

Dispositivo mecânico que reduz esforços biomecânicos no deslocamento de cadeiras de rodas através de propulsão por alavancas

Alisson Alves Sarmiento

Bianca Bertagnoli Dos Santos

Eduardo Escalera Calza

Pedro Sicoli Pacheco

Renan Luigi Nicola

Instituto Mauá de Tecnologia - Praça Mauá, 1 - Mauá, São Caetano do Sul - SP, 09580-900

alisson.sarmiento@maua.br, bia.bertagnoli@gmail.com, edu.calza@hotmail.com, pedro.sicoli@hotmail.com, relunic@hotmail.com,

Resumo. O projeto tem o objetivo de oferecer um novo método de propulsão para cadeiras de rodas a partir de alavancas, auxiliando o usuário com uma atividade mais ergonômica e eficiente, e também tornando-o acessível para que todas as pessoas possam adquirir. O produto tem como princípio a geração de torque na roda traseira a partir de uma relação de transmissão por correntes e uma alavanca. O método convencional utilizado de propulsão pelos aros é totalmente prejudicial para o usuário, uma vez que a biomecânica dos membros superiores não foi criada para suportar tais esforços, fazendo com que ocorra sobrecargas nas articulações, principalmente nos ombros, punhos e mãos. Além do desenvolvimento do dispositivo, foi também estudado a cadeira de rodas a ser utilizada a fim de ter uma praticidade e um custo-benefício maiores. Após a conclusão do protótipo, foram realizados testes que permitiram observar a manutenção da velocidade igual a cadeira de rodas de propulsão convencional, a funcionalidade dos freios em aclives/declives e acessibilidade criada a partir de alguns mecanismos como manípulo ajustável, freio a disco e alavanca telescópica.

Palavras chave: Cadeira de rodas, dispositivo mecânico, biomecânica, mobilidade.

1. INTRODUÇÃO

Um estudo da faculdade de *Vrije Universiteit Amsterdam*, Universidade da Holanda, mostra que 90% dos cadeirantes utilizam cadeiras de rodas com acionamento manual (Van Der Woude Et al., 2001) e o uso diário traz consequências a saúde do usuário, segundo estudos epidemiológicos mostram que entre 31% e 73% dos cadeirantes possuem dores nos ombros (Mercer Et al., 2006) e outro estudo realizado pela (Sie Et al., 1992) exibe que 64% dos indivíduos com paraplegia sentem dores em membros superiores ao utilizar cadeira de rodas, sendo o ombro o mais atingido com 32%.

No âmbito nacional não existem dados antropométricos para direcionar a produção de cadeira de rodas, mesmo nas normas da ABNT referente a cadeira de rodas, apenas é definido os elementos básicos de uma cadeira de rodas para os diferentes tipos de propulsão, seja manual, motorizada ou outro tipo. Sabe-se que o levantamento de dados antropométricos é fundamental para estudos ergonômicos, e fornecem subsídios importantes para avaliar e dimensionar equipamentos (SILVA, Et al., 2006).

Dado isso, a opção para um cadeirante que quer ter sua liberdade e independência em se locomover e não ter sua saúde prejudicada, se restringe ao uso de cadeira de rodas elétrica ou algum mecanismo alternativo que contribua para a melhoria e acessibilidade do usuário.

A dissertação realizada por (Silva, 2009) organiza informações e resultados de dados obtidos em cima de testes em cadeira de rodas convencionais, faz uma revisão de patentes já criadas para solucionar o problema de propulsão alternativo para cadeira de rodas e elabora uma proposta de um mecanismo alternativo que seja fácil, simples e que não seja um produto com valor incompatível ao mercado.

O propósito do estudo em questão foi criar um dispositivo portátil que acople em uma cadeira de rodas existente, e que seja capaz de auxiliar o cadeirante na locomoção, propiciando maior acessibilidade e ergonomia durante a movimentação. A propulsão será realizada a partir de alavancas, que geram torque nas rodas traseiras e permitem que o sistema se movimente. Um dos critérios importantes é fazer com que este elemento seja acessível à população, com um preço coerente e disponibilidade na praça.

Olhando para o mercado atual, são encontradas somente cadeiras com esse método de propulsão no mercado internacional e com um preço mínimo de R\$10.000,00. Esse valor pode ser até dez vezes maior que o do modelo mais simples do método convencional por aros, sem considerar taxas de importação e demais impostos.

Em suma, identificando o potencial de projeto, tanto técnico como comercial, concluiu-se que seria um caminho interessante para desenvolver dentro do mercado nacional.

2. METODOLOGIA

O estudo de Shigley e Mischke (1996) sobre *Machine design*, aborda o tema de ergonomia sob diversas perspectivas e situações para o usuário. Em um dos tópicos, os autores tratam sobre a quantidade de força que uma pessoa consegue aplicar estando sentado e empurrando ou puxando uma barra, com o braço em diferentes posições e tipos de aplicações.

Tendo como base estudos que definiram um range de força que as pessoas são capazes de empurrar uma barra sentadas, abaixo realizamos um memorial de cálculo para definir a força necessária para o estudo em questão.

2.1. Análise de desempenho na Propulsão através das alavancas

Para poder quantificar o quanto o usuário de cadeira de rodas precisa aplicar de força foi-se necessário realizar o equacionamento do novo método de propulsão e comparar com o método convencional. E de maneira analítica provar que o desempenho será melhor ou então próximo ao valor que é obtido com a propulsão através dos aros.

A partir da força aplicada pela mão do usuário e o braço da alavanca, é encontrado o torque gerado pela mão do usuário, como mostrado na equação (1.1).

$$T_{alavanca} = F_{alavanca} * L \quad (1.1)$$

Saindo da alavanca e observando a primeira roda dentada, é visto que o torque na coroa é definido pela força na coroa, caracterizada pelo contato com a corrente, e o raio dela.

$$T_{coroa} = F_{coroa} * r_{coroa} \quad (1.2)$$

Por estarem conectados ao mesmo eixo, o torque gerado pela mão na alavanca e o torque na coroa são iguais. Assim, igualando as equações (1.1) e (1.2), tem-se o equacionamento abaixo.

$$F_{alavanca} * L = F_{coroa} * r_{coroa} \\ F_{alavanca} = \frac{F_{coroa} * r_{coroa}}{L} \quad (1.2)$$

Ao chegar na segunda roda dentada, é adotada a mesma avaliação realizada na coroa anteriormente. A força existente entre a catraca e a corrente relacionada com o raio da catraca, gera o torque existente na catraca, como visto na equação (1.2).

$$T_{catraca} = F_{catraca} * r_{catraca} \quad (1.3)$$

Sabendo que as forças provenientes do contato com a corrente são iguais, conclui-se que a força na catraca e a força na coroa são equivalentes. Portanto, substituindo a equação (1.3) na (1.2), é obtida a equação a seguir.

$$F_{alavanca} = \frac{T_{catraca} * r_{coroa}}{L * r_{catraca}} \\ F_{alavanca} = \frac{T_{catraca} * i}{L} \quad (1.4)$$

Como a catraca está conectada no mesmo eixo da roda traseira, o torque nela será considerado o mesmo torque obtido no equacionamento feito anteriormente para o método de propulsão convencional através dos aros. Ao igualar o torque na roda e o trabalho realizado pelo usuário do método convencional, é garantido que se teria o mesmo desempenho na solução proposta.

O trabalho realizado pelo usuário será definido da mesma forma que o método convencional, multiplicando o torque na alavanca pelo comprimento, em radianos, do deslocamento da alavanca, como exibido na equação (1.5).

$$W_{alavanca} = F_{alavanca} * L * \varphi \quad (1.5)$$

O comprimento do deslocamento da alavanca foi desenvolvido a partir do posicionamento da barra, referente ao conjunto da cadeira. De acordo com a norma NBR 9050, a dimensão do antebraço de uma pessoa sentada em uma cadeira de rodas é de aproximadamente 0,25 m, e por isso a alavanca está nessa posição na fase inicial (repouso). Com a utilização do software de desenho em 3D, CATIA, foi possível determinar o ângulo de deslocamento no valor máximo de 30°, de modo que o usuário fique com o braço estendido, conforme Figura 1. Vale ressaltar também, como já comentado anteriormente, que ambas as posições estão ergonomicamente aceitas para essa atividade.

A partir de uma análise, foi definido que o comprimento máximo da alavanca será de 0,6 m, garantindo que essa dimensão estaria dentro da norma de acessibilidade para uma pessoa com deficiência física e usuária de cadeira de rodas. Sobretudo, de acordo com a variação de estatura das pessoas, será permitida através da implementação de uma alavanca telescópica para a regulagem da altura da alavanca e adaptação da melhor posição.

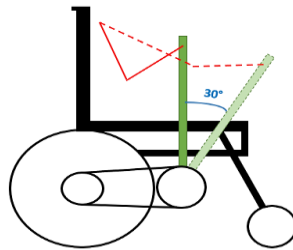


Figura 1. Deslocamento máximo da alavanca (Próprio Autor, 2020)

Diante disso, o comprimento da alavanca não será fixado para todos os cenários e para atingir o mesmo torque será necessário ampliar a aplicação de força, para compensar a redução do “braço” da alavanca. Portanto, quanto menor o “braço” maior será o esforço exigido do usuário.

Para manter exatamente o mesmo desempenho do método convencional, o torque e o trabalho obtido para propulsão através dos aros devem ser mantidos. Dessa forma, como nas equações (1.4) e (1.5), as únicas incógnitas serão a força na alavanca e a relação de transmissão das engrenagens. Assim, os resultados encontrados estão exibidos na Tabela 1. Conforme observado, para se ter o mesmo desempenho do método convencional é necessária uma relação de transmissão de 2,33 e consequentemente gerando uma ampliação de 6,57% da força aplicada na alavanca ao comparar com o método convencional.

Tabela 1. Resultados dos esforços para propulsão através de alavancas igualando ao torque e trabalho do método convencional (Próprio Autor, 2020)

	Homens	Mulheres	
Momento Aplicado (M0)	41,45	36,84	Nm
Força de Acionamento (F)	161,19	143,28	N
	16,43	14,61	kgf
Força na Mão (Fmão)	80,60	71,64	N
	8,22	7,30	kgf

As transmissões com correntes de rolos possuem um rendimento aproximado de 97% a 98%, porém serão desconsiderados nos cálculos devido a ter pouca influência no resultado final.

A fim de poder manipular a relação de transmissão, buscando a melhor opção existente no mercado, foi realizada outra análise igualando apenas o torque na roda traseira. Assim, variando a relação de transmissão com valores de 1 até 3, é obtido os valores mostrados na Tabela 2, comparando também se houve redução ou ampliação com o método convencional.

Tabela 2. Esforços e trabalho em função da relação de transmissão das engrenagens (Próprio Autor, 2020)

Relação	Força na Alavanca (N)		Trabalho realizado (J)	
	N	Comparação (%)	J	Comparação (%)
1,00	34,54	-118,00%	21,70	-133,33%
1,10	38,00	-98,18%	23,87	-112,12%
1,20	41,45	-81,66%	26,04	-94,44%
1,30	44,90	-67,69%	28,21	-79,49%
1,40	48,36	-55,71%	30,38	-66,67%
1,50	51,81	-45,33%	32,55	-55,56%
1,60	55,27	-36,25%	34,73	-45,83%
1,70	58,72	-28,23%	36,90	-37,25%
1,80	62,17	-21,11%	39,07	-29,63%
1,90	65,63	-14,74%	41,24	-22,81%
2,00	69,08	-9,00%	43,41	-16,67%
2,10	72,54	-3,81%	45,58	-11,11%
2,20	75,99	0,91%	47,75	-6,06%

2,30	79,45	5,22%	49,92	-1,45%
2,40	82,90	9,17%	52,09	2,78%
2,50	86,35	12,80%	54,26	6,67%
2,60	89,81	16,15%	56,43	10,26%
2,70	93,26	19,26%	58,60	13,58%
2,80	96,72	22,14%	60,77	16,67%
2,90	100,17	24,83%	62,94	19,54%
3,00	103,62	27,33%	65,11	22,22%

2.2. Seleção de Materiais

O componente escolhido para realizar uma minuciosa seleção de material foi a alavanca de propulsão, pois é o componente que realiza a transmissão de força do usuário para o dispositivo. O material a ser escolhido deve seguir dois parâmetros iniciais, uma barra essencialmente leve e resistente, ou seja, precisa ter uma baixa densidade ($m_{alavanca} = \pi \cdot R_{int}^2 \cdot L \cdot \rho_{alavanca}$) e uma tensão de escoamento ($\sigma = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot R^3}$) com um valor elevado.

Para auxiliar na escolha, foi utilizado o programa CES Edupack, na qual é possível indicar duas ou mais características e a partir de uma análise feita sobre o índice de mérito elencar o material que se enquadra melhor para a função desejada. O índice de mérito é uma formulação algébrica que expressa a relação de duas propriedades mecânicas. Com o valor do índice de mérito definido, é possível plotar o gráfico exibido na Figura 2 e traçar uma curva com inclinação correspondente para a seleção dos materiais, que apresentam a mesma relação peso x resistência.

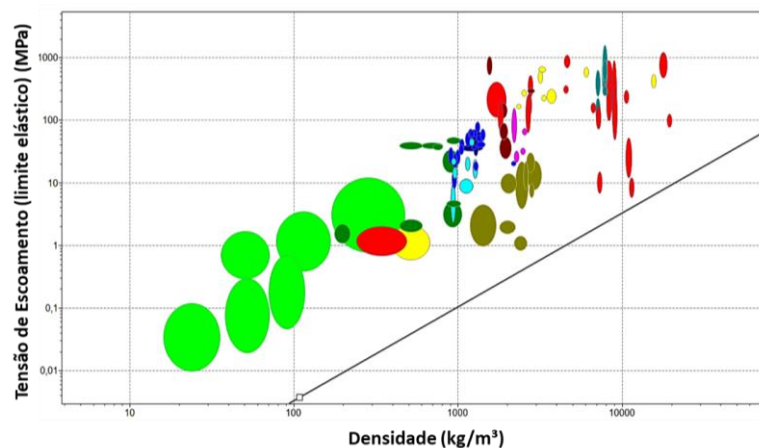


Figura 2. Tensão de resistência por densidade realizado no software CES Edupack (Software CES Edupack, 2020)

Para realizar um refino maior dos materiais, foi utilizada a rigidez como limite, ou seja, utilizar o módulo de elasticidade no valor mínimo de 50 GPa. Alguns materiais que tinham sido cogitados para a utilização no projeto, após o refino de rigidez mostraram-se ineficientes, como no caso do Bambu. Essa seleção pode ser vista na Figura 3.

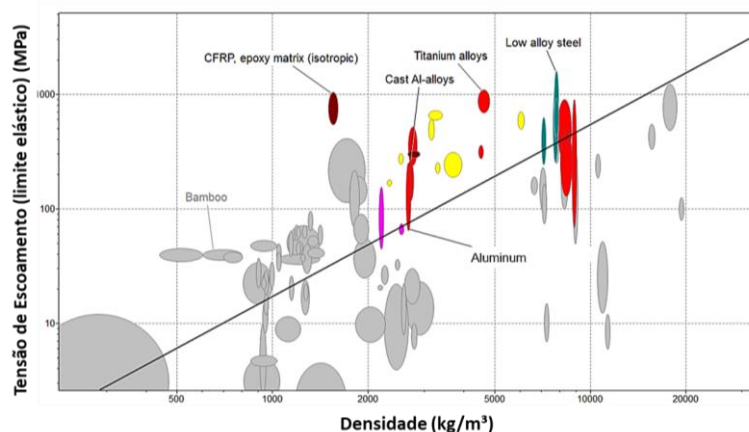


Figura 3. Utilização do índice de mérito para seleção do material (Software CES Edupack, 2020)

Com isso, foram selecionados alguns materiais para realizar uma matriz de decisão acrescentando mais uma variável importante para o projeto, o preço. Na Tabela 3 é possível analisar a matriz entre preço por massa.

Tabela 3. Matriz de decisão do custo de cada material (Software CES Edupack, 2020)

Material	Custo por peso (BRL/kg)
Fibra de Carbono	134 -148
Liga de Titânio	87,6 - 94,6
Alumínio	9,14 - 9,88
Aço de liga leve	3,13 - 3,36

Portanto, a melhor combinação analisando somente a tensão de resistência, peso e modulo de elasticidade é a fibra de carbono (CFRP, epoxy), porém analisando a matriz acima, é nítido a diferença do preço da Fibra de Carbono para as outras opções, então apesar do material possuir a melhor resistência em função do peso, possui um custo que inviabilizaria a proposta de fabricação de um produto de baixo custo. Dessa forma o material definido para confecção da alavanca telescópica se trata de um Alumínio de liga 6063-T5.

2.3. Simulação

Com a realização do dispositivo em softwares de desenho em 3D, memorial de cálculo feito para encontrar a força necessária para tal aplicação e posteriormente feita a escolha do material de cada peça, foi realizada a validação de parte do dispositivo por meio de simulações computacionais no software Ansys.

Para desenvolvimento da simulação, foram feitas algumas etapas anteriores, primeiro escolhido qual análise a ser realizada, do tipo estrutura estática, posteriormente a geometria passou por uma simplificação quanto aos itens que vão instalados na alavanca, ou seja, de forma que se observassem apenas os resultados diretamente na estrutura. E com a malha oficial para a geometria, foi feito um tratamento de refino para selecionar apenas elementos tetraédricos de ordem quadráticos, pois permite uma apropriada adaptação a geometria, e com cuidados proporciona uma boa representação do fenômeno físico.

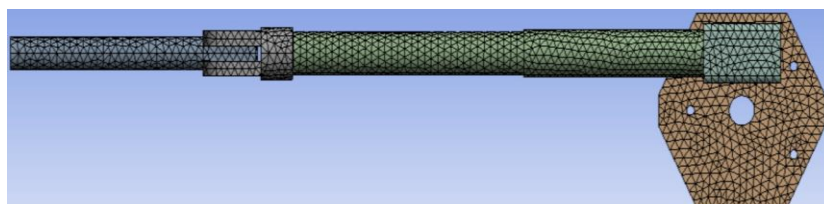


Figura 4. Simulação – Malha da geometria (Próprio autor, 2020)

A validação foi feita a partir do retorno dos valores de duas propriedades mecânicas imprescindíveis, tensão de escoamento e coeficiente de segurança. A deformação máxima observada na simulação é dada na extremidade da alavanca de propulsão, onde o usuário faz a pegada. Conforme visto na Figura 5, essa deformação é de 4,6623 mm.

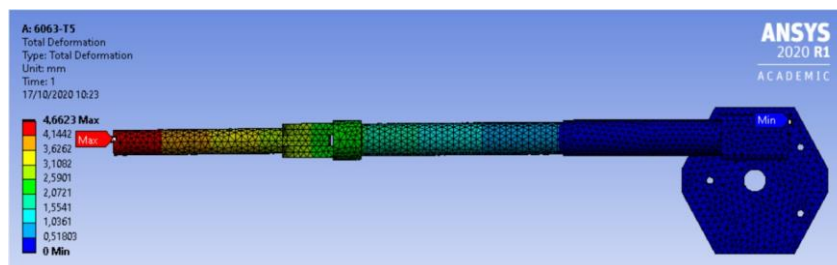


Figura 5. Simulação – Deformação total (Próprio autor, 2020)

Sabendo que o comprimento total da alavanca é de 600 mm, o valor resultante de deformação representa 0,78% desta medida, contando com uma representatividade muito baixa. Tendo em mente que este conjunto tem movimento oscilatório e não fixo, como a simulação busca para a condição mais crítica, para a aplicação real, esta deformação nunca deve atingir este valor.

A tensão atuante foi analisada pelo critério de Von-Mises, melhor aplicável a materiais dúcteis, como os metais envolvidos nesta análise, apresentando melhores resultados com dados experimentais e, desse modo, é geralmente mais utilizado nas validações estruturais. A tensão de von-Mises é, de forma geral, mais precisa que os demais critérios de falha, como Tresca e Rankine, principalmente para corpos dúcteis, onde as tensões de cisalhamento são fundamentais para determinação do escoamento (ou ruptura) do material.

O critério de resistência é portanto, uma comparação com a tensão obtida através do critério de Von-Mises (Tensão Atuante) com a tensão de escoamento do material. Esta comparação gera o coeficiente de segurança.

Mediante os requisitos de projeto impostos, deseja-se obter um coeficiente que garanta a segurança e que esteja alinhada com a otimização do peso do conjunto da alavanca telescópica. Nas Figuras 5 e 6 têm-se os resultados calculados por meio de simulações computacionais para a tensão de escoamento Von-Mises, e coeficiente de segurança estrutural.

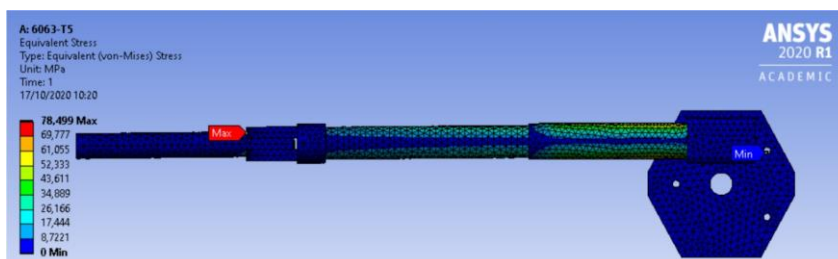


Figura 6. Simulação - Tensão equivalente pelo critério de Von-Mises (Próprio autor, 2020)

O valor de retorno da simulação estrutural para a tensão atuante máxima de Von-Mises foi de 78,499 MPa (indicador vermelho “Máx”), e é encontrado em uma ligação através de solda entre o tubo de 7/8” e a peça que proporciona o ajuste da angulação da manopla, isso porque o processo de soldagem pode gerar um acúmulo de tensão residual. Dessa forma, em caso de condições semelhantes as simuladas, é nesta região que a alavanca telescópica pode falhar.

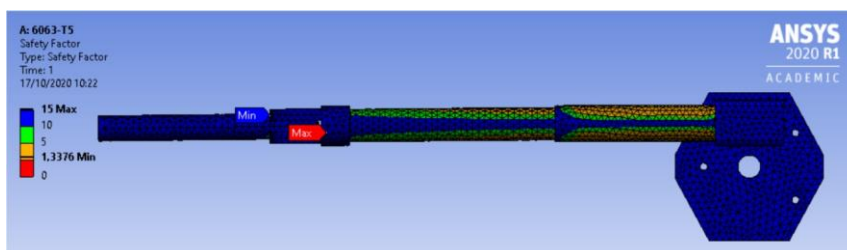


Figura 7. Simulação - Coeficiente de segurança (Próprio autor, 2020)

A tensão de escoamento resultante da simulação apresentou valor inferior à tensão de escoamento do alumínio 6063-T5, demonstrando assim ter resistência mecânica. Esta avaliação é simplificada quando se observa o coeficiente de segurança, calculado da seguinte forma:

$$n = \frac{\sigma_e}{\sigma_a} \quad (1.7)$$

$$n = \frac{105 \text{ MPa}}{78,499 \text{ MPa}}$$

$$n = 1,3376$$

Escolher um coeficiente de segurança nem sempre é uma tarefa fácil, muitos podem pensar que basta só crescer o valor do coeficiente de segurança que o problema está resolvido, mas não é bem assim. Aumentar o coeficiente de segurança para resolver uma incerteza de projeto pode trazer consequências indesejáveis como aumento de custo, de peso com adição de esforços em outras áreas que podem inviabilizar o projeto.

2.4. Fabricação

Todas as peças fabricadas foram realizadas em um centro de usinagem situado dentro do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), sendo um eixo para a fixação do conjunto traseiro, um corpo cilíndrico com ranhuras de forma a acoplar em outro componente com ranhuras fixado no cubo da bicicleta. Já no conjunto dianteiro foi necessário a fabricação de mais

componentes como por exemplo uma abraçadeira que fixa o conjunto dianteiro à cadeira de rodas, como exemplificado na figura a seguir.



Figura 8. Conjunto Dianteiro, Traseiro e fixação na roda, respectivamente (Próprio Autor, 2020)

3. RESULTADOS

Verificada a análise por meio de software de elementos finitos (Ansys), foi realizada a análise experimental da cadeira de rodas juntamente com todo o dispositivo. A primeira análise efetuada foi em razão da ergonomia e a biomecânica proporcionada pelo dispositivo, sendo o principal quesito em que o usuário seria beneficiado com a aplicação do sistema proposto. A percepção da pessoa que testou foi muito boa, essencialmente na postura do tronco ereto e na facilidade de aplicação de força devido a posição anatômica em que os membros superiores ficam posicionados. As sobrecargas geradas nas articulações anteriormente no método convencional são minimizadas, e o método se torna mais agradável e eficiente para executar situações distintas em que os usuários são expostos diariamente. A força para movimentação não é elevada, não são necessárias grandes repetições para um bom desempenho e o deslocamento também é mantido em comparação com os aros.



Figura 9. Movimentação do usuário utilizando o dispositivo (Próprio Autor, 2020)

Além da preocupação com a postura do usuário ao utilizar o dispositivo, se atentando ao movimento dos braços e ombros, também foi feito um incremento na pegada da barra de propulsão, foi acrescentada um manípulo ajustável de posição. Isso faz com que pessoas com diversas lesões sejam incluídas na utilização do dispositivo, mesmo tendo atrofias ou outros problemas na movimentação dos punhos e mãos. Como também, para quem estimar pela variação dessa pegada, trabalhando grupos musculares distintos.

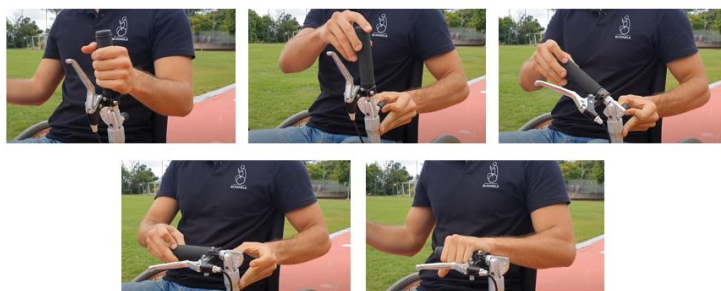


Figura 10. Seleção de posição do manípulo ajustável (Próprio Autor, 2020)

4. CONCLUSÃO

Uma vez analisada e testada a solução proposta nesse trabalho, é possível afirmar que o método de propulsão através de alavancas está aprovado. O protótipo funcionou na primeira verificação, sendo necessários pouquíssimos ajustes, evidenciando o bom desenvolvimento durante a criação do conceito, modelagem e otimizações.

Com base nos testes feitos, o usuário consegue se deslocar da mesma forma que fazia antes pelo método convencional por aros, só que sendo mais eficiente e ergonômico. Os testes efetuados permitem observar a manutenção da velocidade (aproximadamente 1,50 m/s), a funcionalidade dos freios em aclives/declives e acessibilidade criada a partir de alguns mecanismos como manípulo ajustável, freio a disco e alavanca telescópica. Entretanto, dois fatores importantes que estavam presentes em nossa matriz de decisão não tiveram sucesso no resultado final, sendo eles: o mecanismo permitir que a cadeira se locomova tanto para frente como para trás e a pouca adição de massa. Atualmente o dispositivo consegue apenas andar para frente, sendo que se o usuário necessite uma mudança de direção, ele utilize os freios para realizar uma rotação de 180°. Já a massa esperada era de 5 kg, e o resultado obtido foi de um pouco mais de 12 kg.

Como visão geral de tudo o que já foi citado nesse trabalho, o projeto cumpriu o objetivo de fabricação de um dispositivo de baixo custo e com um potencial de ser uma alternativa para o mercado nacional de produção de cadeira de rodas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimento em especial ao Instituto Mauá de Tecnologia pela base teórica aprendida durante o bacharelado de Engenharia Mecânica e pela disponibilização da estrutura de laboratórios e oficinas para testes, bem como a participação de professores e funcionários para a realização desse projeto.

6. REFERÊNCIAS

- Van Der Woude, L. H. et al. Alternative modes of manual wheelchair ambulation: an overview. 2001. 80 f. Tese - Curso de Human Movement Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, 2001.
- Mercer JL, Boninger M, Koontz A, Ren D, DysonHudson T, Cooper R. Shoulder joint kinetics and pathology in manual wheelchair users. Clin Biomech. 2006;21(8):781-9.
- Sie, I. H.; Waters, R. L.; Adkins, R.H.; Gellman, H. Upper extremity pain in the postrehabilitation spinal cord injured patient. Archive of Physical Medicine Rehabilitation, v.73, p. 44-48, 1992.
- Silva, J. F. Padrões de propulsão para cadeiras de rodas e seus fatores de desempenho. 2009. 183 f. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Mecânica e Projeto Mecânico) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- Silva, K.R.; Souza, A.P.; Minette, L.J.; Costa, F.F.; Fialho, P.B. Avaliação Antropométrica de Trabalhadores em Indústrias do Pólo Moveleiro de Ubá – MG. Revista Árvore, Viçosa – MG, v.30, n.4, p.613-618, 2006.
- Shigley, Joseph E.; Mischke, Charles R.. Standard Handbook of Machine Design. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1996. 1716 p.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

Mechanical device that reduces biomechanical efforts on displacement of wheelchair through propulsion using handles

Alisson Alves Sarmiento

Bianca Bertagnoli Dos Santos

Eduardo Escaleira Calza

Pedro Sicoli Pacheco

Renan Luigi Nicola

Instituto Mauá de Tecnologia - Praça Mauá, 1 - Mauá, São Caetano do Sul - SP, 09580-900

alisson.sarmiento@maua.br, bia.bertagnoli@gmail.com, edu.calza@hotmail.com, pedro.sicoli@hotmail.com,
relunic@hotmail.com,

Abstract. *The project intendeds to provide a new method of propulsion for wheelchair using handles, which help the users to move themselves in a more ergonomic and efficient manner. In order to make it accessible for all people.*

The product works by the torque generation in the rear wheel through a handle assembled to a chain drive. The conventional method used for propulsion through the hoops is very harmful to the user, since the biomechanics of the upper limbs do not support to support such efforts, which cause overload and pain in the joints, especially in the shoulders, wrists and hands. In addition, the user's posture during the movements is also unergonomic, as the trunk tends to be tilted forward to generate a bigger momentum in movement.

After the conclusion of prototype, have been taken tests to verify the maintenance of velocity as the same the conventional propulsion, the functionality of brakes in upward/downward and accessibility created from some mechanical parts like adjustable handle, disc brake and telescopic handle.

Keywords: *Wheelchair, mechanical device, biomechanical, mobility.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.