

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PRESCRIÇÃO AUTOMATIZADA DE CADEIRAS DE RODAS DE ALTO RENDIMENTO PARA O BASQUETEBOL

Lucas de Souza Cardoso, FEMEC-UFU, sat.iccha@gmail.com

Cleudmar A. Araújo, FEMEC-UFU, cleudmar@ufu.br

Sonia A. Goulart de Oliveira, FEMEC-UFU, sgoulart@ufu.br

Resumo. Os esportes paralímpicos são importantes para a habilitação e reabilitação de pessoas que adquiriram deficiências físicas ou nasceram acometidas com elas. Estes esportes atuam como atividades físicas que exercem a manutenção da saúde e da qualidade de vida destas pessoas, além de proporcionar uma forma de inclusão social efetiva. Para estas práticas as pessoas utilizam equipamentos e tecnologias assistivas especiais que favorecem a dinâmica fisiológica e a ação de grupos musculares específicos. Contudo, dada a diversidade de graus de acometimento físico e a variabilidade das dimensões antropométricas das pessoas estes equipamentos auxiliares precisam ser idealizados de forma adequada, ou podem não satisfazer as suas condições anatômicas e patológicas ocasionando mais prejuízos e impedimentos à reabilitação, ainda mais quando estes equipamentos são cadeiras de rodas. Para tanto, o NH/RESP, junto com a Sala FEMEC-CIMNE, desenvolveu um novo equipamento de personalização de cadeiras de rodas estabelecendo uma metodologia científica de prescrição personalizada.

Palavras chave: Prescrição de Cadeiras de Rodas. Basquetebol. Metodologia. Ajustável

1. INTRODUÇÃO

Atividades esportivas exercidas pelas pessoas com deficiência são de grande importância para a manutenção de sua saúde e qualidade de vida, além de auxiliarem de forma efetiva a reabilitação física e a inclusão social. A prática regular de esportes para as pessoas com deficiência traz benefícios para a sua saúde física e mental melhorando sua condição cardiovascular, seu equilíbrio e coordenação motora. O aumento de sua autoconfiança e autoestima potencializa inúmeras possibilidades sociais, como por exemplo, maior versatilidade no trabalho. No entanto, devido a questões inerentes à própria deficiência como, por exemplo, modificações em condições metabólicas, o esporte deve ser acompanhado por profissionais habilitados. Neste aspecto, existem diversas modalidades esportivas direcionadas para as pessoas com deficiência.

Com o crescimento dos esportes adaptados, as Paralimpíadas ganharam notoriedade, atingindo o reconhecimento de um dos maiores eventos do mundo. Desde os Jogos de Atenas, em 2004, os esportes paralímpicos ganharam mais importância no Brasil, destacando inúmeros paratletas em diversas modalidades como basquetebol, ciclismo, bocha, esgrima, dentre outras. No ano de 2016 houve as Olimpíadas e as Paralimpíadas do Rio de Janeiro, estimulando diversos setores econômicos, paratletas e pesquisadores a fim de desenvolver novos conhecimentos e tecnologias.

O emprego de cadeiras de rodas nos esportes paralímpicos vem passando por diversas melhorias e adequações ergonômicas. A modalidade do Handebol foi pioneira neste processo, pela reconstituição dos aspectos técnicos e táticos do esporte para com as necessidades dos paratletas. É considerável a importância das cadeiras de rodas naquelas modalidades em que são empregadas, assim como, a sua adequação ergonômica. As modalidades desportivas conferidas às cadeiras de rodas manuais, em que este equipamento é parte ativa no exercício do atleta, auferidas à organização da IWAS – *International Wheelchair & Amputee Sports* são: - Atletismo, Basquetebol, Rugby, Curling, Arremesso, Esgrima, Handebol e Tênis.

Em 2012, foi oficialmente criado o Núcleo de Habilitação/Reabilitação em Esportes Paralímpicos – NH/RESP no âmbito da FEMEC/UFU sendo caracterizado por um núcleo multidisciplinar formado por pesquisadores de diversas áreas atuando sob uma coordenação geral do Centro Nacional de Referência em Tecnologia Assistiva – CNRTA sediado no CTI em Campinas/SP. A missão do NH/RESP é dar atenção especial à saúde da pessoa com deficiência, possibilitando uma maior inclusão social através de ações direcionadas para a melhoria do condicionamento físico e de práticas desportivas em suas diversas modalidades, aprimorando assim a qualidade de vida dessas pessoas, e em especial, aumentando e melhorando o desempenho de nossos atletas paralímpicos.

Para auxiliar no projeto de cadeiras de rodas esportivas e de vida diária vem sendo desenvolvido, no NH/RESP, um equipamento que permite a personalização automatizada de cadeiras de rodas para esportes de alto rendimento, o SWCE – *Sports Wheelchair Customization Equipment*. Com o equipamento SWCE é possível reproduzir múltiplas condições de adequação postural e acomodação ergonômica de indivíduos com deficiências e submetê-los a testes de simulação de propulsão, rodagens em terrenos irregulares ou inclinados, esforço físico, resistência biomecânica, fadiga muscular, metabolismo aeróbico e anaeróbico, e ainda, podendo observar a sua resposta fisiológica em condições de contorno ideais para deficiências físicas específicas.

Esportes paralímpicos, principalmente os equipados, demandam atribuições especiais no exercício de suas atividades. Estas atribuições se originam de uma combinação entre as particularidades de cada modalidade desportiva –

como objetivos olímpicos, regras desportivas, regulamentações e níveis de desempenho – e as deficiências físicas e limitações antropométricas dos atletas. E ainda, tais atribuições certamente variam para uma diversidade de deficiências físicas nos atletas e de configurações dos equipamentos.

Os equipamentos e acessórios utilizados por estes paratletas foram baseados em instrumentos convencionais de assessoria aos deficientes físicos, como por exemplo, apoios, bengalas, cadeiras de rodas, luvas e equipamentos de proteção individual. Em alguns casos, estes instrumentos eram de propriedade e uso convencional por parte destes indivíduos enquanto civis, e que foram adotados por eles também em suas atividades desportivas. Notavelmente, o exercício olímpico se diferencia das atividades cotidianas (ou normais) na medida em que demanda do indivíduo um desempenho acentuado de sua capacidade física em atividade extra motriciais – como velocidade, resistência, flexibilidade, destreza, entre outros.

Assim, os equipamentos adequados em atividades físicas convencionais, podem não o ser em atividades físicas desportivas. Alguns fabricantes especializados e equipes científicas têm se atentado para essa condição e buscado uma solução inteligente e satisfatória para este problema. Entretanto, até o presente momento, o mercado produtor de equipamentos paralímpicos não admitiu uma metodologia ideal de produção que atenda aos paratletas dentro de suas especificidades pessoais. Assim como, não desenvolveu uma norma eficiente de análise destas particularidades entre os indivíduos deficientes físicos usuários, e a conseguinte fabricação de equipamentos personalizados.

Atualmente, a fabricação de uma cadeira de rodas de alto rendimento exige o conhecimento de profissionais habilitados. Neste caso, é necessário o conhecimento das diferentes configurações de cadeiras e também sobre as características antropométricas de cada atleta em função de sua lesão.

Para isto, normalmente, os profissionais precisam se deslocar para efetuar estas medidas no atleta, ou, existe também um método indireto e arriscado que é o preenchimento de questionários, por parte dos atletas, com medidas antropométricas. Após estas análises iniciais, inicia-se o processo de fabricação da cadeira personalizada que pode durar até meses. Um dos inconvenientes são futuros ajustes que poderão ocorrer na cadeira em função de medidas que não foram adequadamente fornecidas ou medidas.

No campo científico, os experimentos atuais de ergometria conduzidos em pessoas com deficiências ainda são baseados em cadeiras de rodas e tecnologias assistivas genéricas que não preveem idealmente as condições de contorno da antropometria do indivíduo, nem de suas deficiências específicas. Ou quando são desenvolvidos com cadeiras de rodas personalizadas ficam sujeitos à qualidade de personalização da respectiva cadeira, ou à experiência de vida do cadeirante. Cadeiras de rodas personalizadas têm sido produzidas por métodos de tentativas e erro, além de técnicas imprecisas de leitura e prescrição antropométrica. E muitas vezes só se chega a um estado adequado de personalização com a contribuição da experiência ou tempo de deficiência do indivíduo – limitando os casos de reabilitação de pessoas com deficiências adquiridas recentemente.

1.1. Contexto Histórico

A prática de esportes é uma reconhecida iniciativa para se desenvolver uma vida mais sustentável, saudável e agradável. O corpo humano possui uma alta capacidade adaptativa para os exercícios físicos, intensos ou leves. As atividades físicas fazem parte da história da humanidade, seja na forma desportiva ou ocupacional; e por isso, exerceram notória influência na modelagem do corpo humano (FIMS – *Fédération Internationale de Médecine Sportive* apud LAZZOLI *et al.*, 1997).

As características do corpo humano se deram como uma resposta fisiológica aos esforços físicos que definiram os meios de sobrevivência do homem (ARAÚJO & ARAÚJO, 2000). De acordo com o *Manifesto do Cirurgião Geral dos Estados Unidos* em 1996 (JM, Johnson apud ARAÚJO & ARAÚJO, 2000) pode ser considerado como atividade física qualquer movimento corporal com gasto energético acima dos níveis de repouso, incluindo as atividades diárias, como tomar banho, vestir-se; as atividades de trabalho, como andar, carregar; e as atividades de lazer, como se exercitar, praticar esportes, dançar, etc.

Estudos recentes traçaram um paralelo entre as demandas de esforço físico dos últimos anos e as formas físicas do corpo humano neste período. Os resultados indicaram que o nível de sedentarismo desta época deixou o corpo humano mais pesado, com perfil lipídico do sangue indesejável, pressão arterial insegura e com densidade óssea inferior nos idosos (FIMS apud LAZZOLI *et al.*, 1997). Resultados como estes alertam a sociedade para a necessidade de se resgatar as práticas de exercícios físicos como um fator de qualidade de vida.

Como as demandas ocupacionais são cada vez mais relacionadas ao esforço intelectual do que ao esforço braçal, o esporte representa a alternativa de se conjugar o trabalho físico às atividades humanas do cotidiano. Deste modo, pode-se afirmar que o esporte melhora o desempenho do corpo humano, ajuda na sua capacitação e habilitação, bem como, promove a sua reabilitação nos casos de prejuízos fisiopatológicos.

É neste viés que o esporte adaptado é adotado como fator de recuperação e qualidade de vida para pessoas com deficiências, sejam estas inatas ou adquiridas. Ferreira (2013) afirma que 14,5% da população brasileira apresenta algum tipo de deficiência e por isso, o esporte adaptado vem ganhando força no país. O termo esporte adaptado é tipicamente brasileiro e implica em adaptações das condições de práticas esportivas para pessoas com algum tipo de deficiência.

Costa e Silva *et al.* (2013) enfatizam a importância dos esportes adaptados em que o esporte é um fenômeno sociocultural com formas de manifestação heterogêneas. O esporte adaptado se coloca como uma destas possibilidades, sendo um objeto complexo com raízes na reabilitação de soldados no momento pós II Guerra.

Os esportes adaptados são influenciados por alguns fatores relacionados ao indivíduo, como, aspectos biológicos, aspectos fisiológicos, aspectos biomecânicos, aspectos percepto-motores, aspectos sociais e ainda, aspectos típicos de cada modalidade desportiva (COSTA E SILVA *et al.*, 2013).

Devido a estes fatores as modalidades desportivas de esportes adaptados desenvolveram prescrições baseadas em classes funcionais. As classes funcionais representam categorizações paramétricas entre atletas que garantam condições de igualdade competitiva entre os indivíduos, além de classificar os tipos de deficiências físicas que se aderem a cada modalidade. Os parâmetros de classificação são as características individuais do atleta em função das particularidades de sua deficiência.

De acordo com o Comitê Paralímpico Brasileiro (2012) o objetivo é garantir a igualdade geral e assegurar que os vencedores chegaram ao topo graças às suas melhores técnicas, habilidades, forças, talentos e não por um suposto favorecimento físico sobre as deficiências de um ou outro rival.

No Brasil há formalmente 20 categorias de esportes adaptados, com suas respectivas classificações funcionais. Entre estas modalidades estão o Handebol, o Basquetebol em Cadeiras de Rodas, o Atletismo, a Bocha Paralímpica, o Ciclismo, o Rúgbi em Cadeiras de Rodas, o Futebol de Sete, etc. Este trabalho visa abordar especificamente o Basquetebol em Cadeiras de Rodas.

1.1.1. Classificação Funcional do Basquetebol em Cadeiras de Rodas

A classificação funcional do basquete em cadeiras de rodas possui a faixa de 1,0 até 4,5 – sendo 1,0 o atleta com menor função física e 4,5 o atleta com maior função física ou deficiência mínima. Na respectiva modalidade os paratletas devem ser capazes de impulsionar independentemente a cadeira de rodas, e de executar movimentos típicos deste esporte como driblar, arremessar, passar, rebotear e reagir resistentemente a contatos de oponentes.

De acordo com a Comissão de Classificação de Jogadores da IWBF – *International Wheelchair Basketball Federation* (2004), os principais fatores que determinam a classe do atleta são – a função do tronco, a função dos membros inferiores, a função dos membros superiores e as funções das mãos. E ainda, para a Associação Desportiva para Deficientes (2004) o basquetebol em cadeira de rodas é uma modalidade paradesportiva desenvolvida de forma adaptada para pessoas com deficiência física nos membros inferiores. No basquetebol a cadeira de rodas é um equipamento essencial e colaborativo para o desempenho do paratleta. A sua classificação funcional é relacionada na fig. 1, e discriminada na tab. 1.

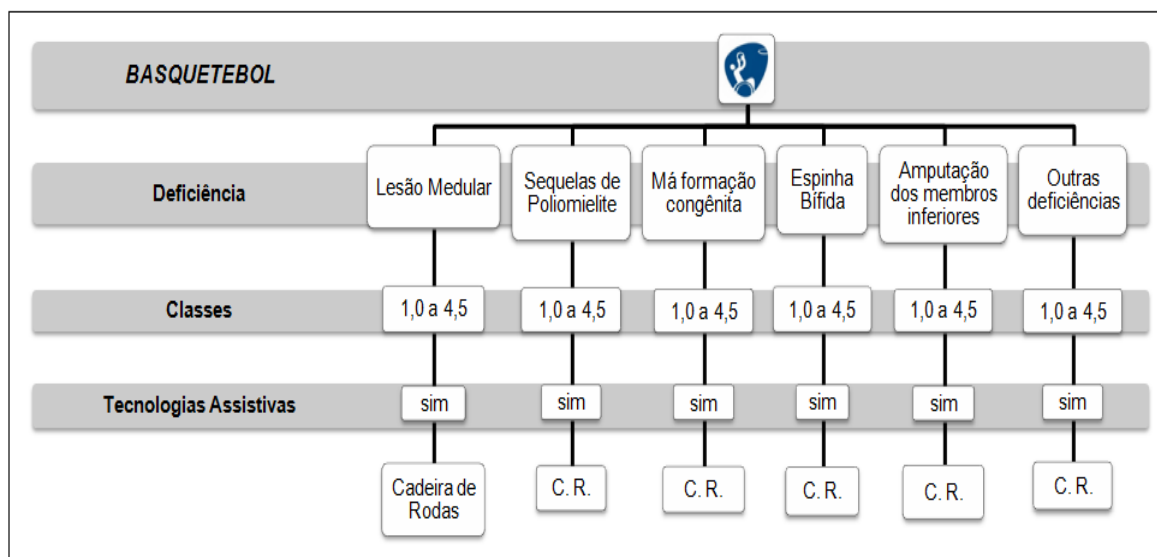


Figura 1 – Organograma da classificação funcional do basquetebol. Cardoso (2015)

Cada jogador é avaliado e recebe uma pontuação de 1,0 a 4,5 como peso de sua deficiência, sendo 1,0 o jogador com menor função física e 4,5 o jogador com maior função física ou deficiência mínima (CARDOSO, 2015).

Tabela 1 – Descrição das classes funcionais do basquetebol. Cardoso (2015)

Classes	Descrição
1,0	Lesão total na topografia torácica, entre T_1 e T_{11} .
1,5	Lesão total na topografia torácica, a partir de T_{12} a lesões mais baixas. Também comporta sequelados de pólio comprometidos em um dos membros superior e ambos os membros inferiores.
2,0	Lesão parcial na topografia lombar entre L_1 a L_5 .
2,5	Sequelados de pólio, dependendo do grau de comprometimento dos membros superiores e inferiores.
3,0	Amputação transfemural simples ou dupla, ou sequelas de pólio mais brandas, lesões torácicas incompletas em topografias mais baixas.
3,5	Amputação transfemural simples ou dupla, ou sequelas de pólio mais brandas; lesões torácicas incompletas em topografias mais baixas, porém para atletas com maior equilíbrio do tronco.
4,0	Amputação simples ou dupla transfemural, até sete centímetros de distância do joelho (coto longo), amputação.
4,5	Amputação simples ou dupla transtibial, ou simples transfemural mais simples transtibial.

Sabendo-se das classes funcionais das modalidades esportivas, e do basquetebol a priori, é possível estabelecer um parâmetro de prescrição de cadeiras de rodas personalizadas para cada atleta. A partir de uma analogia da classe funcional pode-se, por exemplo, estabelecer o nível do encosto das costas na cadeira de rodas que proporcione maior equilíbrio e estabilidade do tórax para indivíduos das classes 1,0 e 1,5. Assim como é possível aproximar os contornos das pernas no assento para fixar melhor os joelhos de amputados transtibiais, da classe 4,5. Para os casos de amputados transfemorais, da classe funcional 3,5, a cambagem das rodas podem favorecer o rodopio da cadeira, além de movimentos mais rápidos e arriscados, de forma que o atleta fique estabilizado no centro de gravidade da cadeira de rodas. Portanto, uma série de adaptações na cadeira de rodas podem otimizar o seu uso pela pessoa com deficiências. Entre estas, a colocação das rodas traseiras, a largura total e cambagem das rodas traseiras, e o ângulo de inclinação do assento em relação ao chão (ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE ESPORTES ADAPTADOS, 2006).

Assim, pode-se concluir que a classificação funcional designa o paratleta para a modalidade desportiva na qual as características de sua deficiência têm maior aderência, e estas por sua vez, prescrevem as características ergonômicas que o equipamento – cadeira de rodas – deve conter.

1.1.2. Prescrições de Cadeiras de Rodas

A capacidade de se definir uma cadeira de rodas personalizada em relação às necessidades específicas de um indivíduo pode estabelecer o seu nível de reabilitação e rendimento desportivo, bem como aumentar sua margem de expectativa de vida.

Alguns estudos trazem a comparação entre os tempos demandados para se executar algumas tarefas essenciais por meio de uma cadeira de rodas personalizada comparados com o uso de uma cadeira de rodas genérica. Para Garcia de Moraes *et al.* (2011) os efeitos da prescrição de cadeiras de rodas de basquetebol favorecem a personalização dos equipamentos em testes de desempenho, comparados a uma cadeira genérica. A cadeira de rodas personalizada proporciona maior nível de conforto e acomodação, facilitando os gestos motores e minimizando a fadiga osteomuscular.

As implicações da falta de adequação do equipamento assistivo em relação às necessidades fisiológicas do seu usuário podem não só prejudicar a locomoção e acessibilidade do indivíduo como também ocasionar fraqueza muscular e fadiga osteomuscular dificultando a propulsão da cadeira. O nível de fadiga pode acarretar prejuízos irreversíveis na biomecânica da pessoa com deficiência, bem como, na sua independência ao impulsionar a cadeira de rodas (COOPER *et al.*, 2001).

Outros autores, como Koontz (2009), ainda acrescentam a possibilidade de outros prejuízos relacionados à incompatibilidade entre o equipamento e o paratleta, como lesões nos membros superiores, lesões na medula, lesões por esforços repetitivos, lesões no manguito rotador, retardamento da reabilitação, aceleração do processo de envelhecimento e desgaste de tecidos e articulações.

No Brasil, assim como no restante do mundo, a fabricação de cadeiras de rodas personalizadas ainda é extremamente tímida e insatisfatória. Uma das principais dificuldades em se consolidar esta prática está na própria compilação antropométrica do usuário, e na prescrição da cadeira de rodas. O processo de estudo e medição da anatomia de um humano é relativamente técnico e complexo. Victor Paquet (2003) explica que a antropometria, a medição física das características e das habilidades das pessoas, fornece informações essenciais para um desenho adequado do ambiente, seja este ocupacional ou não, e para a concepção de produtos, ferramentas, vestuários e equipamentos.

Para as atividades esportivas oficiais, no projeto dos equipamentos deve predominar um consenso anatômico entre o paratleta e o equipamento, a fim de estabelecer uma noção de adaptabilidade entre ambos. Calegari (2010) afirma a

necessidade de se adequar as regras desportivas exclusivamente para esses clientes. Entretanto, os estudos antropométricos desenvolvidos nos últimos anos se limitaram a uma classe restrita de pessoas com deficiências, convertendo numa amostra pouco eficiente para análises mais complexas. Ainda, Victor Paquet (2003) afirma que os estudos envolvendo indivíduos com deficiência tenderam a se concentrarem em grupos de deficiências específicas, e isso, justamente pela falta de padronização, de definições e métodos de medição das dimensões antropométricas.

Em 25 de junho de 2013, o Ministério da Saúde, do Brasil, abriu a portaria de número 1.272, responsável pelas Normas para Prescrição de Cadeiras de Rodas e Adaptação Postural em Cadeiras de Rodas (BRASIL, 2014).

A respectiva portaria responsabiliza o profissional pela prescrição da cadeira de rodas, de acordo com a sua capacitação prevista no CBO – Código Brasileiro de Ocupações. O diagnóstico do paciente deverá ser resguardado por laudo técnico/clínico que define o quadro atual da deficiência, bem como sua evolução histórica.

Nos demais aspectos avaliativos, a respectiva portaria é subjetiva e concomitante com os entendimentos convencionados entre as entidades de apoio ao esporte paralímpico e usuários de cadeiras de rodas. Por exemplo, a portaria condiciona a prescrição da cadeira de rodas de acordo com a capacidade de marcha e propulsão do indivíduo, boas condições articulares da pelve determinando equilíbrio e estabilidade no assento, controle do tronco e da cabeça em função da topografia da lesão cervical, capacidade adaptativa do indivíduo, entre outros.

Alguns fabricantes de cadeiras de rodas desenvolveram formulários próprios para a prescrição de suas cadeiras de rodas, contendo os registros dos tipos de deficiências do usuário, suas medidas antropométricas diretamente relacionadas ao uso da cadeira de rodas, e outras informações relevantes. O estudo anatômico para o preenchimento dos formulários depende da destreza e experiência do profissional responsável pelas mensurações antropométricas e fisiológicas. Pontos de referência, marcos, proeminências ou protuberâncias ósseas devem servir de parâmetro de medidas anatômicas. Por isso, o conhecimento destes posicionamentos estratégicos define a precisão na qual as medidas serão tomadas. Estas medidas fornecem as principais informações de prescrição da cadeira de rodas (PAQUET, 2003).

Deste modo, a observância dos pontos somatométricos projetados no corpo humano exige capacidade técnica do profissional responsável pela mensuração anatômica do indivíduo com deficiências físicas requerente de uma cadeira de rodas específica. O reconhecimento destas proeminências deve ser conciliado com a destreza na manipulação dos instrumentos de medição, como trena, paquímetros, topógrafos, etc. Esta competência profissional representa uma habilidade que poucos fabricantes de cadeiras de rodas possuem.

Devido à esta condição restritiva o *NH/RESP* em conjunto com o LPM – Laboratório de Projetos Mecânicos da Universidade Federal de Uberlândia e com a Sala FEMEC-CIMNE desenvolveu o SWCE responsável por medir as dimensões antropométricas dos usuários de cadeiras de rodas de forma simples, científica e precisa.

2. METODOLOGIA

Desenvolvimento de uma metodologia de prescrição de Cadeiras de Rodas de Alto Rendimento para o Basquete, baseada na leitura precisa das condições ergonômicas e antropométricas do usuário, por meio do SWCE, equipamento com multi-regulagens de precisão, proporcionando um modelo de cadeira personalizado e parametrizado.

O processo se baseia na coleta precisa das medidas antropométricas de um paratleta qualquer, mapear as suas condições ergonômicas, bem como, as características fisiológicas de sua deficiência física e a partir daí estabelecer um protocolo de prescrição da cadeira de rodas personalizada. As medidas e as condições fisiológicas do atleta são tomadas pelo equipamento SWCE. Os dados coletados são enviados para um sistema de aquisição que por sua vez, alimenta o aplicativo que modifica as condições de contorno de um modelo de cadeira de rodas de basquetebol preliminar. Este modelo preliminar contém as características básicas e regulamentadas pelo IWBF. Depois de readaptar as medidas personalizadas do paratleta no modelo de cadeira de rodas, são geradas as fichas de fabricação (desenhos industriais) que determinam a prescrição técnica da cadeira personalizada.

O SWCE abastecerá o sistema de aquisição baseado nas fichas de prescrição de cadeiras de rodas. Esse banco de dados é usado para vincular as dimensões do CAD, utilizando variáveis globais de medidas. O resultado obtido é a ficha completa de prescrição da cadeira personalizada, respeitando as condições fisiológicas do usuário avaliado. O equipamento SWCE oferece mais de 20 ajustes dimensionais, abrangendo todas as possibilidades de relações antropométricas de um indivíduo usuário de cadeiras de rodas.

A tabela 2 mostra os principais ajustes, sendo aqueles mais solicitados nos quadros convencionais de deficiências físicas. Notam-se 18 ajustes principais. Estes ajustes são aqueles mais solicitados durante as avaliações antropométricas e fisiológicas. Contudo, o SWCE fornece mais ajustes. Para os ajustes mostrados, são estabelecidos os graus de liberdade no plano retangular XYZ, com as dimensões variáveis, de acordo com os respectivos limites inferiores e superiores. Entre alguns exemplos, podem ser citados: o ajuste de largura do assento, de inclinação do assento, de largura e altura do enconsto, da cambagem das rodas de propulsão e da posição dos apoios dos pés, como também ilustra a fig. 2.

Tabela 2 – Principais Ajustes do SWCE.

ITEM	VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA/unidade de medida	LI	LS	?	GDL's
A	Largura do assento (cm)	25	50	25	?? X
B	Profundidade do assento (cm)	30	60	30	?? Y
C	Inclinação generalizada do assento (graus)	63	116	53	∪ X
D	Inclinação avançada posterior aos glúteos (graus)	63	116	53	∪ X
E	Altura do assento ao apoio dos pés (cm)	30	70	40	?? Z
F	Inclinação do apoio dos pés (graus)	45	180	135	∪ X
G	Largura do encosto (cm)	25	50	25	?? X
H	Altura do encosto (cm)	15	60	45	?? Z
I	Inclinação do encosto anterior à lombar L ₁ (graus)	70	135	65	∪ X
J	Inclinação do encosto posterior à lombar L ₁ (graus)	70	135	65	∪ X
K	Extensão do afunilamento das coxas (cm)	20	50	30	?? Y
L	Extensão do afunilamento das panturrilhas (cm)	20	50	30	?? Y
M	Centro de gravidade (cm)	0	20	20	?? Y
N	Largura do apoio dos pés (cm)	15	50	35	?? X
O	Alinhamento do apoio dos pés (graus)	60	135	75	∪ X
P	Altura do assento ao aro de propulsão (cm)	5	30	25	?? Z
Q	Cambagem das rodas de propulsão (graus)	0	30	30	∪ Y
R	Distância da roda até o quadro (cm)	5	15	10	?? X

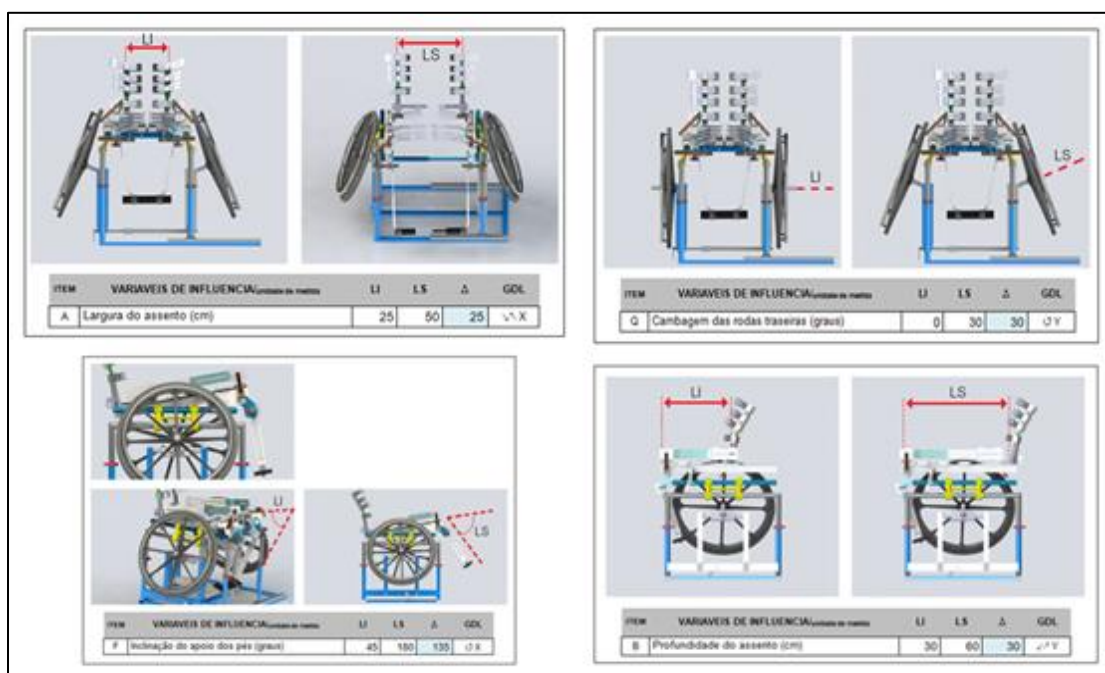


Figura 2 – Exemplos de alguns Ajustes importantes do SWCE.

Os ajustes desenvolvidos no projeto do SWCE prevêm as condições ergonômicas e antropométricas investigadas pelas classes funcionais do basquetebol em cadeiras de rodas, bem como, as demais modalidades onde a cadeira é parte ativa e decisiva no rendimento desportivo do paratleta.

A figura 3 ilustra o processo de prescrição automatizada a partir da aquisição das medidas antropométricas e ergonômicas do cadeirante pelo SWCE. O equipamento SWCE mapeia e coleta estas medidas, que são inseridas no projeto preliminar da cadeira de rodas de basquetebol, ajustando-o ao modelo anatômico do usuário. A cadeira de rodas de basquetebol é remodelada assumindo as características personalizadas do paratleta, gerando então as fichas de fabricação de prescrição de uma cadeira de rodas personalizada.

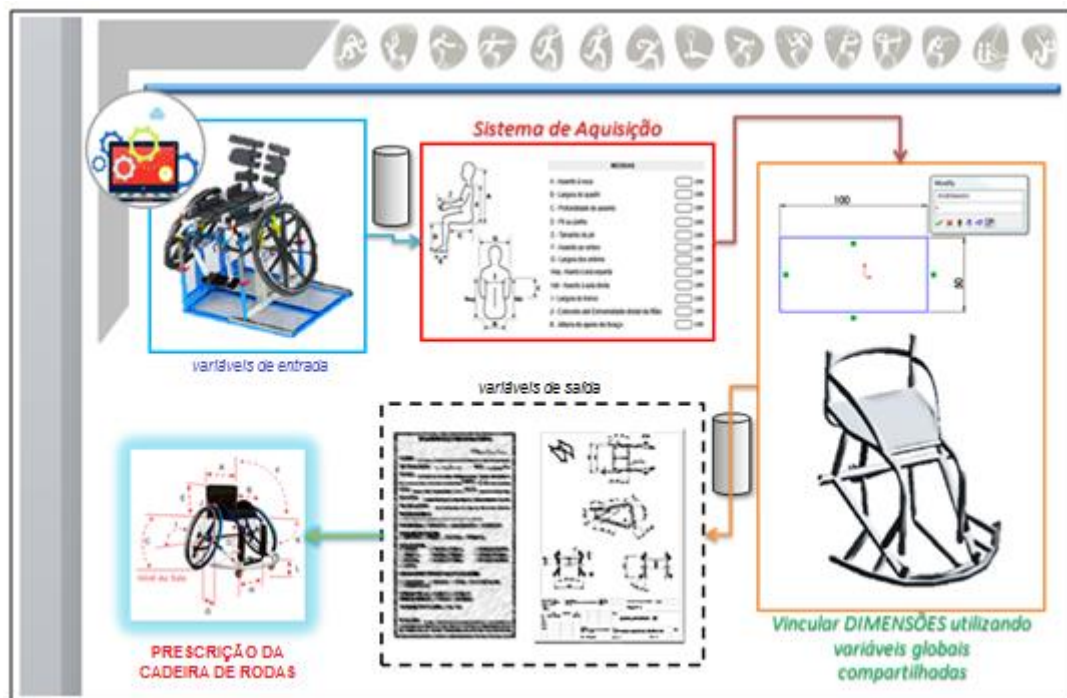


Figura 3 – Fluxograma ilustrativo do processo de prescrição automatizada.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prescrição de cadeiras de rodas de alto rendimento, atualmente, é um processo carente de uma metodologia eficiente e precisa. Com a metodologia desenvolvida é possível produzir uma cadeira personalizada de forma confiável, eliminando processos adicionais de tentativa e erro, muito comuns no contexto atual.

O sistema de aquisição de dados é responsável por compilar as variáveis antropométricas devidamente ajustadas no equipamento com multi regulagens. Estes dados serão enviados para o CAD, na forma de variáveis globais vinculadas, que estabelecerão as novas medidas dos esboços dos desenhos. Assim, todo o esquema de desenho em CAD da cadeira preliminar projetada, assumirá os contornos desejados para as medidas antropométricas coletadas do atleta. Por meio dos vínculos de variáveis globais, o CAD é capaz de receber qualquer medida prescrita e readaptar o desenho. O respectivo vínculo admite alterações globais bidimensionais, isto é, as dimensões que forem alteradas replicarão as modificações para esboços em duas direções. Fazendo-se isso para esboços estratégicos na estrutura como um todo, pode-se obter um desenho final totalmente personalizado. Trata-se de uma técnica de desenho por parametrização, ou de desenho parametrizado.

Com a metodologia de prescrição de cadeiras de rodas as condições de fabricação podem ser viabilizadas devido à precisão das medidas antropométricas fornecida pelo SWCE e atribuídas ao modelo, além de, minizar o tempo de fabricação com a redução de tentativas e erros. Também permite a correção e otimização do modelo, indo além das expectativas do usuário avaliado. E por fim, contribui com a satisfação do usuário e a sua reabilitação física, realizando uma manutenção mais efetiva de sua saúde.

4. REFERÊNCIAS

AAASP – AMERICAN ASSOCIATION OF ADAPTED SPORTS PROGRAMS, INC. The Sports Wheelchair: **set-up and maintenance**. Ed. 1ª. Atlanta: AAASP, 2006. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.adaptedsports.org/adaptedsports/resources/pdf/Sport%20Wheel%20Chair%20final.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2017.

ARAÚJO, D. S. M. S.; ARAÚJO, C. G. S. **Aptidão Física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, vol. 6, issue 5, 2000. Niterói: Scielo, 2000. p. 194-206. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v6n5/v6n5a05.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO DESPORTIVA PARA DEFICIENTES. ADD Esporte: **Basquetebol**. São Paulo: ADD, 2014. Disponível em: <http://www.add.org.br/esporteBasquetebol.asp#.VKVr5vnF_Cs>. Acesso em: 24 dez. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Normas para Prescrição de Cadeiras de Rodas e Adaptação Postural em Cadeiras de Rodas**. Portaria nº.1.272, de 25 de junho de 2013.

CALEGARI, D. R. **Adaptação do Handebol para a Prática em Cadeiras de Rodas**. Tese de Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/>>. Acesso em: 18 out. 2013.

CARDOSO, L. S. **Estrutura Modular Ajustável para Ergômetro de Cadeirantes Desportivos**. 2015. 168 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil.

COOPER, R. A. *et al.* **Evaluation of a Pushrim-Activated, Power-Assisted Wheelchair**. Arch Phys Med Rehabil, vol 82, Issue 5. Pittsburgh: ACRM, 2001. Disponível em: <[http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(01\)32349-3/abstract](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(01)32349-3/abstract)>. Acesso em: 02 set. 2013.

COOPER, R. A. *et al.* **Mechanical Efficiency and User Power Requirement with a Pushrim Activated Power Assisted Wheelchair**. Medical Engineering & Physics, vol 23, Issue 10. Pittsburgh: Elsevier, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453301000546>>. Acesso em: 10 set. 2013.

COSTA E SILVA, A. A. *et al.* **Esporte adaptado: abordagem sobre os fatores que influenciam a prática do esporte coletivo em cadeiras de rodas**. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, vol. 4, issue 27, 2013. Campinas: FEF/UNESP, 2013. p. 679-687. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbefe/v27n4/aop_1013.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.

CPB – COMITÊ PARALÍMPICO BRASILEIRO *apud* PORTAL BRASIL. **Esporte: Classificação Funcional**. Brasília: Portal Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/esporte/2012/04/classificacao-funcional>>. Acesso em: 30 maio 2017.

FERREIRA, A. P. **Esportes Adaptados para Deficientes Físicos**. Revista Viva Saúde/Bem-estar, sept 2013. São Paulo: Escala, 2014. Disponível em: <<http://revistavivasauade.uol.com.br/bem-estar/esportes-adaptados-para-deficientes-fisicos/1050/#>>. Acesso em: 07 fev. 2017.

GARCIA DE MORAES, G. F. *et al.* **O Efeito da Prescrição de Cadeiras de Rodas de Basquetebol sobre o Desempenho Esportivo**. Revista Brasileira de Ciências do Esporte, vol. 33, issue 4. Florianópolis: RBCE, 2011. p. 991-1006. Disponível em: <<http://revista.cbce.org.br/index.php/RBCE/article/view/1089>>. Acesso em: 29 out. 2015.

INTERNATIONAL WHEELCHAIR BASKETBALL FEDERATION. **Official Wheelchair Basketball Rules 2014**. Incheon: IWBF, 2014. Disponível em: <http://www.wheelchairbasketball.ca/uploadedFiles/Members/Officials/IWBF_Communication/2014_IWBF_Rules_V1.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2015.

KOONTZ, Alicia M. *et al.* **Manual Wheelchair Propulsion Patterns on Natural Surfaces During Start-Up Propulsion**. Arch Phys Med Rehabil, vol 90, Issue 11. Pittsburgh: Elsevier, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999309006182>>. Acesso em: 16 out. 2013.

LAZZOLI *et al.* **O Exercício Físico: um fator importante para a saúde**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, vol. 3, issue 3, 1997. Niterói: Scielo 1997. p. 1-2. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v3n3/a07v3n3.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

VICTOR PAQUET, David Feathers. **An Anthropometric Study of Manual And Powered Wheelchair Users**. International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 33, issue 3, 2004. Buffalo: State University of New York, 2003. p. 191-204. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981410300163X>>. Acesso em: 06 out. 2015.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências: FAPEMIG, CNPq e CAPES/PROEX que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto; Nossos agradecimentos também ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, ao Núcleo de Habilitação e Reabilitação em Esportes Paralímpicos e à Rede de Salas CIMNE. E ainda, nossos agradecimentos à AI – Agência Intelecto que contribui para o depósito de pedido de patente do nosso equipamento.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

As informações disponibilizadas neste texto são de responsabilidade única de seus autores, e compreendem parte de uma pesquisa científica extensa no campo da biomecânica e que fundamenta uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado do programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia. Contudo, aspectos mais profundos e reveladores deste estudo científico, bem como, as tecnologias aqui tratadas e desenvolvidas serão omitidos devido à proteção de propriedade intelectual.