

ESTUDO DE UMA PLATAFORMA GENÉRICA PARA PRESCRIÇÃO DE CADEIRA DE RODAS

Carlos Alberto Costa, Área Ciências Exatas e Engenharia, UCS, cacosta@ucs.br

Suzete Grandi, Clínica de Fisioterapia, UCS, sgrandi@ucs.br

Jader Henrique Radmann, Área Ciências Exatas e Engenharia, UCS, jhradmann@ucs.br

Resumo. Este trabalho apresenta um levantamento inicial dos parâmetros a serem considerados no desenvolvimento de uma plataforma genérica que sirva de apoio para as equipes na prescrição de cadeira de rodas. Tal plataforma deve possibilitar variações de diferentes itens que permitam adequar e identificar a melhor opção de configuração de cadeira de rodas para cada usuário, por meio de um teste prático. Sabe-se que o processo convencional de prescrição, baseado em entrevista e medições antropométricas, pode ser limitado por falta de um teste prático que permita identificar a exata configuração das cadeiras. Desta forma, esse trabalho fez um levantamento sobre as características principais de uma cadeira de rodas, bem como os parâmetros que são normalmente variados nesses tipos de equipamentos, baseado nas Normas Brasileiras (NBR) que regem esse tema. Foram identificados 17 parâmetros que serão utilizados como referência para criação da plataforma genérica.

Palavras chave: Cadeiras de Rodas, Prescrição, Plataforma.

1. INTRODUÇÃO

A bioengenharia interliga os princípios da engenharia às questões relacionadas à manutenção e suporte à vida. Dentre várias frentes, seu esforço principal está direcionado para o desenvolvimento de soluções que atendam demandas que facilitam, de algum modo, a vida das pessoas. Em muitos casos, a bioengenharia volta-se para a área da reabilitação, o que contribui para melhorar a qualidade de vida da população (SIQUEIRA et al, 2017), além de potencializar a ação dos profissionais dessa área.

Sabe-se que a carência relativa ao desenvolvimento de produtos destinados aos portadores de deficiências é fator problemático no cenário mundial. Conforme demonstrado em 2010, por meio do último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), foi constatado que o número de habitantes com algum tipo de deficiência chega a atingir 45,6 milhões de brasileiros, ou seja, 23,9 % da população (OLIVEIRA, 2010). Neste ponto, fora averiguado que o maior percentual se referia às deficiências visuais (18,6%), seguidas pelas motoras (7%) e, posteriormente, pelas auditivas (5,10%), destacando-se que, no Rio Grande do Sul, as pessoas com algum tipo de deficiência caracterizam 23,84% da população. A Organização Mundial da Saúde aponta que 650 milhões de pessoas, ou 10% da população mundial possuem algum tipo de deficiência e que, desse grupo, 10% necessitam do uso de cadeira de rodas, o que compreende 65 milhões de pessoas, ou seja, 1% da população mundial (WHO, 2008).

Um recurso bastante empregado na área da tecnologia assistiva é a cadeira de rodas, que além de possibilitar o deslocamento e favorecer a inclusão do usuário em uma grande variedade de atividades, também proporciona maior autonomia e liberdade em atividades cotidianas. Tal dispositivo passa a ser parte do usuário, o que justifica a importância de um correto processo de prescrição. Nesse cenário, torna-se fundamental o desenvolvimento de recursos que instrumentalizem os profissionais prescritores a serem ainda mais assertivos na escolha dos parâmetros das cadeiras de rodas recomendadas, visto que equívocos nesse âmbito acarretam em diversos problemas que vão desde a não utilização da cadeira até complicações agravadas nas condições de saúde dos usuários.

Nos serviços de reabilitação que atendem pacientes pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e que realizam a prescrição, concessão e dispensação de cadeiras de rodas, existe uma grande responsabilidade e preocupação em ofertar o melhor e mais adequado dispositivo para seus pacientes. Isso implica na identificação dos parâmetros-chave dos usuários e sua relação com as variáveis para o adequado dimensionamento das cadeiras de rodas, tais como largura e profundidade de assento, altura do encosto, tamanho das rodas, formas de utilização e condução do recurso, ambiente em que será utilizado, etc.

Os profissionais especialistas nessa área, tais como médicos, fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais, possuem limitações na realização desse tipo de avaliação. Isso ocorre pela falta de um recurso, tipo um simulador de cadeira de rodas, que possibilite múltiplos ajustes ainda no momento da avaliação do paciente, etapa que precede a prescrição. Tal simulador oportunizaria a experimentação pelo usuário, cujas evidências instrumentalizariam ainda mais as equipes na definição das medidas e parâmetros ideais, bem como da seleção final da cadeira de rodas.

Desta forma, esse trabalho propõe um estudo sobre a identificação dos parâmetros-chave para a especificação de cadeiras de rodas, de modo que tais informações sejam balizadoras para a criação de uma plataforma com arquitetura flexível e genérica. Objetiva-se com isso, que tal recurso sirva como um ponto de apoio importante para as equipes prescritoras, de modo que estas sejam cada vez mais assertivas no processo de prescrição das cadeiras de rodas. Sendo assim, tal plataforma servirá de teste real para o usuário, onde os parâmetros necessários serão regulados e ajustados pelos profissionais de tal forma que fique o mais próximo da cadeira a ser dispensada.

Este trabalho está sendo desenvolvido nas dependências do Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul (CECLIN-UCS), na unidade Reabilitação. Tal setor é uma unidade de extensão da UCS que integra ensino e pesquisa, caracterizando-se como unidade prestadora de serviços. As ações são desenvolvidas por profissionais das áreas da Fisioterapia, Medicina, Terapia Ocupacional, Serviço Social, Enfermagem e Psicologia à usuários do SUS. São realizados cerca de 3000 atendimentos mensais a pessoas portadoras de diversas patologias e 190 novas consultas são mensalmente ofertadas.

Dentro da perspectiva desse trabalho, durante o segundo semestre de 2017 foram realizadas visitas a unidade de Reabilitação do CECLIN- UCS, para acompanhamento da equipe de profissionais responsáveis pela especificação das cadeiras de rodas. O procedimento padrão realizado no serviço envolve avaliação interdisciplinar, momento em que ocorre a prescrição dos dispositivos de locomoção. Assim, através do levantamento de informações, dá-se a prescrição da cadeira de rodas ideal para o paciente. Neste ponto, cabe salientar a ausência de testes mais práticos, uma vez que não se dispõe de uma cadeira de rodas que proporcione a variação dos parâmetros e ajustes em relação a cada usuário. Ainda, importa destacar a impossibilidade da aquisição de vários modelos com diferentes parâmetros, devido a grande variedade de modelos e medidas existentes no mercado.

Desta forma, evidenciou-se que a disponibilização de uma plataforma com parâmetros variáveis para especificação de cadeira de rodas, conferirá suporte e auxiliará os profissionais que prescrevem as cadeiras de rodas, trazendo benefícios a todos os envolvidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Cadeiras de rodas

A cadeira de rodas tem como aplicação fundamental acolher às carências e necessidades do seu usuário, almejando ao mesmo tempo conforto e segurança, o que nem sempre é simples de ser alcançado devido a ampla diversidade física existente entre as pessoas, suas necessidades e limitações. A mesma é considerada o equipamento de mobilidade mais utilizado por indivíduos com dificuldades de locomoção, possibilitando ao usuário uma vida mais produtiva, e propiciando ao mesmo o acesso a áreas importantes como a educação, saúde, trabalho e o lazer (FROST et al., 2012).

Existem diferentes modelos de cadeira de rodas as quais visam atender as mais diversificadas limitações motoras que envolvem as pessoas com deficiência. Num primeiro momento, pode-se classificar as cadeiras de rodas em: manual, motorizada, especializada e esportiva/recreacional (COOPER, 1998).

No que tange à cadeira de rodas manual, cujo modelo mais comum apresenta aros de propulsão, esta necessita de força física para seu deslocamento, seja tal força feita pelo próprio usuário ou ainda através de um auxiliar para a sua condução (ABNT 7176-26, 2016). Já a cadeira de rodas motorizada é alimentada eletricamente por baterias ou motores. É destinada a usuários que não podem executar a propulsão na cadeira de rodas manual ou necessitam de deslocamento em longos percursos (World Health Organization, 2017). As cadeiras de rodas especializadas são recomendadas para usuários especiais e buscam adaptar-se às limitações exclusivas de cada um destes, como por exemplo, àqueles usuários que não possuem todos os membros do corpo, ou deficientes que contam com paralisia parcial em um lado do corpo e que necessitam da cadeira de rodas que proporcione propulsão com apenas uma das mãos (MOBILITY BASICS, 2017). Por fim, em relação às cadeiras de rodas esportivas, que tem como característica principal a existência de uma estrutura rígida e leve, as mesmas são apropriadas aos usuários que praticam algum esporte, assim como é visto na prática de corrida e jogo de basquete, o que não prejudica a utilização deste modelo de cadeira de rodas aos usuários comuns não esportistas (MOBILITY BASICS, 2017).

O foco desse trabalho está nas cadeiras de rodas manuais com aros de propulsão, que é considerada a mais utilizada por usuários de cadeira de rodas, principalmente devido a fatores como facilidade de adaptação, valor economicamente baixo na sua aquisição e simplicidade na realização de consertos (KOONTZ et al., 2006). Segundo Cowan et al. (2009), a eficiência alcançada no deslocamento realizado pelo usuário na cadeira de rodas manual dependerá de elementos como a intensidade de esforço manual exercido nos aros de propulsão e a forma estrutural em que a cadeira de rodas é planejada, os quais serão explanados a seguir.

Na propulsão manual da cadeira de rodas, a intensidade de esforço manual pode ser dividida em dois períodos, sendo que no primeiro período ocorre a impulsão, a qual compreende a movimentação no sentido de agarrar o aro de propulsão com as mãos, empregar força física e após realizar a movimentação no sentido de soltar as mãos do aro. No segundo período ocorre a recuperação, que consiste no balanço das mãos para trás, seguida do retorno destas a procura do período de impulsão (BONINGER et al., 2000). Por isso a importância do ajuste e interface entre usuário e cadeira de rodas.

No projeto de uma cadeira de rodas manual com aros de propulsão, um elemento de extrema relevância é a posição do eixo da roda em relação ao centro de massa do ocupante. Assim a distância entre o centro do eixo das rodas e os ombros do ocupante deve ser a menor possível, contribuindo para que o ocupante fique em uma posição confortável, afim de exercer a propulsão da cadeira de rodas com uma força significativamente menor (SAGAWA JÚNIOR et al, 2012).

Uma cadeira de rodas é composta por uma estrutura básica formada das seguintes partes: encosto das costas, apoio de braços, almofada, assento, roda dianteira, raio de impulso, apoio do pé, freio, trilho do assento, roda traseira e haste. A Figura 1 apresenta as partes que compõem a cadeira de rodas.

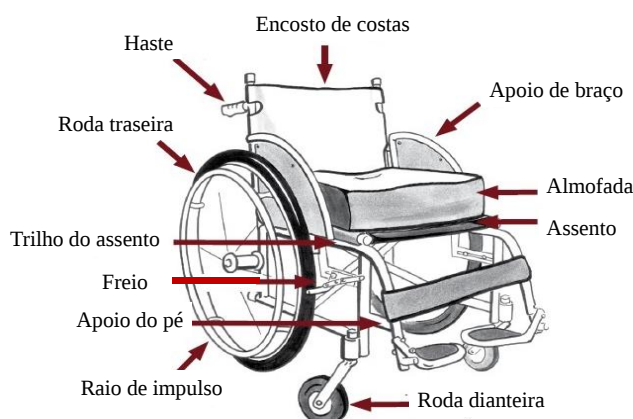


Figura 1. Partes que compõem uma cadeira de rodas (Adaptado de FROST et al, 2012)

As funcionalidades dos componentes da cadeira de rodas devem ser levadas em consideração. Assim sendo, a existência de um encosto de costas que ofereça bom suporte à região dorsal, um assento confortável, o apoio de braços e de pés seguro e removível, bem como rodas de manuseio simples e com ampla resistência tornam-se relevantes. Dessa forma, percebe-se a necessidade da interligação entre os aspectos físicos do usuário e a cadeira de rodas, a qual deve contar com o máximo de ajustes possíveis (STRANGHETTI; ALEXANDRE, 2005).

2.2. Normas Brasileiras (NBR) vigentes para Cadeiras de Rodas

A Norma Brasileira – NBR responsável pela determinação das dimensões, massa e espaço para manobra da cadeira de rodas é denominada ABNT NBR 7176-5. Esta norma apresenta a maneira na qual os fabricantes de cadeira de rodas devem proceder para obter as dimensões da cadeira de rodas – com e sem usuário - e, desta forma, garantir sua padronização em conformidade com a norma. Outra Norma Brasileira que apresenta medidas de referência para as cadeiras de rodas é a ABNT NBR 9050 que se refere à acessibilidade de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Essa última está mais focada na relação da cadeira de rodas com o meio onde a mesma transitará.

A norma ABNT 7176-5 (2015), que trata das medidas que servem de parâmetro para fabricação de cadeira de rodas, não conta com dimensões relacionadas às medidas antropométricas da população, havendo uma classificação quanto a massa do ocupante. Assim são definidos ocupantes com peso inferior a 50 kg - “grupo de massa do ocupante I”; ocupantes com peso entre 50 kg e 125 kg - “grupo de massa do ocupante II”; ocupantes com peso acima de 125 Kg de “grupo de massa do ocupante III”. Para estes grupos são estipulados padrões de referência para ajustes nas cadeiras de rodas com e sem aro de propulsão. A antropometria corresponde às medidas do ser humano, considerando uma amostragem das pessoas para o projeto de determinado objeto (LIDA, 1995). Na produção de cadeira de rodas, o estabelecimento de referenciais antropométricos e ergonômicos mais completo é determinante, uma vez que através destes podem ser estabelecidos parâmetros confiáveis e satisfatórios à comodidade e segurança individual de cada cadeirante (RAMOS et al, 2003).

A Tabela 1 apresenta os valores dos itens mais importantes para regulagem em cadeira de rodas com aros de propulsão que englobam as cadeiras de rodas manuais mais usuais (ABNT 7176-5, 2015) e a Figura 2 mostra uma representação dos principais itens para regulagem da cadeira de rodas.

Tabela 1. Itens principais na regulagem de cadeira de rodas com aros de propulsão (ABNT 7176-5, 2015).

Item	Valores de referência conforme cada grupo		
	Grupo I (< 50 kg)	Grupo II (50 kg a 125 kg)	Grupo III (> 125 Kg)
Profundidade do assento (mm)	340	450	450
Largura efetiva do assento (mm)	320	450	500
Altura do assento ao solo (mm)	470	520	520
Altura do encosto (mm)	340	420	420
Altura da manopla (mm)	820	950	950
Largura do encosto (mm)	320	450	500
Altura do apoio do assento ao apoio de pés (mm)	340	450	450
Comprimento do apoio dos pés (mm)	150	150	150
Ângulo entre o apoio de pés e as pernas (graus)	90	90	90

Ângulo entre as pernas e a superfície do assento (graus)	90	97	97
Altura do apoio de braços (mm)	160	200	200
Distância entre o apoio de braço e o encosto (mm)	200	320	320
Diâmetro do aro de propulsão (mm)	490	530	530
Diâmetro da roda propulsora (mm)	560	610	610
Distância entre eixos (mm)	340	400	400
Cambagem (graus)	-3	0	0
Localização horizontal do eixo da roda (mm)	20	20	20
Localização vertical do eixo da roda (mm)	166	184	184

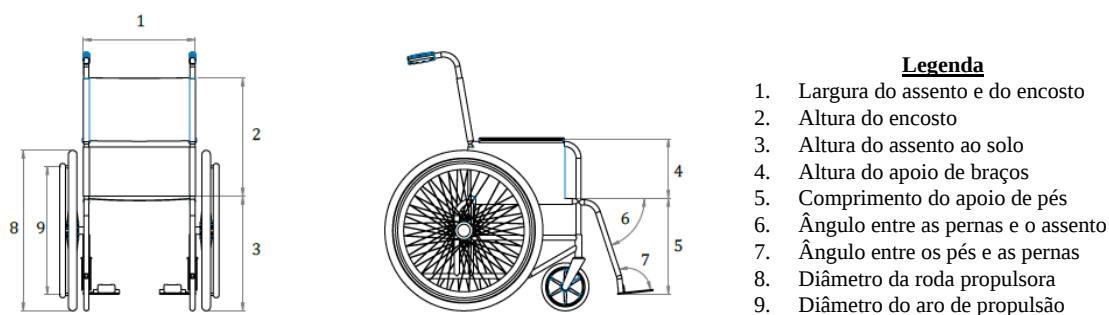


Figura 2. principais itens para regulagem da cadeira de rodas, Autor.

2.3. Prescrição de Cadeiras de Rodas

Para uma correta adequação do usuário a cadeira de rodas é essencial a realização de uma avaliação, onde se analisam as capacidades motoras e funcionais do paciente, a existência de contraturas ou imperfeições e são feitas as medidas do usuário (O'SULLIVAN; SCHMITZ, 1993). Essa avaliação tem o propósito de analisar as particularidades do usuário, como suas condições físicas, sua qualidade de vida e assim satisfazer ao máximo as necessidades (WHO, 2008).

A adequada prescrição de uma cadeira se dá através da realização de uma entrevista/anamnese, perante a qual são analisados o estilo de vida, bem como o ambiente de convívio que cercam o pretendo usuário. Além disso, fatores como a distância percorrida, tempo de uso diário e o local onde a cadeira de rodas será utilizada, tornam-se dados relevantes na prescrição so recurso, objetivando, com isso, a especificação do equipamento mais adequado ao seu usuário. Posteriormente, é realizada uma avaliação física, mediante a qual se dá a identificação do tipo de paralisia acometida àquele indivíduo, sendo avaliados os fatores que interferem na anomalia combatida, a fim de obter-se a escolha da cadeira de rodas mais apropriada. Ainda, essa avaliação também permite prescrever suportes posturais adicionais para auxílio no conforto do usuário, sendo todos os dados levantados registrados em um formulário (FROST et al., 2012).

A etapa seguinte de avaliação consiste em um teste prático em uma cadeira de rodas, onde o ajuste preciso da cadeira ao ocupante proporciona maior capacidade de controle corporal e equilíbrio. Por fim, são anotadas as medidas do usuário, como largura do quadril que determina a largura do assento, a altura da última costela que define a altura do encosto e comprimento de perna que indica a profundidade do assento da cadeira de rodas, entre outras medidas (FROST et al., 2012).

Waugh et al. (2013) aponta medidas padrões adotadas na maior parte das avaliações de prescrição de cadeira de rodas, além de definir medidas complementares, as quais permitem o estabelecimento de referências mais completas na determinação da cadeira de rodas, como por exemplo:

- Profundidade: do tronco, do antebraço, da coxa e do pé;
- Altura: máximo do assento, do ombro, da axila, da escápula, do cotovelo, e do comprimento inferior da perna;
- Largura: do ombro, do peito, do quadril, externa do joelho e externa do pé.

As medidas complementares menos habituais de serem usadas correspondem a profundidade do tronco, a profundidade do antebraço, a profundidade do pé e a largura externa do pé. Ainda, segundo Waugh et al. (2013), existem ângulos relativos que podem contribuir para a correta prescrição da cadeira de rodas e de seus assentos, interferindo de forma significativa na comodidade do usuário, tais como:

- Ângulo entre o assento e o encosto (valores usuais: 80 a 120 graus);
- Ângulo entre o assento e o suporte de pé (valores usuais: 80 a 130 graus);
- Ângulo entre o suporte do pé e o suporte de pé inferior (valores usuais: 80 a 100 graus)

Ergonomicamente, o posicionamento considerado ideal a uma pessoa sentada é denominado posição 90-90, pois o ângulo entre o quadril, os joelhos e os pés são de 90° (ENGSTRÖM, 2002). No entanto, na prática essa posição não

oferece uma contribuição funcional significativa para as pessoas. Assim, segundo o mesmo autor, considerando-se que um usuário de cadeira de rodas se encontra inserido em um público com padrões diferenciados, recomenda-se a realização de uma avaliação específica e individual para cada quadro, a fim de que seja determinada a correta prescrição dos ângulos obtendo-se o melhor posicionamento do cadeirante.

3. PROPOSTA DO TRABALHO

Com base no referencial apresentado, a prescrição da cadeira de rodas envolve uma combinação de diferentes variáveis que devem ser ajustadas a fim de propor uma melhor configuração de cadeira de rodas ao seu usuário. Assim, para a proposição de um projeto da plataforma genérica de cadeira de rodas é necessária a correspondência entre os componentes mecânicos mensuráveis e as questões físicas apresentadas pelos diferentes grupos de pessoas.

Os parâmetros a serem considerados no desenvolvimento de uma plataforma genérica de cadeira de rodas, serão embasados nas normas técnicas brasileiras vigentes, compostas pela ABNT 7176-5 (2015), que estabelece a determinação das dimensões, massa e espaço para manobra de cadeira de rodas e pela ABNT 9050 (2015) que indica referências para a acessibilidade de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos. Da mesma forma, aspectos relacionados à prescrição da cadeira de rodas, como limitações físicas, capacidade motora, medidas, entre outros, deverão ser observados para que a plataforma genérica possa adaptar-se ao usuário da melhor forma possível (Figura 3).

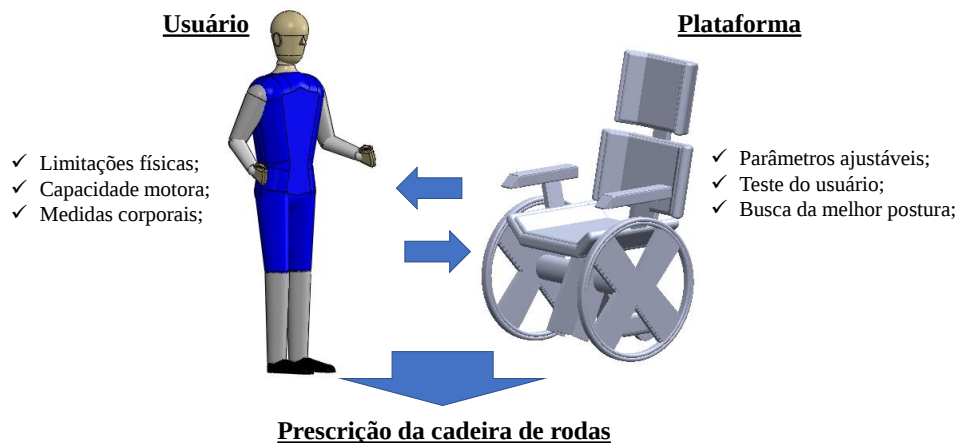


Figura 3. Correlação entre usuário e plataforma, Autor.

Para o desenvolvimento da plataforma genérica proposta por esse trabalho estão as seguintes etapas de: definição, priorização e seleção dos itens de regulagem da cadeira de rodas; definição conceitual da forma de variação dos itens de regulagem; simulação virtual dos movimentos de regulagem; projeto conceitual e detalhado da plataforma; geração de um “protótipo” de validação, fabricação da plataforma genérica, testes de validação e aprovação final da plataforma.

O maior desafio no processo de desenvolvimento dessa plataforma está na conciliação dos requisitos de movimentação (ajuste) dos diferentes parâmetros a serem considerados, uma vez que o mecanismo de movimentação para ajuste de um parâmetro poderá implicar na restrição de movimentação de outro.

Por essa razão é que na primeira etapa de definição, priorização e seleção dos itens de regulagem da cadeira de rodas serão considerados os parâmetros relativos a regulagem de uma cadeira de rodas tais como profundidade, largura, altura, distâncias e ângulos do equipamento. Tais parâmetros foram apresentados na Tabela 1, num total de 18 itens para 3 grupos de usuários.

Para gerenciar a quantidade, importância e grau de prioridade dos 18 itens considerados será aplicada a técnica do QFD – Quality Function Deployment (AKAO, 1997), o qual possibilita a classificação das especificações de projeto em ordem de importância da mais significativa para o menos relevante, bem como o mapeamento das relações entre os mesmos. Entende-se que, apesar da importância de sempre considerados os 18 itens, para um primeiro projeto uns serão priorizados em detrimento de outros.

Isso será feito por meio de entrevistas com os profissionais que atuam na área de prescrição de cadeiras de rodas, identificando aqueles parâmetros que são prioritários no processo. Pretende-se inicialmente definir os parâmetros associados as dimensões da área assento, bem como os associados ao processo de impulsão das cadeiras, tais como: profundidade do assento; largura efetiva do assento; altura do assento ao solo; altura do encosto; largura do encosto; altura do apoio do assento ao apoio de pés e comprimento do apoio dos pés.

Logo após a identificação e classificação das especificações de projeto, realizar-se-á um estudo referente aos mecanismos que serão empregados no equipamento proposto, i.e. plataforma, buscando-se com isso, alternativas e soluções para as funções de cada segmento da plataforma. Ainda, será criada uma tabela morfológica almejando-se a

facilidade na decisão de escolha dos componentes do equipamento. Para isso, pretende-se priorizar a utilização de componentes relacionados à automação, como por exemplo, acionadores elétricos, motores elétricos, fusos e guias lineares além de componentes articulados. Nessa etapa, um aspecto importante é mapear as interações entre os mecanismos das soluções para cada item, ou parâmetro.

O projeto da plataforma genérica está sendo modelado em ambiente computacional 3D com o apoio de ferramentas de simulações de movimento dos mecanismos definidos dentro da plataforma e após a obtenção do resultado definitivo do projeto 3D, efetuar-se-á o detalhamento dos componentes. Está sendo previsto a utilização do software Solidworks 2017, onde testes iniciais já estão sendo feitos. Após a etapa de validação de projeto está prevista a construção da plataforma dentro dos Laboratórios de Engenharia Mecânica da UCS.

Finalizada a fabricação do protótipo, serão efetuados testes junto a unidade de Reabilitação do CECLIN-UCS. Dessa forma, caso o resultado obtido nos testes seja favorável a sua aplicação, a mesma será incorporada ao protocolo de prescrição de cadeiras de rodas pelo serviço anteriormente citado.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um levantamento dos parâmetros considerados fundamentais para o processo de prescrição de cadeira de rodas, visando um maior índice de acerto na concessão e dispensação desses tipos de dispositivos aos seus usuários. Foram consideradas as Normas Brasileiras relacionadas ao assunto para o levantamento. Os parâmetros identificados serão utilizados para a especificação, o projeto e o desenvolvimento de uma plataforma genérica ajustável que permita que o processo de prescrição seja realizado de forma mais precisa, com o usuário testando o melhor ajuste dentro do conjunto de parâmetros possíveis.

Por ser ao todo um conjunto de 18 itens previstos pelas normas, os itens são priorizados com o auxílio da ferramenta de QFD, levando-se em consideração a realidade do processo sob a ótica dos profissionais da área. Da mesma forma serão previstas e ponderadas as interações entre as soluções propostas para cada conjunto de parâmetros.

As próximas fases do trabalho serão, uma vez priorizados os itens, a elaboração do projeto conceitual da plataforma genérica e sua validação, com a escolha dos princípios de acionamento dos mecanismos. O objetivo final é testar o projeto concebido com a fabricação de um protótipo real.

5. REFERÊNCIAS

- AKAO, Y. Desdobramento das diretrizes para o sucesso do TQM. São Paulo: Bookman, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 7176-26: cadeira de rodas, vocabulário. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 7176-5: cadeira de rodas, determinação das dimensões, massa e espaço para manobra. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- BONINGER, M.L.; BALDWIN, M.; COOPER, R.A.; KOONTZ, A.; CHAN, L. Manual wheelchair push rim biomechanics and axle position. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 81(5), p. 608-613, 2000.
- COOPER, R. A. Wheelchair selection and Configuration. New York: Demos Medical Publishing, 1998.
- ENGSTRÖM, B. Ergonomic Seating: A true challenge. Germany: Posturalis books, 2002.
- FROST, S. et al. Wheelchair Service Training Package: Reference Manual for Participants. Basic Level. Geneva: World Health Organization, 2012.
- IBGE. 2010. Cartilha do censo 2010 – Pessoas com Deficiência. Disponível em: <<http://www.portalinclusivo.ce.gov.br/index.php/bibliotecavirtual/cartilhas/44275-cartilha-do-censo-2010-pessoas-com-deficiencia>> Acesso em 06 mar. 2017.
- KOONTZ, A.M. et al. Investigation of the performance of an ergonomic handrim as a pain-relieving intervention for manual wheelchair users. *Assistive Technology*. v.18, n.2, p. 75-96, 2006.
- LIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1995.
- MOBILITY BASICS. Home medical equipment information and resources: wheelchair types. Disponível em: <<https://mobilitybasics.ca/pediatric/wheelchairtypes>>. Acesso em: 04 out. 2017.
- O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. Fisioterapia, avaliação e tratamento. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993.
- OLIVEIRA, L. M. B. Cartilha do censo 2010: pessoas com deficiência. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- SAGAWA JÚNIOR, Y. et al. Análise da propulsão em cadeira de rodas manual: revisão de literatura. Curitiba: Fisioter, 25 v. jan./mar. 2012.
- SIQUEIRA, A. A. G. et al. Departamento de engenharia mecânica: USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sem.eesc.usp.br/index.php/en/eng-mecanica-aplicada-a-saude>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

- COWAN, R.E.; NASH, M.S.; COLLINGER, J.L.; KOONTZ, A.M.; BONINGER, M.L. Impact of surface type, wheelchair weight, and axle position on wheelchair propulsion by novice older adults. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v.90(7), p.1076-1083, 2009.
- RAMOS, C.M.C.; RIPPER, J.L.M.; NOJIMA, V.L.M.S. Avaliação da venda de cadeiras de rodas. In: Anais do II Congresso Internacional de Pesquisa em Design – Brasil. Rio de Janeiro: Anped, 2003. 8p
- STRANGHETTI, J. S.; ALEXANDRE, N.M.C. Avaliação ergonômica de cadeira de rodas utilizada no transporte de pacientes em hospital. Rio de Janeiro: Revista Enfermagem URRJ. 13, 2005. p.181-187.
- WAUGH, K. et al., A clinical application guide to standardized wheelchair seating measures of the body and seating support surfaces. Colorado: Assistive Technology Partners, 2013.
- WHO. Guidelines on the provision of manual wheelchairs in less resourced settings. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, World Health Organization, 2008. Disponível em: <[http://www.who.int/disabilities/publications/technology/English%20Wheelchair%20Guidelines%20\(EN%20for%20the%20web\).pdf](http://www.who.int/disabilities/publications/technology/English%20Wheelchair%20Guidelines%20(EN%20for%20the%20web).pdf)>. Acesso em: 05 out. 2017
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fact sheet on wheelchairs. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/205041/1/B4616.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2017.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (Processo Número: 442138/2016-4 TA) e a UCS pelo apoio financeiro concedido. Também o agradecimento a unidade de Reabilitação do Centro Clínico da Universidade de Caxias do Sul pelo acesso aos casos estudados.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

Parecer consubstanciado do CEP Universidade de Caxias do Sul Número 2.461.220.