

**Estudo e projeto de tecnologia para transferência e movimentação de tetraplégicos****Study and design of technology for transfer and movement of quadriplegics**

DOI:10.34117/bjdv6n4-320

Recebimento dos originais: 13/03/2020

Aceitação para publicação: 25/04/2020

**Maria Luísa Pohren**

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha - FETLSVC  
Endereço: R. Inconfidente, 395 - Primavera, Novo Hamburgo - RS, 93340-140  
E-mail: mluisapohren@gmail.com

**Natascha Maria Carbonari**

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha - FETLSVC  
Endereço: R. Inconfidente, 395 - Primavera, Novo Hamburgo - RS, 93340-140  
E-mail:nataschamcarbonari@gmail.com

**Fábio Ricardo de Oliveira de Souza**

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha - FETLSVC  
Endereço: R. Inconfidente, 395 - Primavera, Novo Hamburgo - RS, 93340-140  
E-mail:fabio.souza@liberato.com.br

**José de Souza**

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha - FETLSVC  
Endereço: R. Inconfidente, 395 - Primavera, Novo Hamburgo - RS, 93340-140  
E-mail:josesouza@liberato.com.br

**RESUMO**

Os danos músculo-esqueléticos provocados pelo levantamento de carga, no que diz respeito aos profissionais da área da saúde e cuidadores de pessoas com restrições motoras, principalmente quando se trata de uma lesão medular na qual os membros inferiores e superiores são afetados, podem ser considerados agravantes. Por meio deste estudo foi flagrada a dificuldade que os fisioterapeutas, médicos e cuidadores enfrentam nas transferências, que normalmente necessitam de duas pessoas para serem realizadas, de um tetraplégico que se encontra em estágio inicial da lesão. O objetivo deste estudo foi projetar um aparelho mecânico capaz de realizar as transferências do tetraplégico em estudo, de forma segura, restringindo o esforço dos cuidadores apenas para a locomoção do equipamento. Para isso, primeiramente, foi analisado empiricamente como são realizadas as transferências do estudo de caso e, com base nisso, foi dado início à projeção de um equipamento que não só atendesse aos pontos considerados críticos em questão do esforço dos cuidadores, mas que também corrigisse as precariedades nos aparelhos de transferência existentes. Após quatro projeções, chegou-se ao equipamento que conseguiu atingir os três requisitos, considerados principais: simplicidade, praticidade e utilidade. Foi realizada a confecção de um protótipo em tamanho real para ilustrar a ideia; viu-se necessária, a partir dele, a adaptação de medidas e materiais. Para verificar se a estrutura com outros componentes resistem às solicitações diante das cargas aplicadas, foram realizadas simulações no software Autodesk Inventor Professional 2018. Foi possível reduzir o esforço dos envolvidos nas transferências do tetraplégico de 600 N para 177 N com o aparelho (no início da transferência) e 380 N no final do procedimento,

sendo que esses esforços não são constantes. Quanto à estrutura pode ser verificado que resiste de forma apropriada ao peso do paciente durante a execução da transferência.

**Palavras Chave:** Aparelho de transferência, Transferência, Tetraplegia.

## **ABSTRACT**

The musculoskeletal damage caused by load lifting, in health professionals and caretakers of people with motor restrictions, especially when it comes to spinal cord injuries in which the upper and lower limbs are affected, can be considered aggravating. Through this study, it was witnessed the difficulty that physical therapists, doctors, and caretakers face in the transfers of a person with quadriplegia with the initial stage of injury that usually needs two people to be done. Starting from this, the objective was to design a mechanical device capable of doing the transfers of the person with quadriplegia in study safely, restricting the effort if the caretakers only to maneuvering the equipment. To do so, first, the way the transfers from the case study were done was empirically analyzed, hence the designing of the device started taking into consideration not only the critical points regarding caretaker effort but also correcting the flaws in existing transfer equipment. After four designs, a device was created that met all three main requirements: simplicity, practicality, and utility. A system that illustrates the idea was created using masonry. Because it was discovered, from this experimentation, that the structure would need a lock to hold the initial horizontal position and the effort by the caretaker would be too great another lever system was created, making use of a pedal so, along with the foot, the caretaker would be able to rotate the device. In the end, the making of a real-size prototype began to illustrate the idea. Some adaptations of measurements and materials were discovered necessary from the making of the prototype. To verify if the structure, along with the other components, would resist the load requirements, simulations were run on Autodesk Inventor Professional 2018 software. It was possible to reduce the effort involved in the transfer of the person with quadriplegia from 600 N to 177N with the device (at the beginning of the transfer) and 380 N at the end of the process, being these efforts not constant. As for the structure, we could verify that it resists appropriately to the weight of the patient during the execution of the transfer.

**Keywords:** Transfer device, Transfer, Quadriplegia.

## **1. INTRODUÇÃO**

A partir de uma visita realizada na Associação dos Lesados Medulares do RS (LEME), pode-se verificar que a transferência da cadeira de rodas para outra superfície é uma tarefa que, especialmente para um dos tetraplégicos, que se encontra em estágio inicial da patologia, pode ser considerada penosa, uma vez que depende do esforço de outra pessoa para ser efetuada.

A lesão medular se apresenta como uma condição incapacitante proveniente de um trauma ou doença (FULK; SCHMITZ; BEHRMAN, 2010 *apud* GOMES et al., 2013). A tetraplegia se enquadra como uma lesão medular, em que há o comprometimento do tronco, membros superiores e inferiores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014). Pelo fato dos tetraplégicos apresentarem alterações motoras e sensitivas, estas desencadeiam diferentes graus de dependência de outras pessoas para a execução das atividades diárias (MARCHI; SILVA; MAI, 2012) – as quais são denominadas de cuidadores. Quanto a eles, podem ser classificados como: cuidador primário (ou informal), que é parte da família e assume a responsabilidade pelas necessidades do tetraplégico, normalmente sem

formação na área da saúde; e o cuidador secundário (ou formal), que é um profissional designado para prestar serviços ao paciente (NOGUEIRA et al., 2012).

Esses últimos, profissionais da área da saúde, estão presentes principalmente no estágio inicial da patologia. Vários estudos já têm apontado que eles estão expostos à grandes riscos ergonômicos no que se refere à movimentação e transferência de pacientes (CÉLIA; ALEXANDRE, 2004). Vinculados a essa atividade estão os problemas músculo-esqueléticos, os quais atingem principalmente a região lombar, ombros, joelhos e região cervical. A dor lombar continua sendo o fator primordial de absenteísmo e procura por auxílio médico (GURGUEIRA; ALEXANDRE; FILHO, 2003) – de acordo com Gallasch e Alexandre (2003, p. 252), “é um problema comum e que acarreta perda de dias de trabalho e um alto custo financeiro anualmente dentro da área de enfermagem”.

No entanto, se afirma que “o uso de técnicas adequadas, durante os referidos procedimentos, e de equipamentos auxiliares pode reduzir os esforços sobre a coluna vertebral” (GALLASCH; ALEXANDRE, 2003, p. 256). De acordo com Bernardes e Moro (2011), a necessidade do uso de equipamentos auxiliares mecânicos para promover a manipulação de pacientes – sendo que a falta desses também tem sido apontado como fator causal de lesões dorsais em trabalhadores de hospital (ROSSI; ROCHA; ALEXANDRE, 2001).

Num estágio posterior, no âmbito domiciliar, o principal envolvido pelas transferências do tetraplégico é o cuidador familiar, o qual é designado para o auxílio nas atividades diárias. Assim como os profissionais da área da saúde, o cuidador primário é submetido a várias situações que acarretam em sobrecarga do cuidado (NOGUEIRA et al., 2012). Mesmo por isso, tanto o estudo feito por Prudente, Ribeiro e Porto (2017), quanto o de Nogueira et al. (2012), ressaltam a importância de serem realizadas intervenções de apoio não só para suprir as necessidades de quem receberá o cuidado, mas também as do cuidador, que possam contribuir ao manejo e redução da sobrecarga.

Assim, objetivou-se desenvolver a projeção de um aparelho mecânico que seja capaz de realizar as transferências do tetraplégico em estudo, de forma segura, e que restrinja o esforço dos cuidadores apenas para a sua locomoção, contribuindo para a diminuição da carga submetida a eles e a prevenção de lesões.

Para poder fazer o dimensionamento do aparelho mecânico, foi realizada a identificação das medidas antropométricas do tetraplégico. Numa etapa posterior, a verificação dos dispositivos existentes para transmitir força. Com base nesses dados, foi feita a projeção de um aparelho mecânico para transporte e movimentação do tetraplégico em estudo em um software.

**2. REFERENCIAL TEÓRICO****2.1 DEFICIÊNCIA FÍSICA**

De acordo com a Cartilha Do Censo (2010), em 2010 8,3% da população brasileira se mostrava com algum tipo de deficiência severa, sendo que desse total, 2,33% apresentavam deficiência motora severa. A deficiência física ou motora pode ser definida como uma desvantagem proveniente de um uma incapacidade ou mesmo um comprometimento que impede ou se torna limitador o desempenho motor de certa pessoa (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO, 1998). Já, conforme o Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004 (apud INSTITUTO PARADIGMA, 2011, p.9), a deficiência física

É a alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, e apresentando-se sob a forma de: paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida.

As terminologias para, mono, tetra, tri e hemi, se referem ao local do corpo que está envolvido, sendo respectivamente, os membros inferiores, apenas em um membro, os quatro membros, três membros e um lado do corpo (SCHIRMER et al., 2007). A deficiência física, dessa forma, interfere na movimentação e/ou locomoção do indivíduo, entretanto, na maioria das vezes, a inteligência se preserva (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO, 1998).

A deficiência motora pode ser classificada quanto a forma de evolução como: temporária, quando o indivíduo realiza tratamentos e consegue voltar às suas condições anteriores; recuperável, quando possibilita que o indivíduo melhore a partir do tratamento, ou pela compensação de outras áreas que não foram afetadas; definitiva, quando mesmo com o tratamento, o indivíduo não tem como se curar, substituir ou compensar a função motora perdida e, por fim, compensável, na qual o indivíduo consegue melhorar pela substituição de órgãos (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006).

Quanto à etiologia, essa deficiência pode ter causa hereditária, se manifestando desde o nascimento ou posteriormente. Assim também, pode advir de forma congênita, ou seja, se originar quando o indivíduo nascer e, na maioria dos casos, durante a fase intra-uterina. Ou mesmo adquirida, quando se dá após o nascimento, por meio de infecções, traumatismos e intoxicações (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). Decorrente da deficiência física, segundo o Livro desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2013), a pessoa se apresenta mais limitada quanto ao desempenho nas atividades práticas e cotidianas de sua vida, necessitando de adaptações para maior independência e melhor qualidade de vida.

## 2.2 LESÃO MEDULAR

A lesão medular provoca a deficiência física e é caracterizada pelo impedimento da transmissão de estímulos nervosos pela medula (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). Essa condição adquirida pode se manifestar como, segundo o Ministério da Saúde (2013, p.6),

paralisia ou paresia dos membros, alteração de tônus muscular, alteração dos reflexos superficiais e profundos, alteração ou perda das diferentes sensibilidades (tátil, dolorosa, de pressão, vibratória e proprioceptiva), perda de controle esfinteriano, disfunção sexual e alterações autonômicas como vasoplegia, alteração de sudorese, controle de temperatura corporal entre outras.

Grande parte da incidência se dá em indivíduos com 15 a 28 anos de idade, sendo 40% dos casos decorrentes de acidentes automobilísticos, 40% por armas de fogo, acidentes esportivos ou relacionados ao trabalho e os 20% restantes por quedas. No Brasil, ocorre cerca de 11 300 novos casos por ano (MEDOLA et al., 2009 apud GOMES et al., 2013). A lesão medular é definitivamente uma patologia que possui um impacto sócio-econômico muito alto em nosso país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Na parte interna da coluna está localizada a medula e é dela que partem as terminações nervosas que avançam até as pernas e braços. Portanto, quando se tem uma lesão na parte superior da coluna, os quatro membros podem ficar sem movimentação, do contrário, se ocorrer na parte mais baixa, somente a perna perde o movimento (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE, 1998) - portanto, quanto mais alta for a lesão, maior será o impacto provocado nas funções motoras, sensitivas e autonômicas (GOMES et al., 2013).

Depende, a lesão medular, de duas variáveis que a classificam: o nível (sensitivo e motor) e o grau (completo ou incompleto). Quanto ao nível, se refere à tetraplegia quando os membros superiores, o tronco e os membros inferiores são atingidos; já, à paralisia, quando há comprometimento nos membros inferiores e no tronco (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Quanto ao grau, as lesões medulares se apresentam como completas quando ocorre a perda sensitiva, assim como também, a paralisia motora e/ou sensitiva abaixo do nível da lesão, ao passo que uma lesão incompleta, determinados grupos musculares e funções sensitivas não são afetados (CEREZETTI, 2012).

## 2.3 IMPACTOS PROVINDOS DO MANUSEIO DE CARGAS

A tetraplegia, por ser uma alteração complexa, acaba influenciando não apenas a saúde do indivíduo, mas também a do cuidador familiar (PRUDENTE; RIBEIRO; PORTO, 2017). Em uma revisão sistemática realizada por Prudente, Ribeiro e Porto (2017), dos artigos analisados, relacionados a qualidade de vida de cuidadores familiares de adultos com lesão medular, foi

identificado que os responsáveis por indivíduos tetraplégicos possuem pior qualidade de vida, se comparados aos cuidadores de paraplégicos, principalmente no que diz respeito às tarefas da vida diária: desde autocuidado até aquelas que exigem muito esforço, como é o caso das transferências.

Esse fato pode ser explicado, se partirmos do pressuposto que, para os pacientes tetraplégicos, maior é a demanda de dedicação, visto que são pessoas dependentes a longo prazo (NOGUEIRA et al., 2012).

O manuseio de cargas, segundo Grandjean (1998) deve ser classificado como trabalho pesado pois envolve grandes esforços, os quais podem levar a complicações patológicas. O desgaste dos discos intervertebrais é o principal problema, podendo ser doloroso e reduzir a mobilidade e a vitalidade de uma pessoa, levando assim a uma das principais causas de ausência prolongada ao trabalho e invalidez prematura, frequentes nos profissionais que trabalham com cargas, sendo o enfermeiro um exemplo, na faixa etária dos 20 a 40 anos.

Segundo Krämer (1973 apud GRANDJEAN, 1998), 20% dos afastamentos do trabalho e 50% das solicitações de aposentadoria precoce são resultados das lesões nos discos intervertebrais.

A associação entre os problemas na coluna vertebral por causa da movimentação de pacientes e pelo excesso de esforço físico para transportá-los se dá então, segundo Rossi, Rocha e Alexandre (2001, p. 250), “durante a realização desses procedimentos os pesos levantados por trabalhadores igualam-se ou mesmo excedem as recomendações”. A partir do momento que o indivíduo levanta peso, o seu disco intervertebral passa a suportar não só o peso do seu corpo, como também o peso que está sendo levantado. Desse modo, mesmo se a técnica de levantamento de peso estar correta e, por outro lado, o peso for excessivo, pode haver comprometimento do disco intervertebral, causando dores nas costas (PINHO et al., 2001).

A carga sobre a coluna aumenta de cima (pescoço) para baixo, sendo maior nas cinco vértebras lombares. A idade e movimentos repetitivos são a causa da degeneração dos discos, e um esforço súbito mais forte pode resultar em uma doença aguda. Afeta primeiramente as camadas exteriores, e assim, as mudanças achatam o disco, podendo afetar a mecânica da coluna ou deslocar as vértebras, nestes casos, dores nas costas podem ser consequência de pequenos esforços (GRANDJEAN, KROEMER, 2005).

Quando os joelhos estão dobrados e a coluna mais reta possível, a carga sobre os discos passa a ser menor que se fosse na situação contrária. De acordo com Chaffin (1984 apud GRANDJEAN, 1998) o momento dos quadris, do qual deriva na força de compressão dos discos pode ser calculada pela relação entre a carga e a distância da mesma em referência a coluna. Grandjean (1998, p. 90) afirma: “A força de compressão cresce com o aumento do peso em com a distância mão-coluna vertebral.” Assim, levantar um peso mais próximo ao corpo é melhor. A

pressão intra-abdominal aumenta consideravelmente quando são realizados levantamentos de cargas com as mãos, e isso ajuda a estabilizar a coluna em tal movimento (GRANDJEAN, KROEMER, 2005).

É difícil definir normas de levantamentos, pois pode variar, pela idade, prática, e outras circunstâncias, da mesma forma, tal atividade geralmente está relacionada com ações que provocam a torção e rotação da coluna, e raramente se encontra incluída nas propostas existentes que se referem à carga máximas permitidas. Para tarefas repetitivas e contínuas envolvendo o levantamento de cargas, acredita-se que devem surgir soluções mecânicas, como, por exemplo, equipamentos de transporte (GRANDJEAN, KROEMER, 2005).

Nas recomendações atualizadas do NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health* (1991 apud GRANDJEAN, KROEMER, 2005) dos Estados Unidos, consideraram o levantamento que gera a torção no corpo, e assim, para o levantamento ou o abaixamento de carga, o peso máximo é de 23 quilos (225 N).

De acordo com Grandjean e Kroemer (2005), além da recomendação apresentada acima, podemos encontrar diversas na literatura e, assim, a utilização da menor carga como limite torna-se uma boa ideia para proteger a coluna.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A coleta de dados referentes aos equipamentos de transferência de pacientes existentes, aos materiais que compõem a estrutura do aparelho e aos dispositivos ou métodos transmissores de força, foi realizada por meio eletrônico, na biblioteca da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e da Fundação Liberato Salzano Vieira da Cunha. Quanto às entrevistas direcionadas ao tetraplégico, aos cuidadores dele e ao fisioterapeuta, foram efetuadas na Associação dos Lesados Medulares do Rio Grande do Sul (LEME) - onde também foi feita a obtenção das medidas antropométricas do tetraplégico, bem como as simulações das suas transferências. A projeção do aparelho e o seu dimensionamento decorreram na Fundação Liberato.

A princípio, é de fundamental importância destacar o modo como se deu o fluxo da pesquisa - este foi guiado por três pilares: o tetraplégico, o fisioterapeuta (que acompanhou a pesquisa) e a funcionalidade. Ou seja, os dados do estudo foram gerados a partir do tetraplégico, tendo o foco nas principais dificuldades dos seus cuidadores no que diz respeito às suas transferências. Após isso, qualquer hipótese para diminuir tais carências foi proposta para o fisioterapeuta que pôde contribuir com uma visão mais ampla do que poderia ou não ser feito em relação às limitações do tetraplégico. Por fim, foi analisada a potencialidade de uma ideia baseando-se em sua funcionalidade, isto é, se

contribuiria para a diminuição do esforço dos cuidadores do tetraplégico na movimentação dele da cadeira de rodas para outra superfície.

Em relação à execução da pesquisa, primeiramente foi realizado um levantamento de alguns equipamentos existentes para a transferência de pacientes, que foram, posteriormente, apresentados para o tetraplégico. A partir disso, ele indicou aqueles que já fez o uso e o método atual adotado por seus cuidadores – destacando nesses, os pontos positivos e negativos. Para uma melhor análise do modo pelo qual são feitas suas transferências e, assim, um melhor planejamento do aparelho, visando atender pontos específicos que o tetraplégico necessita, primeiramente foi realizada uma filmagem da transferência do tetraplégico (de uma superfície qualquer para a cadeira de rodas) executada pelo fisioterapeuta com outro auxiliar.

Com base nos aparelhos de transferência existentes, bem como na visualização empírica da transferência do tetraplégico e no relato realizado por seu cuidador, a estrutura do aparelho foi planejada. Surgiu, desse modo, duas hipóteses distintas: a primeira, como uma alternativa compacta e ao mesmo tempo prática, em que o tetraplégico seria movimentado da posição sentada para a posição em pé, a partir do acionamento de um motor, tendo o deslocamento de sua haste principal em ângulo para um maior alcance (até o peito do tetraplégico); já a outra partiria do princípio da alavanca, sendo econômica e simples, em que o tetraplégico teria um leve deslocamento em relação à sua posição inicial sentada, elevando-se a região do quadril para que novamente pudesse sentar em outra superfície. A fim adquirir uma análise mais ampla das opções, com o intuito de escolher por uma, ou associar as duas, foi feita uma comparação entre elas, mostrada no Quadro 1, levando em conta os quesitos considerados nos objetivos do projeto.

**Quadro 1** – Comparação das duas propostas de estrutura para o aparelho

<b>PROPOSTA 1</b>	<b>PROPOSTA 2</b>
<i>Estrutura</i>	
Aparentemente menos robusta, seria mais versátil em lugares que o acesso é reduzido.	
<i>Sistema de força</i>	
Necessitaria de um motor, utilizando-se da transmissão parafuso sem fim e coroa.	Não utiliza um sistema de força elétrico, hidráulico ou pneumático, é puramente mecânico. O esforço é compensado utilizando-se do princípio de alavanca.
<i>Custo e confecção de um possível protótipo</i>	
Demandaria um sistema de força, neste caso um motor, que conseqüentemente exigiria um conjunto de engrenagens para a transmissão do movimento. Seria preciso o recarregamento da bateria. Necessitaria de conhecimentos da área da eletrônica.	Aparentemente mais em conta, não necessitaria de manutenção. Toda a estrutura poderia ser soldada, proporcionando um menor tempo para a confecção do protótipo. Não exigiria, além de um amortecedor, um elemento de máquina com custo mais

	elevado.
<b>Segurança</b>	
Disponibilizaria de um colete para a elevação do tetraplégico e suporte do tronco, apoio para as pernas e para os braços no equipamento. O deslocamento do tetraplégico, teoricamente seria mais estável, devido a um choque de pequena carga da haste do equipamento (responsável pela maior parte da sustentação do tetraplégico durante a transferência) com as barras estruturais.	As áreas apoiadas no equipamento durante a transferência seriam as pernas, os braços, o tronco e os pés. Contaria com o auxílio de uma cinta. Pelo deslocamento rotacional do tetraplégico para a transferência, necessitaria de um dispositivo para amortecer o impacto do peso do tetraplégico contra a estrutura.
<b>Esforço do cuidador</b>	
Só para deslocar o equipamento.	Para deslocar o equipamento e também para dar início à mudança

Seguindo-se uma orientação, foi optado pela proposta 2, devido a sua praticidade, facilidade de desenvolvimento – levando em consideração a possibilidade da confecção de um protótipo – e por ser mais acessível. Foi analisado que a proposta 1 tenderia a sofrer um tombamento com o peso do tetraplégico, por causa da inclinação de suas hastes de apoio. Além disso, foi visto que um sistema puramente mecânico dispensaria a utilização de um dispositivo capaz de transmitir força, como um motor ou pistão (pneumático ou hidráulico), o que aumentaria o custo do equipamento e exigiria maiores manutenções.

A partir do modelo de estrutura estabelecido, contando também com as medidas antropométricas do tetraplégico, as quais foram obtidas pelo fisioterapeuta que o acompanha na LEME (expressas na Tabela 1), e seguido a norma ABNT NBR 9050:2004 (que diz respeito a acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos), foi dado início à projeção do aparelho no software *Autodesk Inventor Professional 2018*.

**Tabela 1** – Medidas antropométricas.

FÊMUR	41 cm
PERNA	55 cm
OMBRO	40 cm
QUADRIL	41 cm
TRONCO	61 cm
PESO	55 kg
BRAÇO	63 cm
ALTURA	175 cm

A estrutura móvel do aparelho utiliza-se, para promover o movimento, de dois roletes que estão fixados numa base, permitindo, dessa forma, que somente o eixo principal gire e, assim, rotacione toda a estrutura. Com o apoio para os braços foi pensado em colocar um suporte para a região da altura dos joelhos até os pés, bem como um apoio para acomodar parte do tronco - o qual, com o auxílio de um colete ou cinta de transferência, fixaria de modo mais seguro o tetraplégico no equipamento. O aparelho contaria, também, com o auxílio de rodízios, presentes na base fixa, para a sua locomoção conforme pode ser visto na figura 1. Para uma maior proximidade do tetraplégico ao equipamento, de modo a facilitar a transferência, pensou-se em diminuir a largura do aparelho. Essas mudanças, então, acabaram delimitando a segunda projeção da estrutura móvel do equipamento, ver Figura 1.

**Figura 1** –a) Protótipo virtual aparelho projetada; b) Protótipo resultante construído.



a)

b)

Entretanto, como se objetivava a construção de apenas um sistema ilustrador que chagasse mais próximo possível da estrutura planejada, sob a orientação da própria empresa que construiu a estrutura metálica, algumas alterações tiveram que ser feitas - como as dimensões da estrutura e outros suportes - para dar mais segurança ao aparelho. Para finalizar, a partir da análise do protótipo do aparelho, foi verificado, sendo o nosso estudo de caso um tetraplégico, que as suas pernas devem apresentar uma fixação e, dessa forma, a cinta de segurança para solucionar esse problema.

A análise do Aparelho para Transferência e Movimentação de um Tetraplégico foi dividida em três blocos. No primeiro bloco foi levado em consideração o quesito estrutura e procedimento de uso, sendo avaliados a partir da projeção no *Software Autodesk Inventor 2018*.

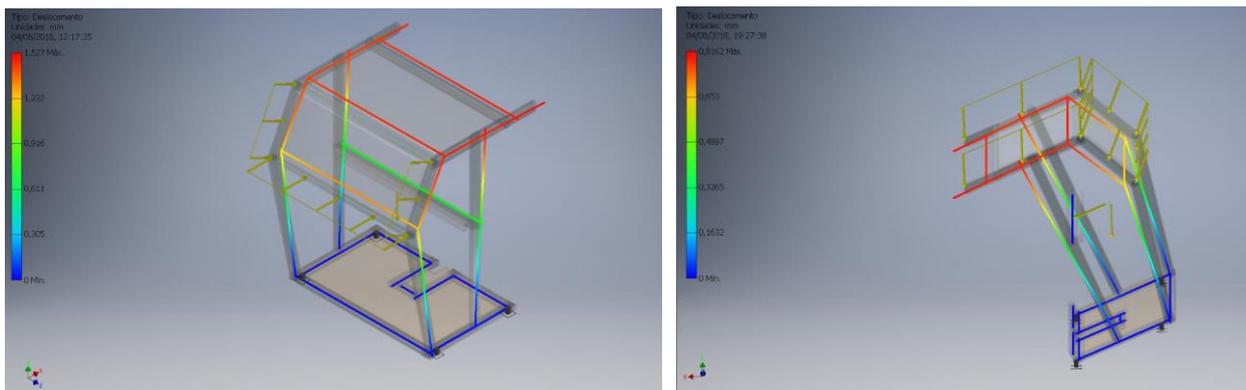
No segundo, o objetivo avaliativo foi desempenho e acessibilidade ao público, sendo esses avaliados a partir da comparação com equipamentos de transferência, por meio do método qualitativo, como o *Lady Shifting e Reliant 350 da Invacare* – os quais foram selecionados para esta

análise por se apresentar possíveis de serem utilizados pelo tetraplégico e também, no caso do Lady Shifiting, pela semelhança do funcionamento em relação ao aparelho. Relacionou-se também, o aparelho com o método de transferência atualmente usado pelos cuidadores do tetraplégico.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Com o intuito de verificar se o material estabelecido para suportar aos esforços durante a utilização do aparelho, foi realizada uma análise, a partir de uma simulação no software *Inventor 2018*. Essa simulação foi feita para dois momentos distintos: na posição inicial e na posição final do equipamento, após a rotação. Em relação ao deslocamento máximo que a estrutura sofrerá quando o tetraplégico apoiar o corpo nos suportes será de 1,527 mm, na posição inicial – quando ele ainda estiver sentado na cadeira de rodas (Figura 2a) - e 0,8162 mm na posição final, com a estrutura móvel inclinada (Figura 2b).

**Figura 2** – a) Deslocamento máximo da estrutura na posição inicial; b) Deslocamento máximo da estrutura final.

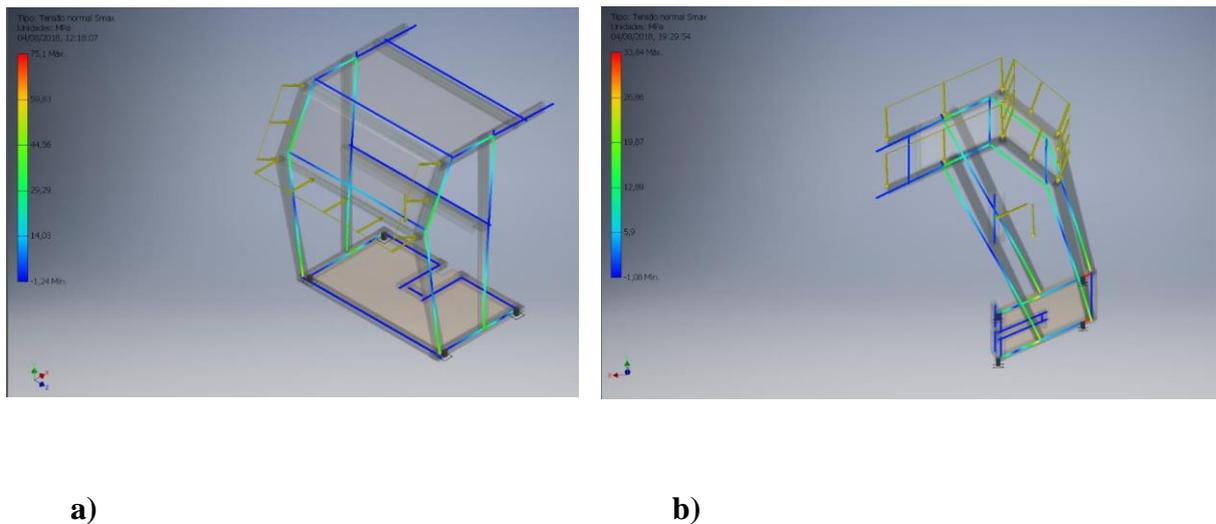


a)

b)

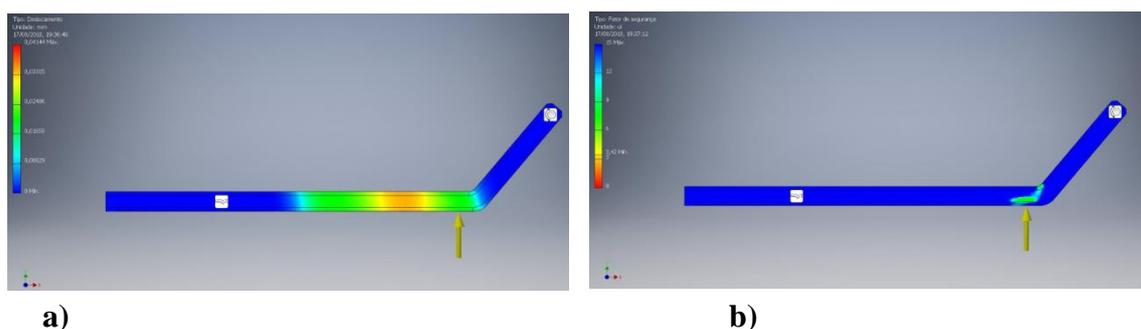
Tendo em vista que o peso do tetraplégico foi levado em conta na distribuição das forças, nos dois momentos da transferência, é possível dizer que durante a utilização do aparelho por ele, não ocorrerá o risco da estrutura romper, pois o deslocamento consequente não apresentou um valor considerável para isso. Para verificar as dimensões da estrutura e o material estabelecidos para ele, foi realizada a verificação das tensões normais que a estrutura apresentará nas mesmas duas situações, Figuras 3a e 3b.

**Figura 3** – a) Tensão normal da estrutura na posição inicial e b) Tensão normal da estrutura na posição final.



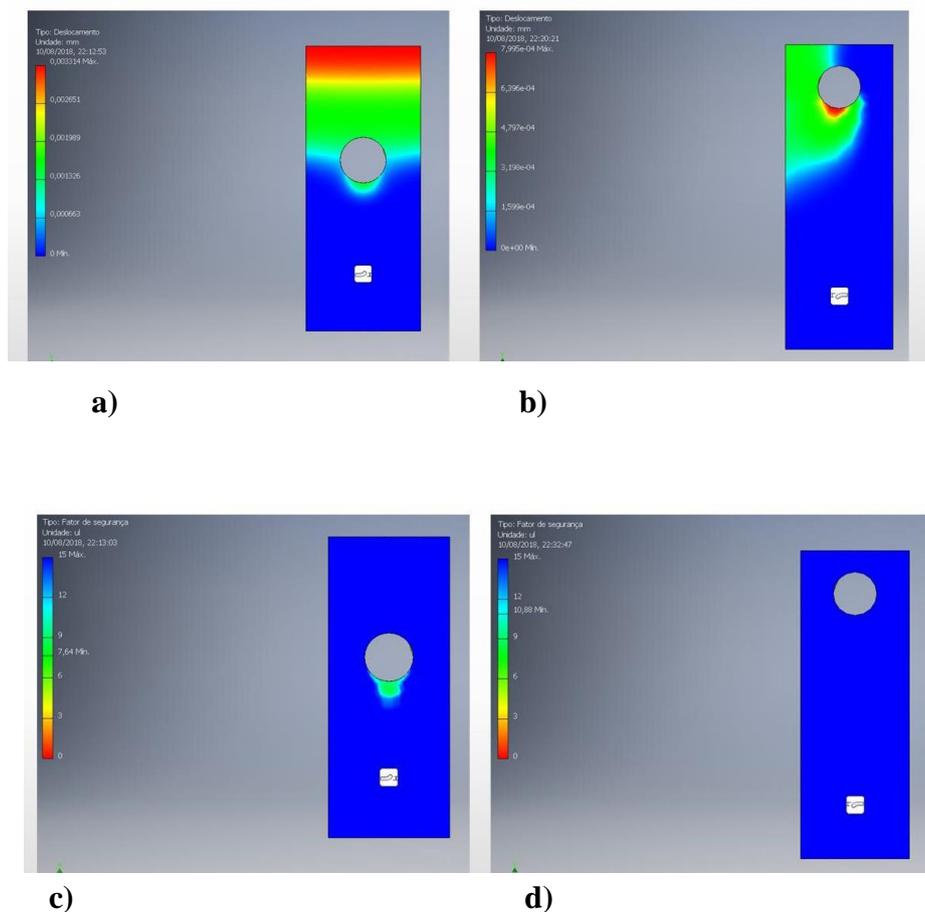
A tensão normal máxima indicada, na posição inicial, de 75,1 Mpa, bem como a tensão normal máxima na posição final, de 33,84 Mpa, estão bem abaixo da tensão de escoamento do tubo retangular estabelecido (aço SAE 1020) de 330 Mpa, o que significa que o material da estrutura está adequado para a aplicação em que se insere, assim como as dimensões da estrutura suportam de forma segura o peso do tetraplégico. Em relação ao outro sistema de alavanca da parte inferior da estrutura, que facilitará a rotação da estrutura móvel, no momento de transferir o paciente do aparelho para outra superfície, foi realizada uma análise de tensão, no software, dos componentes que o compõem. Primeiramente, quanto ao pedal, foi considerado o uso do material aço 1020 e de um perfil quadrado com dimensões 20x20x1,5 mm. Semelhante ao que se obteve nos cálculos analíticos, foi verificada a reação nos apoios e, além disso, o comportamento (deformação) da estrutura perante o esforço. Na Figura 4a) pode-se observar o deslocamento máximo do pedal, de 0,04144 mm, na reação de 878,2 N, onde está localizado o rolamento. O fator de segurança mínimo, como mostra a Figura 4b), resultou em 3,42 o que significa que o pedal resiste ao esforço aplicado.

**Figura 4** – a) Deslocamento do pedal; b) Fator de segurança mínimo do pedal quando solicitado.



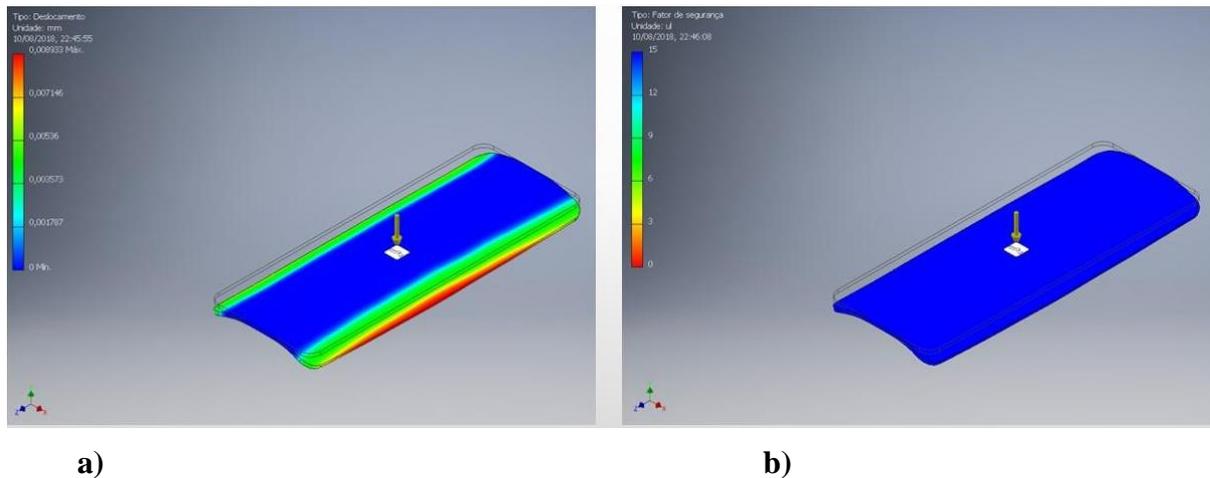
No que se refere às chapas, também de aço 1020, que servirão de apoio para os dois pinos – o de trava e aquele que sustentará o rolamento – foram dimensionadas atribuindo 3 mm de espessura. Tanto o deslocamento máximo, de 0,003314 mm e  $7,995 \times 10^{-4}$  mm (Figura 5a), quanto o fator de segurança, de 7,64 e 10,88 (Figura 5b), que elas apresentaram, se mostraram adequados – indicando que as chapas suportaram largamente às solicitações que as convém.

**Figura 5** – a) Deslocamento máximo das chapas; b) Fator de segurança mínimo das chapas.



O mesmo foi feito em relação à chapa que servirá de apoio para o pé, localizada no pedal – ainda utilizando aço 1020. Neste caso, foi realizado o dimensionamento considerando a aplicação de uma força de 380 N pelo cuidador. Pelo deslocamento máximo da chapa que resultou em 0,008933 mm, assim como pelo fator de segurança ter passado de 15 (Figura 6), é possível verificar que a espessura e o material admitidos, como nos outros casos, são aceitáveis para serem aplicados na estrutura, não ocorrerá o risco, nessas condições, da chapa romper.

**Figura 6** – Análise de tensão na chapa para apoio do pé. a) Deslocamento; b) Fator de segurança.



Primeiramente o cuidador deve aproximar o aparelho da cadeira de rodas e colocar os pés do paciente em cima da base móvel do equipamento. Após isso, deslocar o aparelho até encostar nas rodas dianteiras da cadeira de rodas. A seguir, deve fazer o travamento das quatro rodas do aparelho e, posteriormente, ajustar os pés do tetraplégico até a ponta deles encostar no apoio para os pés localizado na base móvel.

Com a parte inferior do joelho do paciente tocando o apoio para a perna do aparelho, o cuidador deve pegar o tetraplégico pelos braços e levá-los até a parte superior do equipamento de modo que o peito dele se apoie no estofamento da estrutura. Após isso feito, o cuidador colocará a cinta de segurança no tetraplégico. Em seguida deve posicionar os braços do tetraplégico, de maneira cruzada, no mesmo local.

A seguir, o cuidador desloca-se para a parte posterior do aparelho e retira o pino de trava. Logo após, o cuidador deverá puxar, por meio de dois puxadores metálicos, localizados próximo aos braços do paciente, a estrutura móvel – até quando perceber que a estrutura por si só realiza a rotação para próximo dele: a partir deste momento, o cuidador inverterá a direção de aplicação da força, utilizando para o controle do deslocamento da estrutura, o pedal e apoiando as mãos nos puxadores metálicos - a fim de impedir que ocorra impacto proveniente da colisão da estrutura móvel com a base fixa

Posteriormente, o cuidador destravará os quatro rodízios e deslocar o equipamento até o local que desejar transferir o paciente. Depois disso, deverá travar outra vez os rodízios e se dirigir para a parte posterior do aparelho; onde irá, por meio do sistema de alavanca, fazer força para rotacionar novamente a estrutura – deverá pressionar o pedal com um dos pés (as mãos apoiadas nos puxadores metálicos) ele fará o deslocamento da estrutura com o tetraplégico. No final desse

movimento, o tetraplégico já estará sentado em outra superfície, na mesma posição que se encontrava inicialmente.

A seguir, o cuidador colocará, mais uma vez, a trava na parte posterior da estrutura, depois, retirar o colete de segurança do tetraplégico e mover o seu tronco para trás até se aproximar do encosto desejado. Destravando os rodízios novamente, o equipamento estará pronto para outras transferências.

Por essas razões, como já foi apresentado, optou-se, desde o princípio, por recorrer a um sistema totalmente mecânico para ser responsável pelo levantamento da carga; mesmo porque um dos objetivos era projetar um equipamento mais acessível em relação custo, para que de fato, na prática, pudesse ser adquirido. Pois, embora tenha uma enorme variedade de equipamentos de transferências no mercado, a maioria apresenta um preço que limita muito o público – fato que foi observado não só na literatura como também pelo próprio tetraplégico e pelo fisioterapeuta que acompanharam a pesquisa. Assim, utilizando do princípio de alavanca dispensamos o uso de um sistema que demandaria um maior custo de manutenção e confecção do equipamento. Outro ponto a ser destacado no *Reliant 350* é que, se considerarmos a utilização pelo tetraplégico, devido a tetraplegia, deveria-se optar pela cesta para transferência sentado, visto que ele não possui força alguma nas pernas para mantê-lo em pé. Dessa forma, se pensarmos numa transferência da cadeira de rodas para outra cadeira qualquer, por exemplo, teria que ter o esforço do cuidador, da mesma forma, para levantar o tetraplégico e retirar a cesta (pois ele estaria sentado em cima dela). No caso do aparelho, foi logo levado em consideração este fator, por isso que estabelecemos deixar a região do quadril livre de qualquer apoio. Partindo agora para o *Lady Shifting*, o qual foi a nossa inspiração para a ideia de utilizar o princípio de alavanca. No primeiro contato que tivemos com esse equipamento pensamos no quão simples e prático que ele era por realmente não necessitar de nenhum recurso “complexo” para promover o levantamento do paciente. Entretanto, após analisarmos com mais atenção, vimos que nesse ato o cuidador precisa fazer um grande esforço para vencer a gravidade e mesmo depois, para manter o paciente inclinado e impedir que ele tombe para trás – por isso que a transferência nesse equipamento é feita de forma relativamente rápida e, por consequência, acaba sendo limitada a pequenas distâncias. Quanto a limitação da distância da transferência apresentada pelo *Lady Shifting*, o aparelho não terá, visto que contém rodízios o que possibilitará a locomoção da estrutura: a cadeira de rodas poderá estar a uma distância ilimitada do local em que se deseja transferir o paciente. Foi verificado, também, que ao colocar o paciente no local em que se deseja transferir, se tem um impacto, isso porque o cuidador é de certa forma limitado para controlar esse fator, dado que, ao diminuir o ângulo de inclinação do equipamento, a gravidade puxa o paciente e, assim, a transferência deve ser feita de forma rápida. Pensando neste

quesito, o pedal no aparelho também possibilitará um maior controle na devolução do tetraplégico para que ela não ocorra de forma “forçada”. No que se refere ao método de transferência utilizado atualmente pelos cuidadores do tetraplégico, a cinta de transferência, podemos destacar algumas vantagens do aparelho em relação a ele. Usando a cinta é necessário que o cuidador levante, de forma constante, todo o peso do tetraplégico (600 N); já no aparelho ele terá que exercer somente uma força de 177 N até o centro de gravidade ultrapassar o ponto de giro e, no retorno para a superfície que se deseja transferir, de 380 N (somente com pé). No aparelho não teria, como já destacado, a limitação da distância da transferência apresentada também por esse método. Como foi visto na prática como são feitas as transferências do tetraplégico, normalmente elas requerem duas pessoas para serem efetuadas – no aparelho só necessitaria de uma.

## 5. CONCLUSÕES

Com base na literatura, portanto, foram verificados os diversos problemas, principalmente na região dorsal, que estão relacionados ao levantamento de carga: tanto para profissionais da área da saúde quanto para os cuidadores familiares. Quando se trata ainda de pacientes tetraplégicos o esforço é redobrado por serem pacientes totalmente dependentes, necessitando, muitas vezes, para a sua manipulação, de mais de uma pessoa.

Sabe-se, no entanto, que existem equipamentos que foram desenvolvidos justamente para auxiliar nesse quesito, mas, na prática, estão fora do alcance financeiro das famílias que possuem um portador de tetraplegia, visto que muitos outros fatores são privilegiados. Esses equipamentos são vistos, também, muito pouco em hospitais, somente em alguns particulares – conforme foi relatado pelo tetraplégico.

Depois de uma conversa com o cuidador do tetraplégico, pudemos observar que as transferências dele da cadeira de rodas para outra superfície é feita em diversos momentos do dia e, mesmo por isso, é de suma importância a atenção que se deve dar ao esforço realizado por seus cuidadores.

Assim, a proposta de projetar um aparelho mecânico capaz de realizar as transferências do tetraplégico em estudo, restringindo o esforço dos cuidadores apenas para a locomoção do equipamento, foi parcialmente atingida.

Parcialmente porque o aparelho vai auxiliar nas transferências, mas, por outro lado, não vai eliminar totalmente a força do cuidador, ainda serão 177 N para exercer no início da transferência e outros 380 N no final. No entanto, não foi considerado esse fato como um prejuízo, pois foi dessa forma que pode-se utilizar o princípio de alavanca – o que acabou tornando o aparelho muito simples e prático; não só por não necessitar de um sistema de força mais complexo (como um

pistão ou motor), mas também por acabar se apresentado como uma possibilidade de equipamento mais acessível para o público.

Mesmo por se mostrar como uma ideia nova de equipamento de transferência, a funcionalidade da proposta foi testada, ainda que em tamanho reduzido e com materiais diferentes, na prática – assim como também, foi adequada conforme os problemas que encontrávamos na experiência.

Quanto à estrutura “teórica”, pudemos verificar, por meio de simulações realizadas no software *Autodesk Inventor Professional 2018*, que resiste de forma apropriada ao peso do tetraplégico durante a execução da transferência.

Já quanto à estrutura realizada na prática, foi visto que, mesmo conservando todas as dimensões do aparelho projetado, o ângulo de 22° não é suficiente para vencer a gravidade – erro que pode ser atribuído a dificuldade de saber onde está localizado o centro de gravidade do paciente quando sentado; bem como ao próprio software utilizado para a determinação do centro de gravidade do conjunto (paciente + estrutura móvel), por terem sido adaptados alguns de seus recursos para tal e, por fim, ao fato da estrutura construída ter se mostrado um pouco diferente daquela que foi projetada. O que significa que um tetraplégico, sem ter uma cinta que o envolva nas pernas também, não poderá usar o equipamento, pois, caso ao contrário, tombará para trás.

Em relação ao questionário final, podemos concluir, então, que mesmo com a maioria das aprovações, as questões envolvendo a segurança, como pode ser observado, foram as que mais causaram, em alguns, uma certa desconfiança, alegando que sem a presença de testes da estrutura física (só pelo desenho e animação), não seria possível uma avaliação adequada. Esse parecer será resolvido, posteriormente, no quesito de já com a estrutura pronta e após testes, realizar novamente uma entrevista com os profissionais.

Como proposta futura, temos a adequação da estrutura realizada na prática, de modo a serem refeitas as análises de tensão no software *Autodesk Inventor Professional 2018*, bem como o estudo da solda no aparelho. Assim também será feita a confecção da cinta de segurança. Posteriormente, a realização de testes e ensaios.

**REFERÊNCIAS**

- ABNT NBR 9050:2004. 97 páginas. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos . Segunda edição. 31.05.2004. Rio de Janeiro – RJ.
- BERNARDES, João Marcos; MORO, Antônio Renato Pereira. Movimentação e transferência de pacientes: uma análise da produção científica nacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXI. Belo Horizonte, 2011.
- CARTILHA Do Censo 2010. Cartilha Do Censo 2010: Pessoas com Deficiência. Brasília, 2012.
- CÉLIA, Rita de Cássia Rodrigues da Silva; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa. Aspectos ergonômicos e sintomas osteomusculares em um setor de transporte de pacientes. Rev Gaúcha Enferm, Porto Alegre (RS) 2004 abr; 25(1):33-43.
- CEREZETTI, Christina Ribeiro Neder et al. Lesão Medular Traumática e estratégias de enfrentamento: revisão crítica. O Mundo da Saúde, São Paulo, n. 36, v. 2, 2012.
- GALLASCH, C.H; ALEXANDRE, N.M.C. Avaliação dos riscos ergonômicos durante a movimentação e transporte dos pacientes em diferentes unidades Hospitalares. Revista de Enfermagem da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, vol. 11, p. 252-260, 2003.
- GOMES, Ana Luísa Castelo Branco; GOMES, Abel Barbosa de Araújo; SANTOS, Heleodório Honorato dos; CLEMENTINO, Adriana Carla Costa Ribeiro. Habilidades motoras de cadeirantes influenciadas pelo controle de tronco. Motriz, Rio Claro, v.19, n.2, p.278-287, abr./jun. 2013.
- GRANDJEAN, Etienne. Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. 4. ed. - Porto Alegre: Bookman, 1998. 338 p.
- GRANDJEAN, Etienne.; KROEMER, K.H.E. Manual de ergonomia. Adaptando o trabalho ao homem. 5 ed. Editora Bookman. Porto Alegre, 2005.
- GURGUEIRA, Giovana Pimentel; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa and FILHO, Heleno Rodrigues Corrêa. Prevalência de sintomas músculo-esqueléticos em trabalhadoras de enfermagem. Rev. Latino-Am. Enfermagem [online]. 2003, vol.11, n.5, pp.608-613. ISSN 1518-8345. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692003000500007>.
- INSTITUTO PARADIGMA. Manual de Informações Complementares sobre Deficiência. São Paulo, 2011.
- MARCHI, Joisy Aparecida; SILVA, Renata Hermógenes da; MAI, Lilian Denise. O cuidado domiciliar a indivíduo com tetraplegia: um relato de experiência. Cienc Cuid Saude. V. 11, n. 1, p. 202-209, Jan./Mar. 2012.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. A inclusão escolar de alunos com necessidades educacionais especiais. Deficiência Física. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2006. 67 p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTO. Deficiência mental. Deficiência física. Brasília, 1998. Cadernos da TV Escola. Educação Especial.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS (CONITEC). Diário Oficial da União, n. 110, 11 jun. 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular. Brasília, 2013.

NOGUEIRA, Paula Cristina et. al. Cuidadores de indivíduos com lesão medular: sobrecarga do cuidado. Rev Esc Enferm USP, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 607-614, 2012.

PINHO, Lucinéa de et al. Dores na coluna em profissionais de enfermagem. Acta Fisiátrica, v.8, n.2, p.75-81, 2001.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS. Informações para pessoas com deficiências e/ou mobilidade reduzida.

PRUDENTE, Cejane Oliveira Martins; RIBEIRO, Maysa Ferreira Martins; PORTO, Celmo Celeno. Qualidade de vida de cuidadores familiares de adultos com lesão medular: uma revisão sistemática. Ciência & Saúde Coletiva, Goiânia, v. 22, n.1, p. 123-134, 2017.

ROSSI, Cristiane Gonzales, ROCHA, Renata Marchetti; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa. Aspectos ergonômicos na transferência de pacientes: um estudo realizado com trabalhadores de uma central de um hospital universitário. Rev Esc Enferm USP 2001; 35(3):249-56.

SCHIRMER; Carolina R; BROWNING, Nádia; BERSCH, Rita; MACHADO, Rosângela. Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Física. Brasília, 2007.