o conforto é algo extremamente complicado de determinar em um produto. Por exemplo, uma seção de cinema pode apresentar diversos pontos sobre conforto como a rigidez da poltrona, a temperatura da sala, o cheiro. Esses fatores afetam de uma forma diferente a cada usuário (Yoshida, 2009).

Desta forma, pode-se tratar o conforto como um parâmetro um pouco subjetivo. Onde a experiência do indivíduo com o produto final é a parte mais importante.

### 2.3 POSIÇÃO SENTADA CORRETA

A Academia Americana de Ortopedia conceitua postura correta como o estado de equilíbrio entre músculos e ossos com capacidade para proteger as demais estruturas do corpo de traumas em qualquer posição. A postura também pode indicar a posição em relação a um segmento corporal. A boa postura depende da interação biomecânica e neuromuscular adequada e contínua. (Marques et al, 2010).

A boa postura é uma forma onde toda força compensatória não seja necessária. A postura adequada proporciona uma boa distribuição das cargas a que o corpo está submetido, desta forma, este estará em equilíbrio.

A posição sentada é definida como um estado onde o peso corpóreo é transferido para o assento da cadeira por meio de ossos tuberosos chamados de ísquios, tecidos moles do glúteo e coxa, e também com pés apoiados no chão. Sentar-se não deve ser encarado como algo estático, pois sentar é um comportamento dinâmico. (Marques et al, 2010).

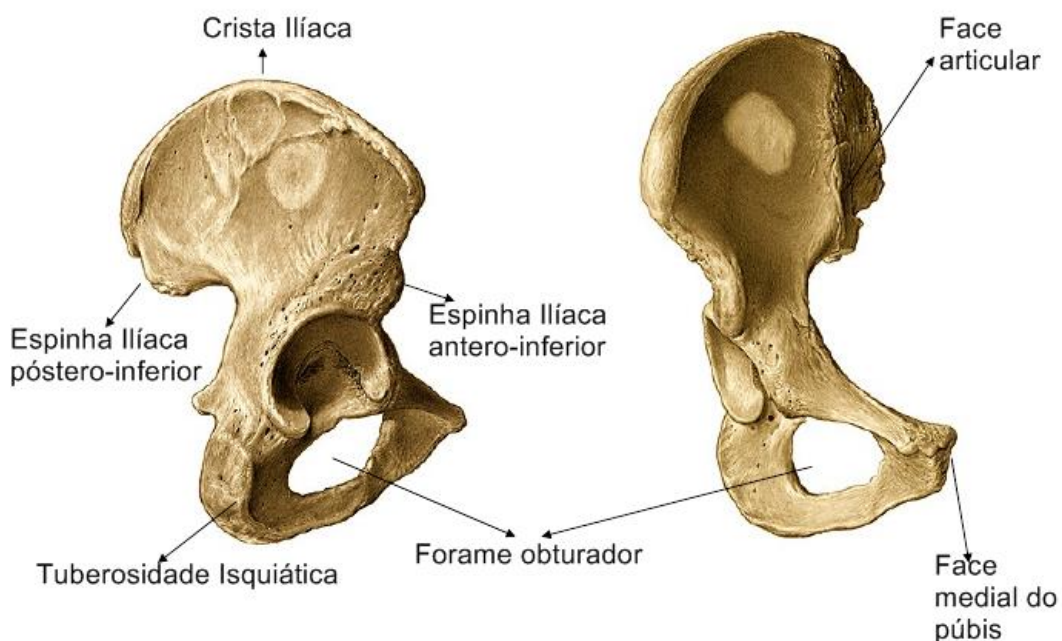


Figura 5 - Ossos do quadril. (Cinesiomaia, 2017).

A posição sentada correta vem mudando com o tempo e os estudos na área. No século XIX a crença era que as costas deveriam permanecer eretas, assim, o mobiliário refletia esta crença apresentando encostos verticais retos. No século XX a ergonomia modificou a característica dos móveis. Estes começaram a apresentar molas, amortecedores para possibilitar movimentos e oferecer mais conforto. (Marques et al, 2010).

Outro aspecto importante da postura é o tempo de permanência na mesma posição. O recomendado é mudar de posição a cada 5 minutos, a permanência em uma mesma posição pode gerar desconforto ou fadiga. A permanência em uma mesma posição por tempo superior a quatro horas apresenta um risco para surgimento de dor lombar.

A curvatura da coluna vertebral auxilia na distribuição de carga a postura sentada. Pequenos ângulos de curvatura auxiliam na distribuição da carga e evitam a fadiga dos músculos eretores, grandes ângulos de inclinação na coluna vertebral podem causar a fadiga aos músculos eretores. Um ângulo pequeno de inclinação na coluna diminui a pressão de compressão nos discos intervertebrais.

### 2.3.1 ASPECTOS ERGONÔMICOS

A posição sentada transfere a maior parte da carga, peso do corpo, sobre os ísquios e os tecidos moles das pernas, com apenas este apoio a pressão entre os discos é elevado, desta forma são necessários outros elementos que possam ser utilizados como apoio. Para reduzir e distribuir esta pressão inclinação do encosto, apoios para os braços e um suporte adequado para a lombar são indicados.

Os apoios de braços, o encosto para lombar, a inclinação do encosto e a regulagem de altura são aprimoramentos ergonômicos para reduzir e distribuir melhor a pressão do corpo. Essa distribuição está diretamente ligada a taxa de conforto do assento.

Os suportes para lombar devem ter até 3cm para promover uma melhor distribuição do peso e auxiliar em uma pequena curvatura da lombar. Segundo Goossens (2003) o apoio escapular deve ser paralelo ao apoio lombar, mas com um espaço entre eles, esta distância é chamada de espaço livre para o ombro e deve ter, pelo menos, 6cm para permitir um bom apoio da coluna.

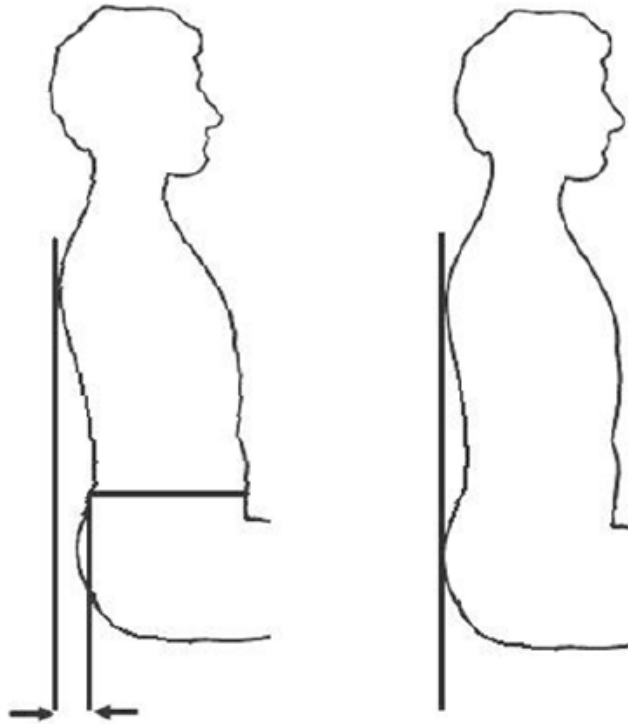


Figura 6 - Espaço livre para os ombros. (Goossens, 2003).

#### 2.4. POSIÇÃO DO PILOTO

A posição de um piloto dentro seu carro é bem diferente de um carro convencional. A posição em carros de fórmula é extremamente diferente, o piloto fica em uma posição deitado para abaixar seu centro de gravidade. O corpo do piloto fica praticamente horizontal. O cockpit é feito sobre medida para evitar desperdício de espaço e peso o banco também é feito sobre medida para o piloto. (race car engenering, 2015). Em um kart o piloto também fica em uma posição pouco confortável, os pés ficam no mesmo nível que o quadril. O banco do kart é fixo e não permite ajustes de posição.



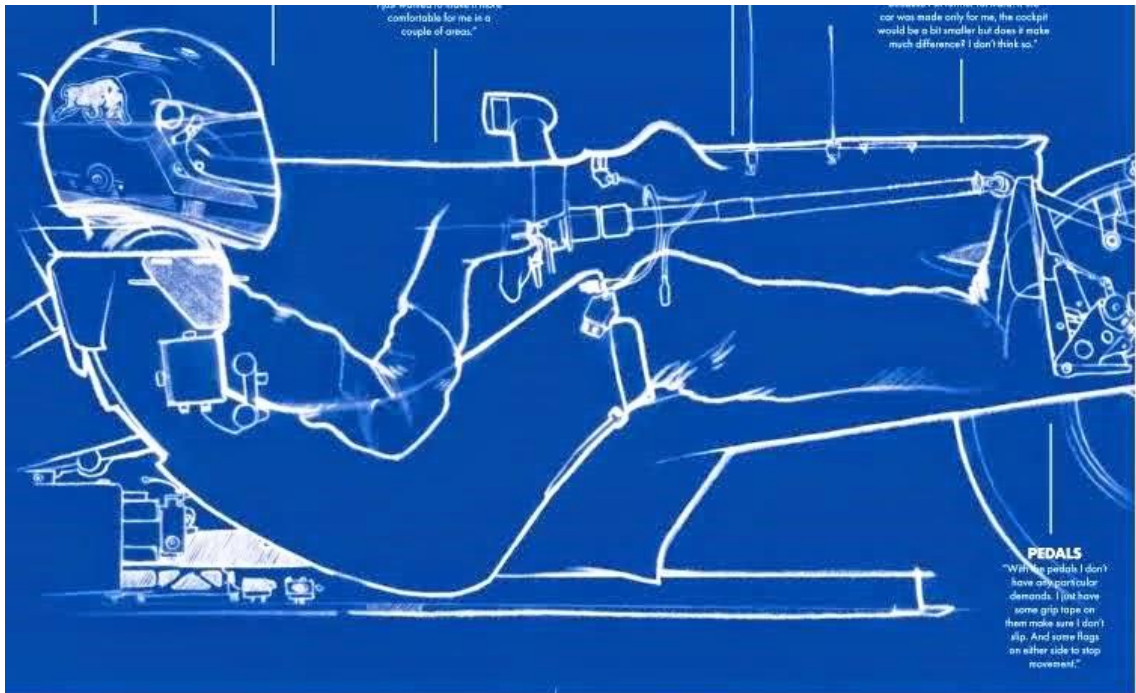


Figura 7 - Posição do piloto em um carro de fórmula. (Red Bull Racing, 2014).

## 2.5. REGULAMENTOS DE AUTOMOBILISMO

Os regulamentos no automobilismo para assentos e posição dos pilotos são bastante omissos. As categorias têm o hábito de não oferecer regras, para equipes ou times, para dar uma liberdade aos desenvolvedores e projetistas.

A federação internacional de automobilismo em sua divisão de kart em seu Regulamento para homologação (2014) não considera o assento como item a ser homologado, desta forma esta considera que os fabricantes projetam assentos adequados para os pilotos. A CBA (confederação brasileira de automobilismo) também se omite em exigências sobre assento em seus regulamentos. O regulamento para homologação de 2013 da instituição informava que o assento não faz parte do conjunto a ser homologado.

A maior categoria nacional de automobilismo STOCKCAR também não faz exigências ao assento, ou mesmo da posição do piloto. A posição do piloto delimitada através da posição dos componentes que o piloto necessita.

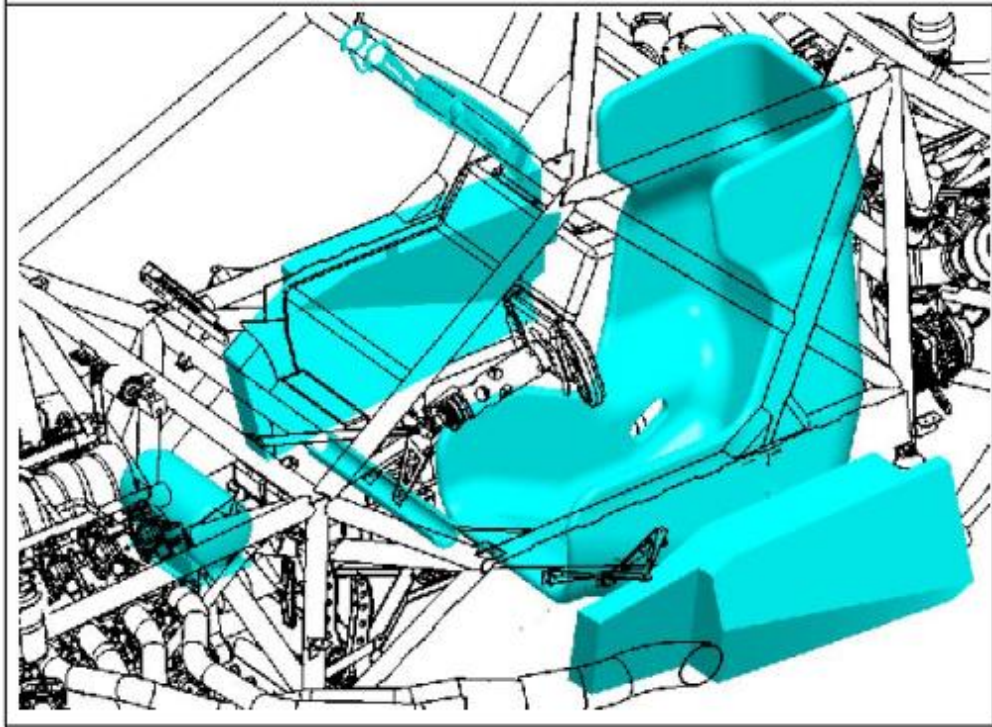


Figura 8 - Disposição do banco dentro do veículo da stock-car (JL, 2017).

A fórmula 1 em seus regulamentos técnicos não menciona assento. Nesta a posição do piloto tem uma posição deitada, como mostra a figura, esta posição é desconfortável para o piloto mas faz parte do modelo. O regulamento é totalmente voltado para segurança contra impactos, este tem o intuito de garantir um espaço para que o piloto não seja afetado por uma colisão. (Technical regulations f1, 2008).

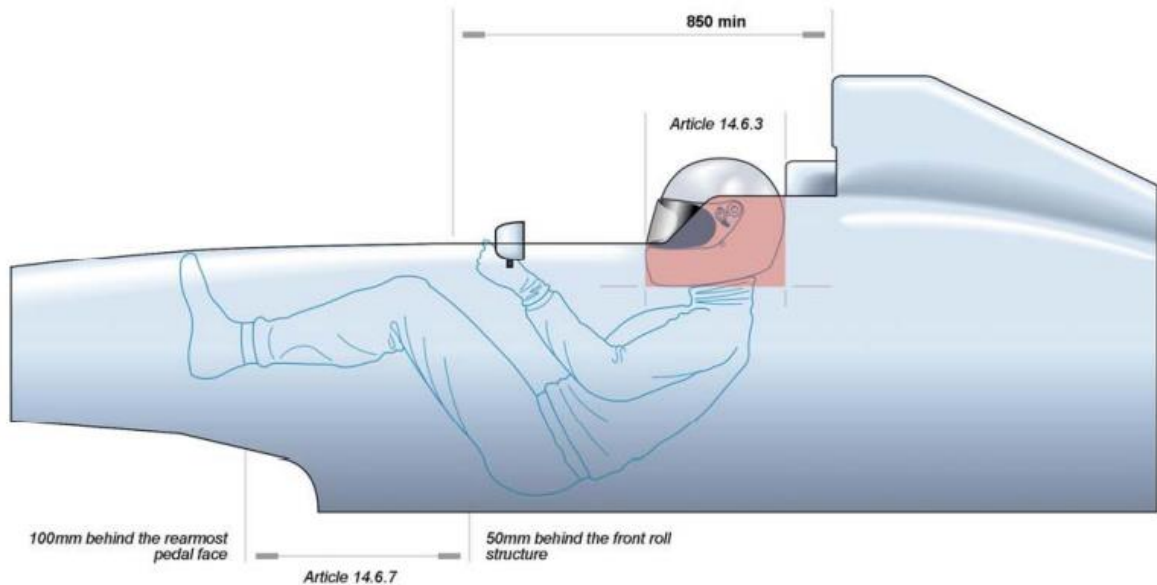


Figura 9 - Posição do piloto de fórmula 1 em seu carro. (Technical regulations f1, 2008).

## 2.6. ANÁLISE RULA

A metodologia RULA (Rapid Upper Limb Assessment) foi desenvolvida no Instituto de Ergonomia Ocupacional da Universidade de Nottingham. O trabalho foi desenvolvido para estudar a exposição de trabalhadores a problemas relacionados ao esforço do trabalho em seus membros superiores.

O Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde (NIOSH) publicou uma equação algébrica, em 1981, para analisar o levantamento de uma carga, utilizando as duas mãos simetricamente. A situação do estudo baseava-se em um objeto levantado sem ajuda do tronco, as mãos permaneciam separadas por, no mínimo, 75cm. Uma das premissas do estudo era de haver uma perfeita aderência entre as mãos e o objeto, e também entre os sapatos e o chão. Em 1991 o NIOSH publicou “a equação de elevação revisada”, esta também possuía a premissa de perfeita aderência entre mão e objeto, e sapato e chão. (Catia online documentation, 1999)

Esta ferramenta ergonômica mede dados biomecânicos sobre um indivíduo em uma determinada posição. A partir da postura configurada no manequim existem ferramentas que são capazes de calcular informações sobre cargas na região lombar da coluna, forças e momentos nas articulações do manequim. Os modelos

adotados baseiam-se em pesquisas e algoritmos publicados pela comunidade científica. (Catia online documentation, 1999).

### 2.6.1. ANÁLISE RULA NO CATIA®

A análise RULA no Catia® é feita selecionando-se um manequim em uma posição determinada. Dados como o lado que se quer avaliar e postura são parâmetros necessários. É possível escolher entre uma postura estática, intermitente ou repetitiva. Para o caso de repetições é possível configurar uma frequência.

O resultado da análise é apresentado através de uma escala de cor, verde a vermelho, e um algarismo, onde a cor verde indica aceitável e vermelho indica que mudanças são necessárias. (Catia online documentation, 1999).

- 1 e 2 (verde): Indica que a postura é aceitável e não é perigosa para períodos muito longos.
- 3 e 4 (amarelo): Indica que necessita de uma atenção futura e mudanças podem ser feitas.
- 5 e 6 (laranja): Indica que mudanças devem ser feitas em logo.
- 7 (vermelho): Indica que investigações e mudanças devem ser feitas imediatamente.

Figura 10 - Exemplo de tabela de análise RULA.

A Figura mostra também que é possível obter mais informações sobre cada membro e seus movimentos. Por exemplo, é possível habilitar a elevação ou abdução do ombro na análise, ou a rotação do braço para uma análise do punho. Para cada parâmetro é possível escolher automático, sim ou não. Alguns itens da análise possuem níveis variados, a escala não é igual para todas as partes do corpo. A figura mostra 11 mostra uma tabela onde mostra o máximo da escala para cada parte do corpo e sua cor associada.

A figura 11 é uma tabela onde é relacionado o segmento do corpo braço, antebraço, punho, rotação de punho, pescoço e tronco, respectivamente, e sua escala (score range) e sua cor associada.

Segment	Score Range	Color associated to the score					
		1	2	3	4	5	6
Upper arm	1 to 6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Forearm	1 to 3	Green	Yellow	Red	Grey	Grey	Grey
Wrist	1 to 4	Green	Yellow	Orange	Red	Grey	Grey
Wrist twist	1 to 2	Green	Red	Grey	Grey	Grey	Grey
Neck	1 to 6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Trunk	1 to 6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red

Figura 11 - Escala e cores associadas para partes do corpo. (Catia online documentation, 1999).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consiste em uma análise experimental do conforto de kart comparando-se a avaliação RULA e com a aplicação de um questionário subjetivo ao usuário. A análise busca encontrar pontos próximos aos máximos das escalas para investigação e pontos críticos encontrados em ambos, RULA e questionário. O questionário trará uma sensibilidade maior da sensação do piloto ao usar um kart.

O modelamento 3D do kart busca representar a estrutura do veículo, para que possa ter um posicionamento de um manequim de alguns percentis antropométrico. Essa modelagem busca representar a posição de pilotagem e mostrar alguns pontos críticos desta posição.

O questionário subjetivo aplicado busca investigar pontos específicos como acesso aos comandos, pedais, volante e assento, conforto da posição dos membros. Uma figura de um manequim também é usada para indicar de forma precisa pontos de desconforto.

A comparação dos resultados de ambas as análises serve para fortalecer as constatações comuns e analisar pontos críticos individuais.

#### 3.1 MATERIAIS

O modelo de kart utilizado para o modelamento foi um kart que a Universidade possui, este faz parte de projeto de extensão kart gama: Gama Kart Team (57311) Modelo *Intrepid Raptor*. Este possui aproximadamente 1,3m de comprimento 0,63m de largura e é construído com tubos de diâmetros de 30mm e 32mm. O modelo é semelhante ao da figura 12.

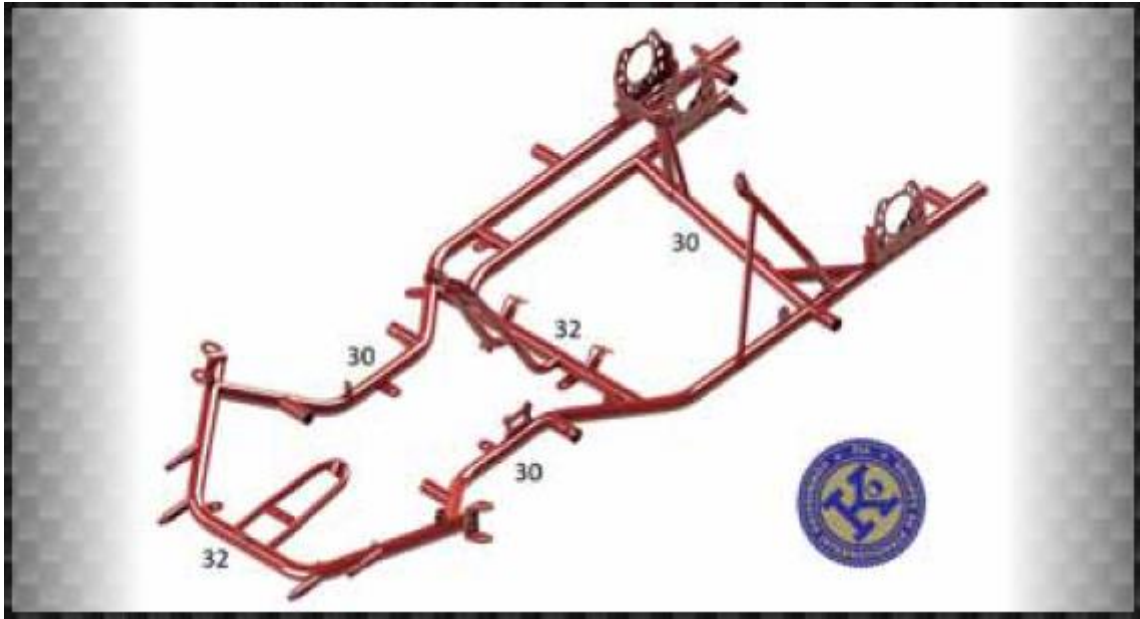


Figura 12 - Modelo do kart. (Inteprid, 2014).

O modelo de volante utilizado tem 32cm de diâmetro e é semelhante ao da figura 3.2.



Figura 13 - Volante de kart.



O modelo CAD do Kart é mostrado na figura 14.

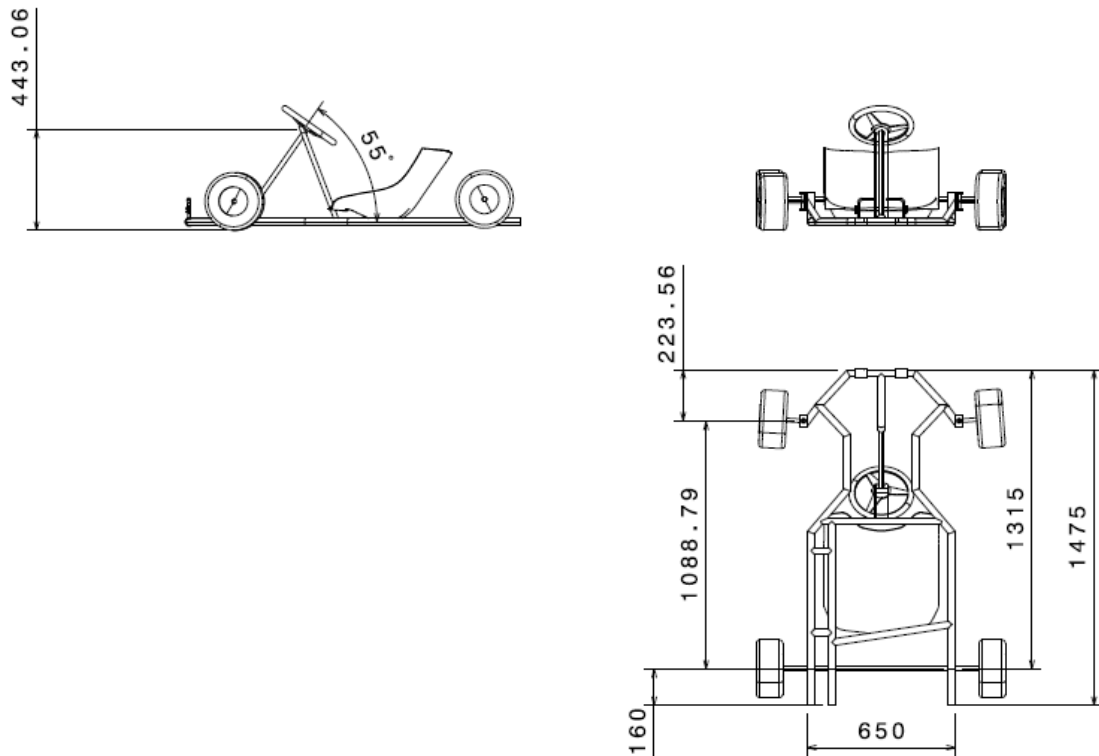


Figura 14 - Kart modelado.

### 3.2 QUESTIONÁRIO SUBJETIVO

O questionário, anexo 1, foi elaborado a partir de outros questionários presentes nas pesquisas bibliográficas. O questionário foi adaptado para as necessidades e características de um Kart.

O questionário busca identificar a avaliação do usuário a alguns critérios que compõem a sensação de conforto. O acesso a um determinado comando seja este acessado com os pés ou com as mãos. Este é um ponto importante de identificação se há alguma peça ou objeto que dificulte o acesso a algum comando do kart. O questionário deste trabalho buscou investigar o acesso a pedais, volante e assento.

Os parâmetros físicos temperatura e vibração também compõem a sensação do conforto faziam parte do questionário. Estes questionamentos buscam investigar se há sensação de desconforto na pratica relacionadas a temperatura ou vibração. A roupa utilizada para a prática possui muitos itens, macacões, luvas, sapatilhas,

capacetes, e a presença do motor todos estes contribuem para uma sensação de calor. O motor próprio e as irregularidades na pista auxiliam na vibração sentida.

A posição de cada membro é questionada para tentar identificar a principal fonte, membros superiores ou inferiores. O espaço e a inclinação do assento são investigados juntamente a posição dos membros para uma avaliação ergonômica do veículo. O espaço, inclinação e posição são as bases para as análises do conforto.

Uma investigação direta também está presente um desenho de um manequim serve para identificar melhor o seguimento do corpo onde está desconforto.

Os questionários, 5, foram aplicados em uma prova de kart, 2º etapa da GRK Speed Challenge dia 30/04/17, os pilotos participaram de 3 baterias de 30 minutos cada. Os questionários foram aplicados logo após a última bateria.

Outros questionários, 5, foram aplicados a alunos voluntários da Universidade como pesquisa antropométrica. Foram coletadas medidas dos voluntários, estatura, altura até a pelve, distância das costas aos dedos, comprimento do braço. Estes voluntários tiveram a oportunidade de sentar no veículo e responder ao questionário sobre conforto do veículo.

## 4. ANÁLISE ERGONÔMICA

A análise será feita a cada manequim, 50% masculino, 5% feminino e 95% masculino. A tabela 1 lista os percentis e suas estaturas. As análises serão feitas todas com base na avaliação RULA do software. As amostras foram todas feitas com relação ao lado direito do manequim, ambos os lados possuem parâmetros similares de posicionamento. Não é necessário executar as análises em ambos os lados devido as posições serem iguais. Em seguida, é apresentada a análise dos questionários. Estes foram vistos tomando um indivíduo médio para as características dos entrevistados e relatos individuais. Após foram feitas breves observações sobre as análises.

Tabela 1 - Lista de percentis e sua estatura.

Percentil	Estatura (m)
50% masculino	1,75
5% feminino	1,52
95% masculino	1,86

### 4.1. ANÁLISE DA SIMULAÇÃO VIRTUAL

#### 4.1.1 PERCENTIL 50% MASCULINO

A Figura 15 mostra que o índice geral ficou em 6, isso mostra que a posição é pouco confortável e necessita de ajustes. O manequim 50% masculino representa um homem médio, 1,76m, assim o projeto do kart deveria ser adequado para este em todos os requisitos, mas a natureza do veículo não permite.

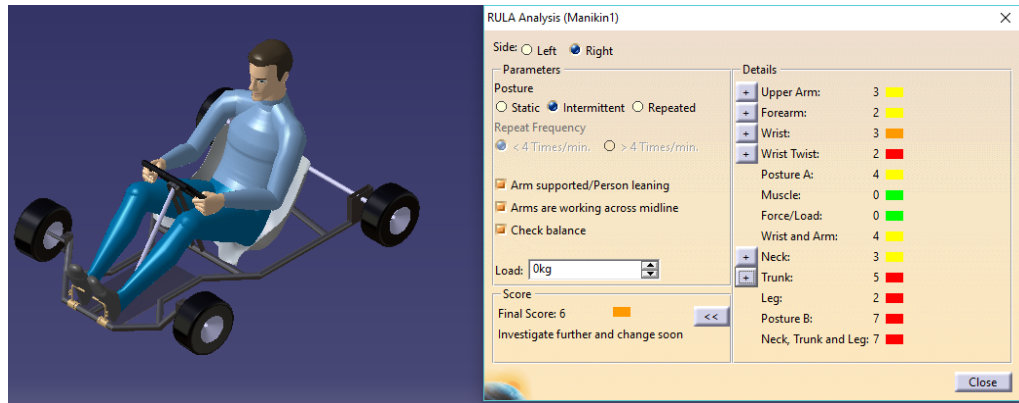


Figura 15 - Percentil 50% masculino.

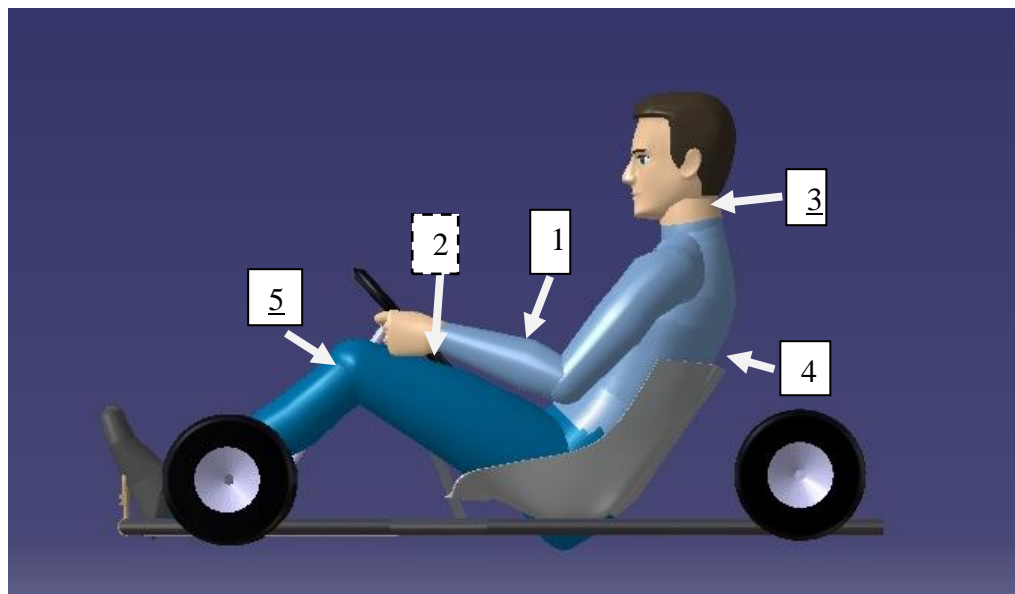


Figura 16 - Vista lateral para manequim percentil 50% masculino.

O percentil 50% masculino tem uma postura 3 para o braço, isto quer dizer que a posição não ideal, mas não oferece tanto perigo, a opção de elevação de ombros e abdução dos braços foi considerada.

O antebraço (1) deste também não representa uma grande preocupação, o índice 2 para antebraço mostra que esta posição causa pouco desconforto e só será a precisar de atenção caso a atividade dure por um grande período de tempo, para esta análise a rotação do braço estava ativa, mas não trouxe grande desconforto.

O punho (2) do manequim ganhou o índice 3, o volante possui um ângulo, que necessita de uma pequena movimentação do punho para agarrar, mas este não requer grande atenção.

O pescoço (3) do manequim demonstrou pouco desconforto, o índice 3 foi atingido. A pequena flexão do pescoço necessária ter a visão no horizonte, devido a inclinação que o assento possui, não proporciona grande desconforto para o usuário. A torção no pescoço e momento lateral estavam ativos para a análise.

O tronco (4) do manequim demonstrou uma atenção maior, o índice atingido foi 5. Isto indica que a prática não é tão confortável. A posição em que o tronco do manequim se encontra e bastante curvada, a curvatura do assento não favorece apenas a distribuição da carga do tronco. A rotação do tronco e o momento lateral estavam ativadas na análise.

As pernas (5) do manequim alcançaram um índice baixo, 2, mas isto não quer dizer que a posição é totalmente adequada. As pernas se encontram em uma posição flexionada e os tornozelo estão na mesma altura que o quadril. Esta posição durante um longo período de tempo pode causar grande desconforto.

#### 4.1.2 PERCENTIL 5% FEMININO

O manequim percentil 5% feminino, mostrado na figura 17, obteve um índice final de 7, o mais da escala, isto mostra que há em que a posição é desconfortável. Um veículo que não possui ajuste de posição, como é o caso de um kart, mostrará esta dificuldade em ser adequada para vários percentis de uma população.

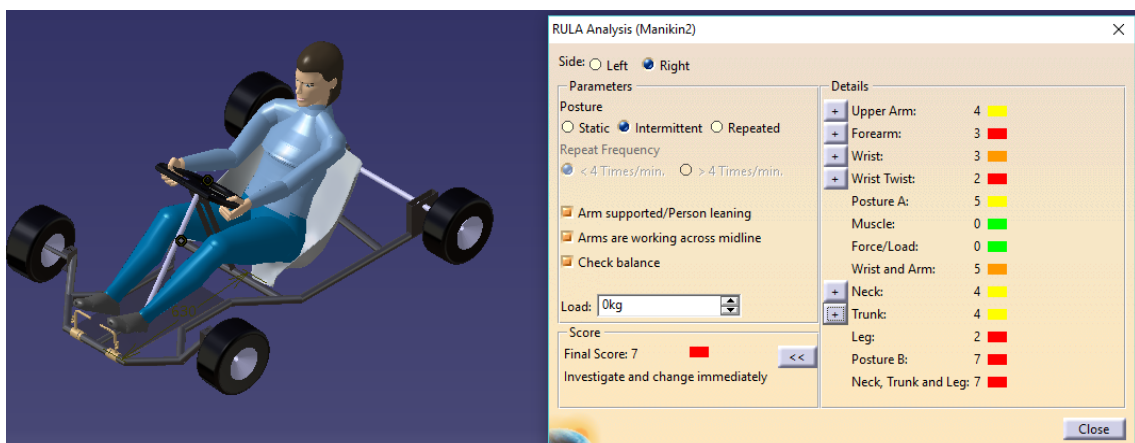


Figura 17 - Percentil 5% feminino.

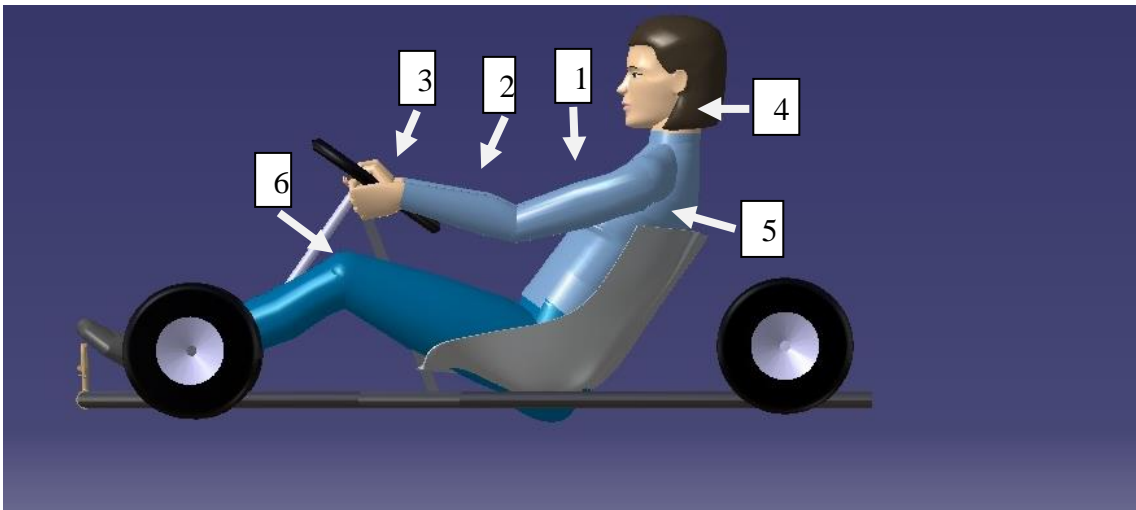


Figura 18 - Vista lateral para manequim percentil 5% feminino.

O braço (1) do manequim mostrou um índice 4, superior ao caso anterior, este manequim demonstra uma maior extensão dos membros superiores para conseguir efetuar o manuseio do volante. Este fato traz desconforto e diminui a possibilidade de grande movimento do braço. A elevação dos ombros e abdução estava ligada para esta análise, mas estes movimentos são um pouco restritos devido à grande extensão do braço.

O antebraço (2) que possui uma escala até 3 e ganhou índice 3, esta posição traz desconforto para o uso do veículo e requer ajustes. A manequim possui baixa estatura, o pequeno alcance dos membros superiores traz um desconforto maior para o antebraço de ficar tensionado o tempo todo.

O punho (3) não demonstrou estar na posição mais adequada obteve índice 3, em uma escala que vai até 4. O pequeno alcance dos membros superiores dificulta qualquer movimento, flexão ou extensão, do manequim a fim encontrar uma posição mais adequada.

O pescoço (4) do manequim demonstrou um nível intermediário, 4, mas este é devido a uma maior flexão do pescoço que é necessária para visualizar o horizonte. O manequim 50% masculino demonstrou menos dificuldade, mas a curvatura do assento acentua a dificuldade de um manequim de estatura inferior.

O tronco (5) do manequim ganhou um nível 4, a escala possui um máximo de 6. A curvatura do assento para um manequim de baixa estatura desfavorece o

conforto. Para encontrar uma posição adequada para dirigir a curvatura das costas e do pescoço prejudicam o conforto.

As pernas (6) ganharam um índice 2. A grande extensão dos membros para alcançar os pedais causa desconforto. Essa grande extensão reduzir capacidade de operar e em grandes períodos causam grandes desconfortos.

#### 4.1.3 PERCENTIL 95% MASCULINO.

O manequim 95% masculino, figura 19, possui elevada estatura, desta forma a grande dificuldade é o espaço que para este porte é pequeno. O índice geral alcançado foi 7 o que requer grande atenção. O pequeno espaço para esse porte requer adequações para o posicionamento, por exemplo a rotação das pernas que fazem um ângulo para o posicionamento.

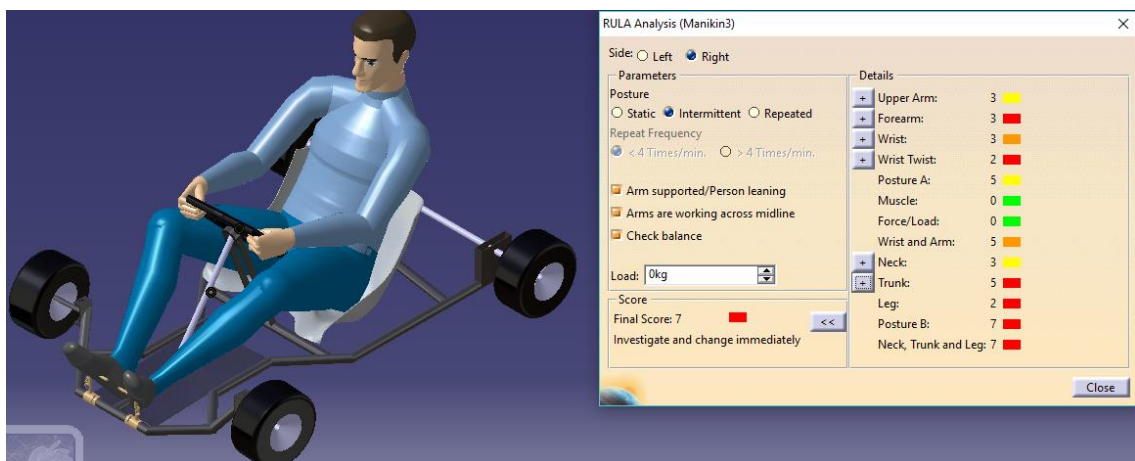


Figura 19 - Percentil 95% masculino.

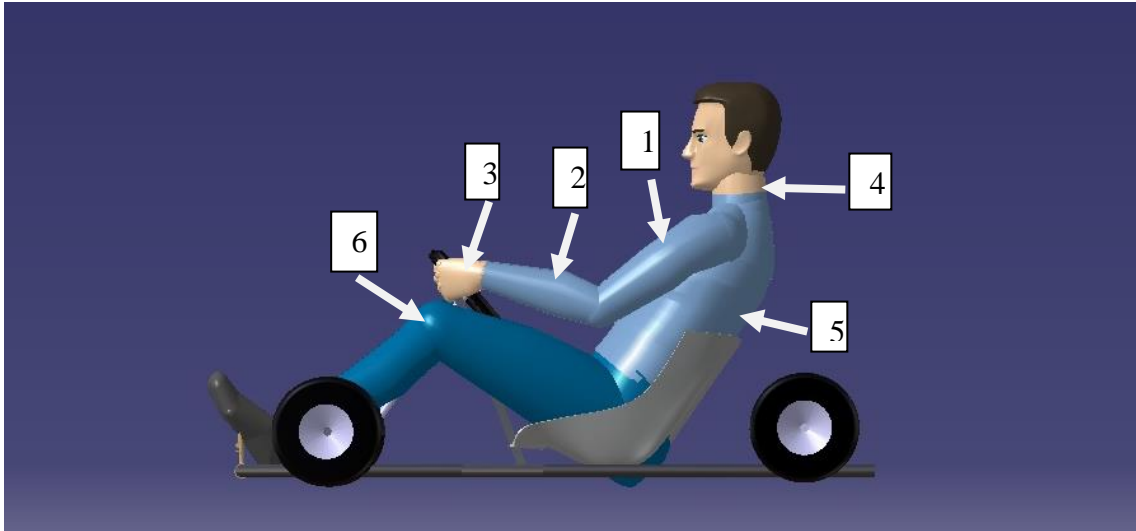


Figura 20 - Vista lateral para manequim 95% masculino.

O braço (1) do manequim ganhou um índice 3, na escala de 6. Os movimentos não são prejudicados, a extensão dos membros permite ao manequim realizá-los sem dificuldades. O desconforto só será apresentado com o tempo.

O antebraço (2) demonstrou nível máximo, 3. A proximidade com o volante pode limitar a posição para efetuar um giro do volante de forma adequada. Este requer grande atenção e modificação para um conforto melhor do usuário.

O punho (3) ganhou um nível 3, a escala chegar a 4. O punho do manequim é rotacional para pegar de forma adequada o volante. Isto o impossibilita de usar sua força corretamente para os movimentos no volante.

O pescoço (4) ganhou índice 3 de 6. O manequim possui grande estatura, desta forma o ângulo necessário, em cada segmento do pescoço, é menor que o caso da percentil 5% feminino. Isto traz uma posição melhor e exige um menor esforço.

No tronco (5), o índice foi de 5 de 6. Isto ocorre devido a flexão dos segmentos da coluna, a procura por uma posição mais baixa que favoreça os braços no movimento do volante pode ser responsável.

As pernas (6) ganham índice 2. Os movimentos são prejudicados devido ao curto espaço para operação, o membro deve sofrer rotação para se adequar ao pequeno espaço. Isto traz dificuldade de operação e desconforto.



## 4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Foi aplicado o questionário, em anexo, para pilotos amadores. Estes participavam de uma competição. Para se obter uma resposta de pessoas experiente e que pilotaram recentemente um kart o questionário foi respondido após a bateria.

### 4.2.1 ANÁLISE SUBJETIVO DE PILOTOS

A tabela 2 mostra os pilotos com suas alturas, pesos e percentis relacionados. Os pilotos participaram da 2<sup>o</sup> etapa da GRK Speed Challenge. Os questionários foram respondidos após a última bateria.

As tabelas 3 e 4 mostram os parâmetros dos pilotos e suas respectivas respostas.

Os pilotos que responderam ao questionário participaram de uma prova onde foram disputadas 3 corridas de 30 minutos. Os pilotos foram escolhidos de uma forma aleatória. Eles possuíam alturas variadas (1,69m; 1,85m; 1,78m; 1,88m; 1,78m) e pesos variados, respectivamente (69kg, 89kg, 88kg, 80kg, 88kg). As médias, de altura e peso, dos pilotos são de 1,79m e 82,8kg respectivamente.

Tabela 2 - Pilotos com altura, peso e percentis relacionados.

Pilotos	Altura (m)	Peso (Kg)	Percentil
Piloto 1	1,69	69	16%
Piloto 2	1,78	89	64%
Piloto 3	1,85	88	92%
Piloto 4	1,78	88	64%
Piloto 5	1,88	80	97%

Foi perguntado sobre o espaço para pedais, volante e assento, para observar se a altura deste refletiam em incômodos. A média das repostas foi 3,6 para o piloto médio, 179m e 82,8kg, não é o ideal, mas não é um ponto muito crítico. Um dos

pilotos indicou nível 7 por achar o acesso difícil devido ao seu perfil corpóreo este possuía 1,78m e 88kg.

Tabela 3 - A tabela de dados dos pilotos e suas respostas aos questionários

Pilotos	Pedal	Volante	Assento	Temp.	Vibração
1	2	2	3	1	1
2	6	3	4	7	7
3	1	1	4	6	6
4	7	1	3	5	5
5	2	2	2	4	3
Média	3,6	1,8	3,2	4,6	4,4

Tabela 4 - A tabela de dados dos pilotos respostas sobre conforto.

Piloto	Esp.Assento	Inclinação	Pos. Braço	Pos. Perna	Pos. Pés
1	1	1	3	2	3
2	1	5	5	4	4
3	4	1	1	1	1
4	1	1	6	6	5
5	1	1	4	2	2
Média	1,6	1,8	3,6	3	3

O acesso ao volante teve uma média de 1,8 o que demonstra que para o piloto médio a posição do volante não é de difícil acesso.

O assento recebeu 3,2 de média o que demonstra que este não é o ideal, mas não se mostra tão grave. Este quesito teve uma contribuição dos pilotos. Estes informaram que para obter performance o assento deveria ser o mais justo possível. Assim, o conforto neste quesito confronta o desempenho.

O conforto diretamente foi questionado. O espaço do assento é adequado? A inclinação do assento é boa? A posição dos braços agrada? A posição das pernas e dos pés incomoda?

O espaço do assento obteve 1,6 os pilotos preferiam assentos justos para auxiliar no desempenho. A inclinação do assento ganhou 1,8 o que mostra pouco desconforto em relação a este quesito. A posição dos braços obteve 3,6. Esta é desconfortável, principalmente, durante um longo período permanecendo nesta

posição. A posição das pernas ganhou 3 o que mostra que a posição desta não é a ideal e que em longos períodos apresentam desconforto. Os pés ganharam 3 devido ao grande trabalho mostra um pequeno desconforto.

Os parâmetros físicos, temperatura e vibração, também foram questionados. Para temperatura a média foi de 4,6 a proximidade com e, principalmente, o todo o traje necessário para um piloto influenciarão no quesito. A vibração recebeu média de 4,4. O kart não possui elemento de amortecimento assim toda vibração do motor é transmitida, as irregularidades na pista também contribuem.

#### 4.2.2 – ANÁLISE DE VOLUNTÁRIOS NÃO EXPERIENTES

Foram escolhidos alguns alunos da Universidade de Brasília – Campus Gama. Estes teriam a oportunidade de sentar no em kart e responder o questionário, em anexo, para avaliar o conforto do veículo. Os alunos tiveram um período para fazerem suas avaliações e em seguida foram tiradas algumas medidas antropométricas indicadas na figura 21.

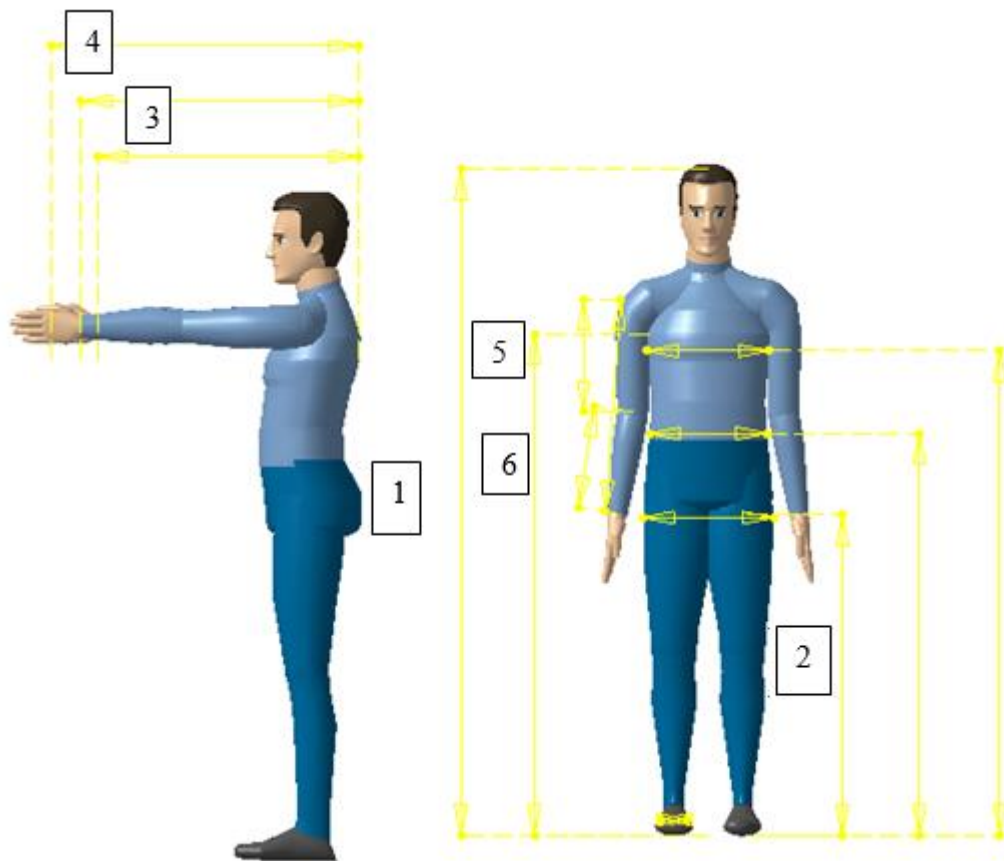


Figura 21 - Ilustração de cotas antropométricas.

A tabela 5 mostra os dados dos voluntários, altura, peso e percentil.

Tabela 5 - Voluntários e suas alturas, pesos e percentis.

Voluntario	Estatura (1) (m)	Peso (Kg)	Percentil
1	1,82	91	83%
2	1,82	70	83%
3	1,58	52	13%
4	1,84	76	89%
5	1,76	85	52%

A tabela 6 mostra alguns dados antropométricos dos voluntários. Estes dados são medidas de segmentos do corpo como braço, antebraço, altura até a pelve. Estes dados são importantes para entender as proporções corpóreas.

Tabela 6 - Tabela antropométrica, medida de segmentos

Voluntário	Chão a pelve (2)	Costas ao pulso (3)	Costas a palma (4)	Braço (5)	Antebraço (6)
1	90	85	74	46	39
2	96	81	70	46	35
3	81	66	58	34	32
4	97	85	69	46	39
5	92	69	64	41	37

A tabela 7 mostra as notas dadas aos acessos dos comandos e assento. A média dos voluntários responderam com uma boa nota, 1, para o pedal. Apenas um, voluntário 3, deu nota 7, devido à baixa estatura este teve dificuldade para alcançar. A figura 4.9 ilustra a dificuldade ao acesso.

O volante obteve 2,6 de média, isto indica que o volante não é grande problema para os usuários, novamente o voluntário 3 indicou a nota mais desfavorável, 4. O acesso ao assento também não representa uma grande dificuldade aos usuários, média 2. O assento teve pouca variação entre os voluntários, assim este é satisfatório a todos.

Tabela 7 - Respostas dos voluntários para acesso a pedal, volante e assento.

Voluntário	Pedal	Volante	Assento
1	1	3	2
2	1	2	2
3	7	4	3
4	1	3	2
5	1	1	1
Média	2,2	2,6	2

A tabela 8 mostra as respostas para espaço e inclinação do assento e posição dos braços, pernas e pés. O espaço do assento recebeu nota 2,2 de média, mostra que para o perfil corpóreo dos voluntários o banco é adequado. A inclinação

do assento obteve uma média de 2,4. Os voluntários indicaram uma nota satisfatória, a posição adequada para inclinação diminui a flexão que o piloto deve fazer para manter os olhos no horizonte. A voluntária número 3 foi a maior nota, 4, esta deve ter enfrentado dificuldade devida a baixa estatura. 1

A posição para os braços obteve média 3, isto indica pequeno desconforto. A voluntária 3 indicou 6 em sua avaliação, a grande extensão em seu braço para segura o volante pode ser a causa deste desconforto.

A posição das pernas 2,2 esta obteve uma nota baixa. Os voluntários fizeram um teste estático, isto auxilia a nota pois as pernas possuem grande extensão na posição para pilotar. A variação das notas foi pequena, a voluntária 3 teve a maior dificuldade e avalio com 6.

Os pés receberam nota 2,6 como média. A voluntária 3 demonstrou o maior desconforto, nota 7, o pouco contato com o pedal e necessidade de grande extensão são fatores que pode auxiliar nesta constatação.

Tabela 8 - Espaço do assento, inclinação, posição dos braços, pernas e pés

Voluntário	Esp. Assento	Inclinação	Pos. braços	Pos. pernas	Pos. pés
1	1	2	2	2	3
2	3	2	2	1	1
3	2	4	6	6	7
4	4	3	4	1	1
5	1	1	1	1	1
Média	2,2	2,4	3	2,2	2,6

Será apresentada uma ilustração dos voluntários no kart e, em seguida, seu manequim correspondente com a análise RULA.



Figura 22 - Voluntário 1.

A análise RULA para o manequim do voluntário 1 mostra índice geral 7, isto indica que medidas devem ser tomadas. A área principal de desconforto são braços e antebraços, as pernas indicam um bom índice, 1, a extensão dos braços indicam um desconforto moderado que merece atenção. O tronco chama a atenção a inclinação deste pode ser excessiva. A análise para o voluntário 2 é semelhante pois ambos possuem a mesma estatura.

Os voluntários 1 e 2 mostraram valores parecidos no questionário subjetivo. A inclinação do assento e a posição dos braços ganharam notas iguais, 2. A posição dos pés teve maior atenção do número 1 e o espaço do assento teve para o número 2. Ambos não escolheram altos índices para os quesitos, a posição não os incomodaria muito durante o período em que experimentaram o kart.



Figura 23 - Manequim referente ao voluntário 1.



Figura 24 - Voluntário 2.

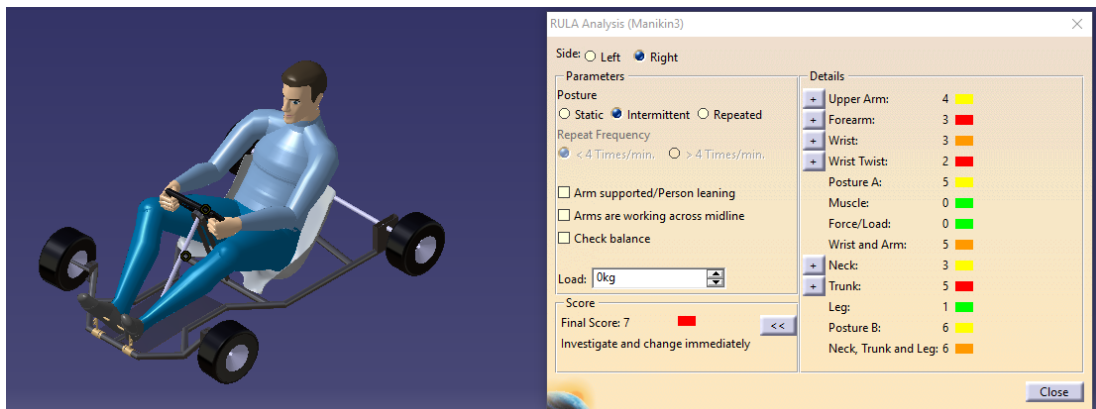


Figura 25 - Manequim referente ao voluntário 2.



A análise RULA para o manequim do voluntário 2 mostra índice geral 7, medidas devem ser tomadas para um melhor ajuste. Os braços e antebraços mostra índices intermediários, as pernas indicam um bom índice, 1, a extensão dos braços indicam um desconforto moderado. O tronco chama a atenção a inclinação deste pode ser excessiva.

A análise do questionário do voluntário 2 mostra que o espaço do assento foi o item de maior atenção, o quesito posição das pernas confirmou o bom índice.



Figura 26 - Voluntário 3.

A análise RULA para a manequim do voluntário 3 mostra um índice geral 7. Os membros superiores mostram altos níveis, a extensão excessiva para alcançar o volante pode ser o fator principal. O tronco e pescoço também mostraram índices intermediários, a baixa estatura faz a necessidade flexionar mais cada segmento do tronco e pescoço para manter o olhar no horizonte.

O questionário subjetivo respondido por este voluntário mostra que a posição é desconfortável. A posição dos braços ganhou alto índice, este quase não possui flexão e apresenta-se praticamente reto.

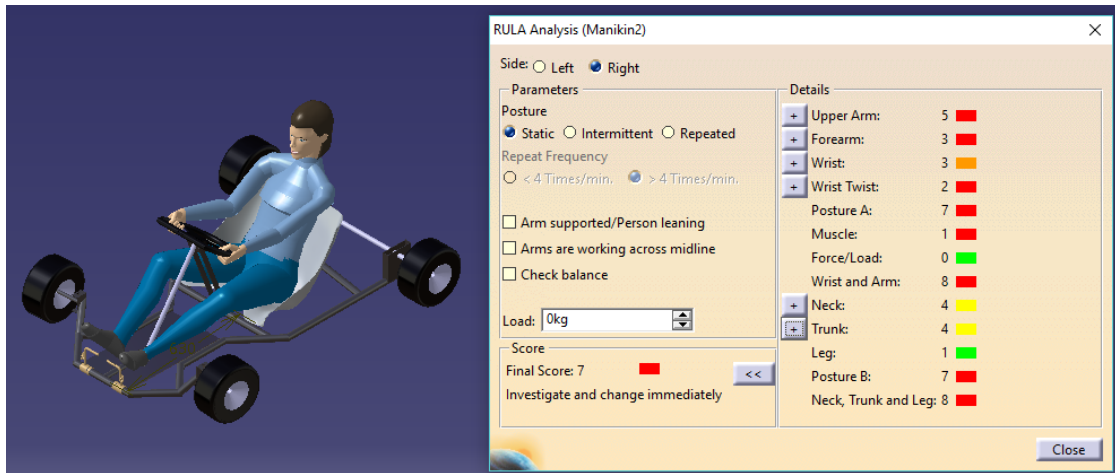


Figura 27 - Manequim referente a voluntário 3.



Figura 28 - Voluntário 4.

A análise RULA para o manequim do voluntário 4 mostra o braço com ponto mais crítico, 4. Os membros superiores de uma maneira geral mostram uma maior necessidade de atenção. Este manequim é apenas 2 cm maior que os voluntários 1 e 2, desta forma os problemas nos braços são semelhantes.

A resposta ao questionário subjetivo deste voluntário mostra uma atenção quanto a posição do braço. As pernas obtiveram notas baixas, a inclinação do tronco também mostrou uma nota intermediária

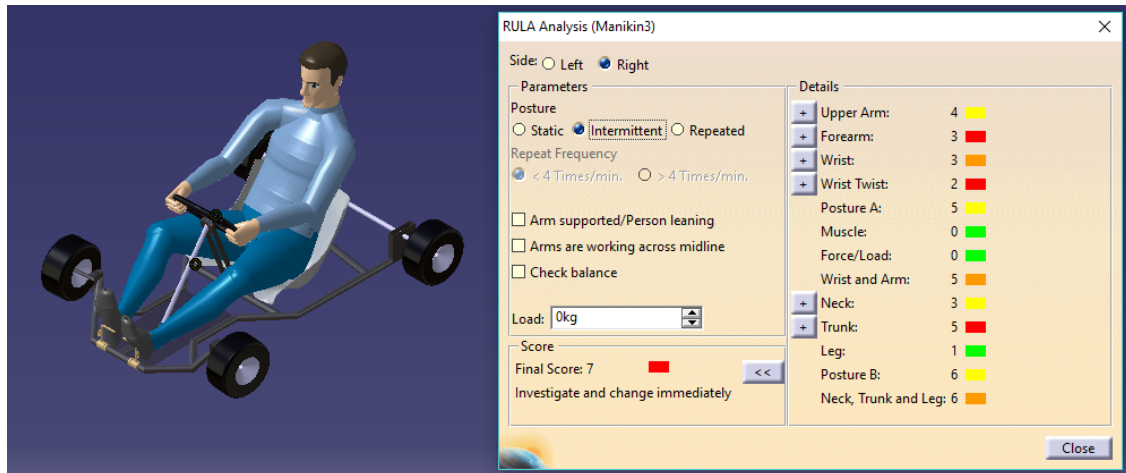


Figura 29 - Manequim referente ao voluntário 4.



Figura 30 - Voluntário 5.

A análise RULA do manequim do voluntário 5 mostra um índice geral 7. Os braços estão indicando valores intermediários, desta forma modificações são recomendadas para se oferecer algo perto do ideal. O tronco mostra um índice elevado também a inclinação do assento não é adequada para o manequim.

O questionário subjetivo mostra que a experiência para este voluntário foi adequada. Este não se mostrou incomodado com a posição, o pequeno tempo pode ter ajudado ao voluntário. Este possui uma estatura mais adequada para o veículo, alcança com facilidade os pedais e o volante.

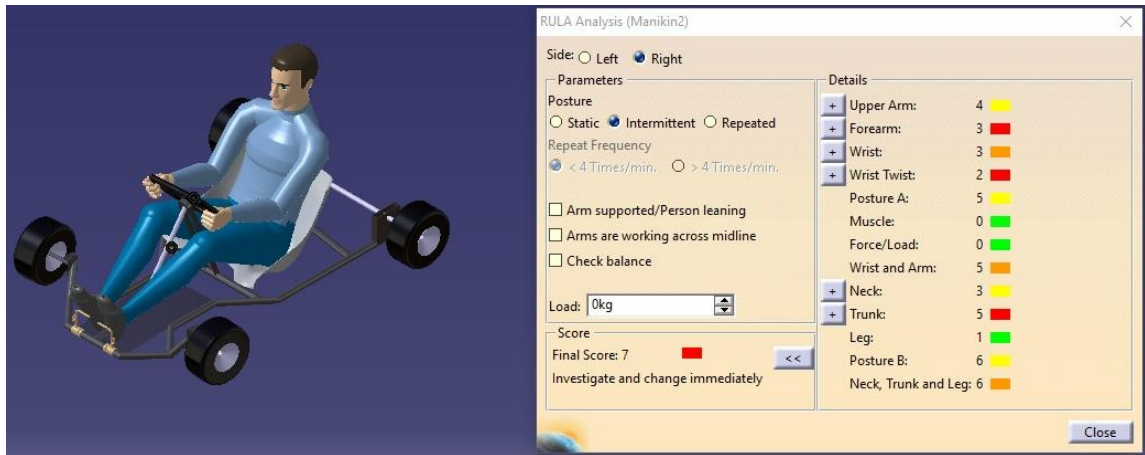


Figura 31 - Manequim referente ao voluntário 5.

### 4.3 ANÁLISE ENTRE SIMULAÇÃO E QUESTIONÁRIOS

De maneira geral, o resultado foi o esperado. Os pilotos de estatura mediana e os manequins 50% masculino demonstraram estar mais confortáveis. Os pilotos de grande estatura conseguem manusear todos os comandos, pedais e volante, mas alguns movimentos são prejudicados devido ao posicionamento que seus membros são obrigados a ficar. Na competição, não havia pilotos femininas que se aproximassem da manequim 5% feminino, mas os resultados, provavelmente, não divergiriam dos apresentados da simulação virtual. Pessoas de pequenas estaturas teriam dificuldade de usar os pedais em toda sua extensão e girar totalmente o volante.

O piloto 5, com 1,88m de estatura, relatou que fez uma extensão em seu chassi para um conforto melhor e utilizar melhor os pedais, pois as pernas deveriam ficar abertas para não acionar acidentalmente algum pedal.

A análise dos questionários dos voluntários mostra uma atenção maior para a posição do braço, média 3. A posição das pernas teve uma nota pouco inferior, média 2,2. De uma maneira geral, o ponto mais crítico da simulação virtual foram os braços para os manequins representando os voluntários, esses resultados foram representados nos questionários, não com a mesma intensidade, mas o foco de desconforto foi coerente entre simulação virtual e a sensação dos voluntários.

## 5 CONCLUSÃO

O conforto é um elemento importante para qualquer atividade em que o homem está presente. Este afeta diretamente o desempenho. Uma atividade como a pilotagem, que é um ambiente competitivo e estressante, diminui-se o conforto pensando em desempenho, mas em alguns casos todo esse sacrifício não é necessário.

O kart se mostrou um veículo altamente desconfortável. A prática durante um longo período de tempo provoca uma sensação de desconforto. Pequenos ajustes poderiam ser feitos para diminuir essa sensação de desconforto. Sem alterações na altura do centro de gravidade do veículo é possível criar ajustes no assento para que esse possa se aproximar dos pedais e volante. Este ajuste proporciona um ajuste adequado para pessoas com baixas estaturas. A profundidade de pedais e volante ajudaria a pessoas de elevada estatura a se adequar melhor ao veículo. A elevação do assento, devido à natureza do carro, não é bem aplicada, mas poderia ser uma boa prática.

O presente estudo é inicial para estudos de conforto em veículos destinados ao automobilismo, devido a limitações o estudo não abrange todas as áreas que compõem o conforto. Temperatura e vibração são parâmetros que fazem parte da sensação de conforto. Para captar estes parâmetros seria necessário ensaio em movimento e equipar piloto e kart com termômetro e acelerômetros. Assim, este estudo tem o objetivo de motivar trabalhos futuros e serve como ponto de partida para estudos mais profundos e abrangentes.

## 6. BIBLIOGRAFIA

BERNADO, D. C. NASCIMENTO, João Paulo de B. Silveira, Patrícia R. O estudo da ergonomia e seus benefícios no ambiente de trabalho: uma pesquisa bibliográfica. 2012.

CATIA ONLINE DOCUMENTATION. Disponível em <[http://maruf.ca/files/catiahelp/CATIA\\_P3\\_default.htm](http://maruf.ca/files/catiahelp/CATIA_P3_default.htm)> acessado em 30 de março de 2017.

CBA - Regulamento para homologação de componentes para kart. CBA. 2013.

CINESIOMAUA, óssos do quadril. Disponível em <<http://cinesiomaua.blogspot.com.br/2013/11/quadril.html>> acessado em 28 de março de 2017.

DIFFRIENT, N. et al. Human Scale: Seating guide. 1985.

FIA.- 2008 FORMULA ONE TECHNICAL REGULATIONS. FIA. 2008

GOOSSENS, RH, SNIDJERS CJ, Roelofs JY, van Buchem F. Free shoulder space requirements in the design of hih backrest. 2003.

IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. São paulo: Edgard Blucher, 1997.

MAGALHÃES, M. C. Avaliação de Conforto em assentos aeronáuticos. 2009.

MARQUES, N. R. HALLAL, C. Z. GONÇALVES, M.. Características biomecânicas, ergonômicas e clínicas da postura sentada: uma revisão. 2010.

MIRANDA, M. R., Recomendações ergonômicas para o cockpit da aeronave de treinamento LS&T. 2004

RACECAR-ENGINEERING, novas regras para chassis LMP1. <<http://www.racecar-engineering.com/news/new-chassis-rules-for-lmp1-in-2017/>>. Acessado em 20 de março de 2017.

RIBEIRO, W. A.. Projeto Gnu do cerrado kart-cross: Descrição, Ergonomia e Análise Estrutural. 2014.

STOCK CAR, catálogo de peças e ficha de homologação. JL. 2017

VINK, P.. Comfort and design: principles and good practice.2005

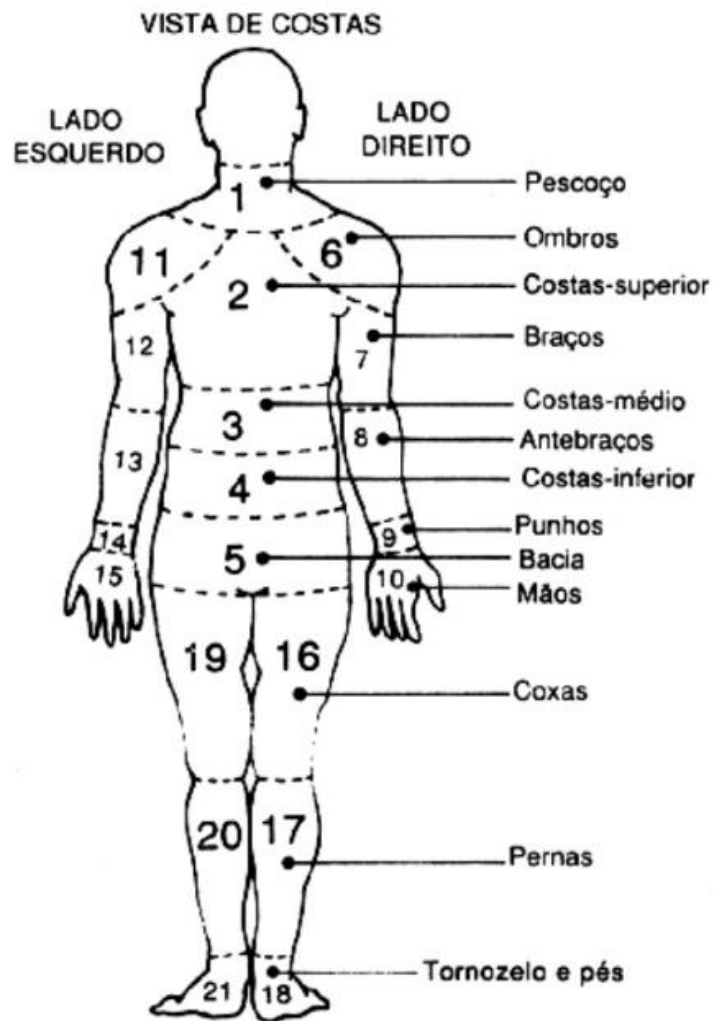
YOSHIDA, M. M. Estudo de parâmetros de conforto de poltronas de aeronaves executivas. 2009.

## ANEXOS

### ANEXO 1 QUESTIONÁRIO SUBJETIVO

Avaliação ergonômica de um kart							
Piloto:							
Duração da corrida:							
Altura:		Peso:			Data:		
Acesso (Mínimo: 1, Máximo: 7)							
Pedais	1	2	3	4	5	6	7
Volante	1	2	3	4	5	6	7
Assento	1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros físicos (Mínimo: 1, Máximo: 7)							
Temperatura	1	2	3	4	5	6	7
Vibração	1	2	3	4	5	6	7
Conforto (Mínimo: 1, Máximo: 7)							
Espaço do assento	1	2	3	4	5	6	7
Inclinação do assento	1	2	3	4	5	6	7
Posição dos braços	1	2	3	4	5	6	7
Posição das pernas	1	2	3	4	5	6	7
Posição dos pés	1	2	3	4	5	6	7
Comentários gerais							

Mapa corporal: Aqui você deve indicar o local do desconforto.





## ANEXO 2 - TCLE

### Termo de Consentimento livre e Esclarecido – TCLE

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto “ANÁLISE ERGONÔMICA DE UM KART”.

O objetivo é a avaliação ergonômica de um kart através de questionários, aplicados a usuários, e simulação virtual com software (CATIA V5). O conforto será avaliado através das experiências dos usuários, estes relataram o tamanho do desconforto em uma escala numérica de 1 a 7, a simulação virtual ocorrerá com manequins que buscam representar padrões antropométricos. Os resultados serão comparados para avaliar sua correlação.

Vale ressaltar que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação na pesquisa. Você também não receberá nenhuma cobrança pela participação neste estudo. A qualquer momento, caso se sinta desconfortável, você poderá desistir da pesquisa, sem nenhum prejuízo para o (a) senhor (a).

Todos os dados coletados serão usados para fins acadêmicos e poderá ser informado sobre o andamento do estudo.

Pesquisador:

---

Colaborador:

---

Brasília, \_\_\_\_ de abril de 2017.

### ANEXO 3 TABELA ANTROPOMÉTRICA

Questionário – avaliação antropométrica.

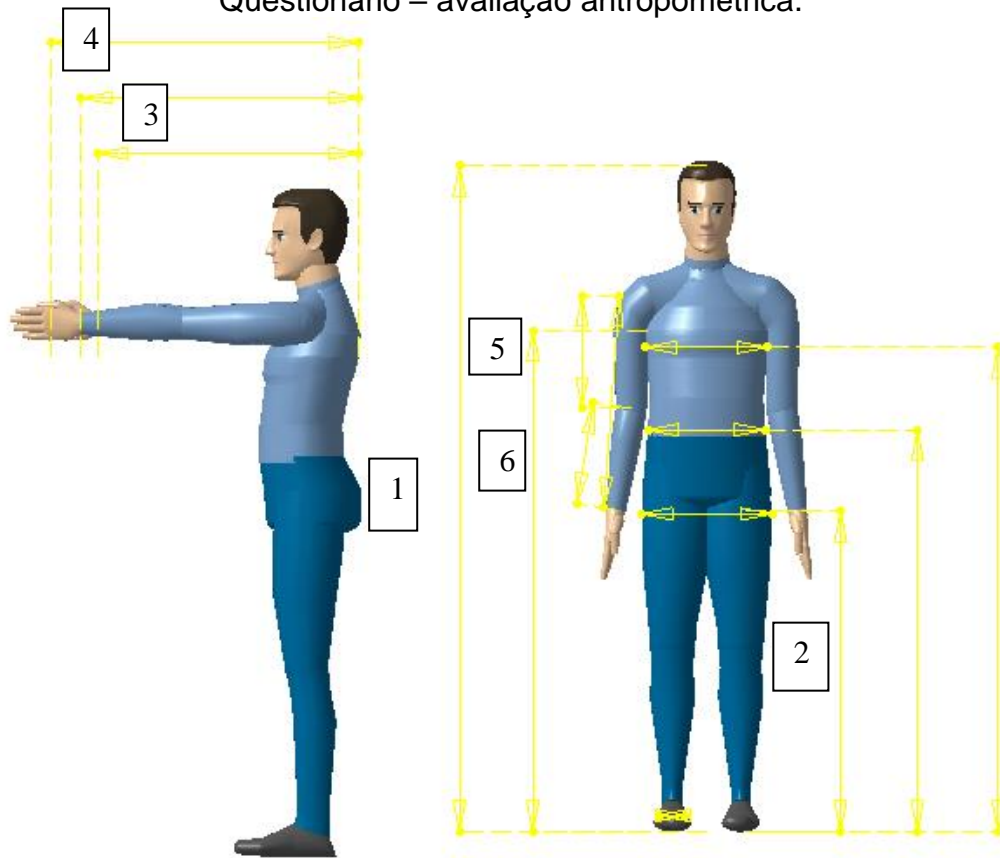


Tabela – colaborador x medidas

Cidade ou Município	Colab. 1	Colab. 2	Colab. 3	Colab. 4	Colab. 5
Estatura - 1					
Chão a pelve - 2					
Costa a pulso - 3					
Costas a palma - 4					
Braço - 5					
Antebraço - 6					
Peso - 7					