

## Design em Tecnologia Assistiva: esgrima paralímpica

Ricardo Pavani<sup>a</sup>, Sergio Pavani<sup>b</sup>, Régio Pierre da Silva<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitário Metodista, Porto Alegre, RS, Brasil; ricardo.pavani@metodistadosul.edu.br

<sup>b</sup> Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>c</sup> Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

**Este artigo apresenta a concepção, design, construção e validação de um novo produto. O fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeira de Rodas é um exemplo da abordagem simbiogênica aplicada à interface entre a realidade orgânica e inorgânica mediada por tecnologias assistivas que visam suprir ou ampliar as funcionalidades orgânicas deficitárias. A Esgrima em Cadeira de Rodas é um esporte cuja compreensão exige aprofundamento de suas singularidades, necessitando de uma abordagem que integre diferentes áreas do conhecimento em prol dos atletas que possuem a menor capacidade funcional entre as categorias desta modalidade. O objetivo desta pesquisa é ampliar a independência e propiciar uma prática esportiva segura com o desenvolvimento e construção do fixador servo-assistido. Este produto assistivo, oferece ao atleta maior autonomia e segurança durante os combates, bem como permite a redução do custo operacional das competições por dispensar auxiliares de pista para fixação e regulação das cadeiras de rodas.**

*Palavras-chave:* Design, Tecnologia assistiva, Esgrima em cadeira de rodas, Esportes paralímpicos, Fixador servo-assistido

### ***Design in Assistive Technology: paralympic swordplay***

*This paper presents the conception, design, construction and validation of a new assistive product. The servo-assisted fixative for Wheelchair Fencing is an example of symbiogenic approach applied to the interface between the organic and inorganic reality mediated by assistive technologies that aim to supplement or expand the deficit organic features. The Wheelchair Fencing is a sport whose understanding requires deepening one's singularities, requiring an approach that integrates different areas of knowledge for the benefit of athletes who have a lower functional capacity among the categories of this sport. The objective of this research work is to increase the independence and provide safer practice of this sport through the development and construction of servo-assisted fastener that can be triggered by the player himself. This assistive product offers the athlete greater autonomy and security during the fighting, and allows reduction of the operating cost of competitions by removing the need of human assistance in for the attachment and adjustment of the wheelchairs.*

*Keywords:* Design, Assistive technology, Wheelchair fencing, Paralympics sports, Servo-assisted fixative

## **1. Introdução**

A prática regular de esportes recreativos e competitivos desde idade precoce tem influência positiva no crescimento e desenvolvimento pessoal e social, bem como na promoção de estilos de vida saudáveis ao longo da vida, mas as pessoas com deficiência física dependem de dispositivos assistivos para praticar esportes.

Segundo a Academia Americana de Pediatria, as crianças deficientes apresentam maior nível de obesidade, mas a participação em programas esportivos pode ser eficaz na prevenção de doenças e comorbidades associadas à deficiência física como dislipidemias, hipertensão, doenças cardiovasculares e úlceras por pressão (Wilson e Clayton, 2010; Buchholz, Mcgillivray e Pencharz, 2003; Hyun et al., 2014).

As cadeiras de rodas adequadas às necessidades cotidianas de mobilidade nem sempre permitem a prática esportiva, necessitando de aportes de tecnologia assistiva para esta finalidade (Authier et al., 2007) e, apesar do desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, os próprios dispositivos assistivos podem restringir as habilidades dos atletas paraolímpicos em competições internacionais (Burkett B., 2010).

Apesar de muitos esportes paraolímpicos utilizarem tecnologia semelhante aos seus análogos olímpicos, vários avanços em tecnologia assistiva foram realizados em cadeiras de rodas, por exemplo, visando atender às necessidades individuais de cada atleta em relação ao esporte, maximizando a segurança e o desempenho.

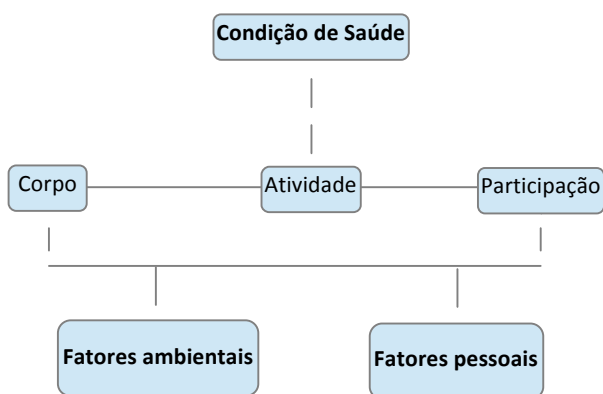
A perda de mobilidade, muitas vezes, impossibilita a realização de atividades cotidianas, requerendo soluções de tecnologia assistiva para melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência, especialmente, para a realização de atividades esportivas que são fundamentais para a socialização e para a manutenção da saúde física e mental de todos nós.

Neste contexto, o atendimento das necessidades individuais das pessoas com deficiências envolve a integração de diversas tecnologias para a produção de dispositivos assistivos adequados como cadeiras de rodas, cujo avanço tecnológico ocorre nas seguintes direções (Cowan et al, 2012):

- Aperfeiçoamento dos aspectos mecânicos e eletrônicos dos dispositivos assistivos;
- Aprimoramento da interface dos usuários com os dispositivos assistivos;
- Ampliação do controle do usuário sobre o dispositivo, valorizando a autonomia da pessoa com deficiência.

A tecnologia assistiva pode melhorar significativamente a mobilidade de pessoas com deficiência, conforme a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (ICF) da Organização Mundial da Saúde (Figura 1).

Figura 1. Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (adaptado).



A Figura 1 requer as seguintes observações:

- O corpo é composto por estruturas corporais como órgãos e membros que podem sofrer incapacidades, envolvendo funções fisiológicas e psicológicas;
- Atividade é a execução de uma ação ou tarefa por um indivíduo;
- Participação é o envolvimento do indivíduo em uma atividade cotidiana;
- Os fatores ambientais compõem o ambiente físico, social e atitudinal em que o indivíduo conduz sua vida;
- Os fatores pessoais envolvem limitações que são as dificuldades que o indivíduo tem na realização de atividades cotidianas e restrições que são problemas que o indivíduo experimenta na realização de atividades cotidianas.

A deficiência se origina em desvios significativos ou perdas funcionais ou estruturais do corpo, mas resulta da interação do indivíduo com o ambiente, ou seja, quando as demandas ambientais excedem os recursos de mobilidade do indivíduo, sua participação torna-se restrita, evidenciando sua deficiência.

A tecnologia pode facilitar a participação do indivíduo através de tratamento ou terapia ou de modo assistivo, reforçando a mobilidade do indivíduo de tal forma que sua capacidade exceda a demanda do ambiente, reduzindo sua deficiência.

A tecnologia terapêutica reduz a deficiência ao nível da estrutura corporal, ajudando o organismo a reparar a incapacidade corporal ou apoiando a reabilitação da função prejudicada, geralmente, requerendo supervisão clínica para sua operacionalização, pois seus dispositivos não são projetados para serem usados para a execução de atividades diárias (Reinkensmeyer e Boninger, 2011).

Por outro lado, a tecnologia assistiva aumenta a mobilidade sem alterar a função ou estrutura corporal incapacitada como as cadeiras de rodas que aumentam a mobilidade sem alterar o comprometimento subjacente a sua perda, mas os dispositivos assistivos

são operados pelo próprio usuário, pois são projetados para serem usados em atividades cotidianas.

Por exemplo, as cadeiras de rodas motorizadas são operadas por um *joystick* e botões que alteram a função controlada pelo *joystick* como movimento da cadeira de rodas, inclinação do assento ou elevação do apoio para os pés.

Porém, nem todas as pessoas que poderiam usufruir do aumento de mobilidade provido por uma cadeira de rodas motorizada possuem a capacidade cognitiva e neuromuscular necessárias para trafegar em um ambiente dinâmico usando um *joystick*.

Neste contexto, o *design* é indispensável para melhorar a integração das capacidades do usuário e com as possibilidades da tecnologia assistiva, apesar dos seguintes fatores limitantes:

- Os componentes utilizados para construir dispositivos assistivos são limitados. Por exemplo, para que as cadeiras de rodas motorizadas se tornem acessíveis para toda a população, elas devem ser econômicas e ágeis, ou seja, seus componentes como atuadores e fontes de alimentação devem ter seu custo, peso e de tamanho reduzidos;
- Os algoritmos de controle autônomo de trajeto, por exemplo, não reconhecem mapas urbanos que indiquem rampas de acesso, pois nem mesmo o Google Maps apresenta tal informação. Assim, não há como considerar trajetos longos por terrenos variados, inviabilizando o deslocamento urbano de cadeiras de rodas motorizadas.

Os avanços na tecnologia assistiva apresentam a tendência de refinar a tecnologia existente, ou seja, os aperfeiçoamentos são gradativos através de melhorias nos mecanismos, interfaces dos dispositivos, adaptando-os às capacidades do usuário, mas raramente, se percebe o desenvolvimento de uma tecnologia que eleve o desempenho e a mobilidade das pessoas com deficiência ao mesmo nível de seus pares não deficientes como a apresentada por Oscar Pistorius (Bruggeman et al., 2009; Kram et al., 2009<sup>a</sup>).

O *design* do fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeiras de Rodas em apresentação atende às premissas de projetuais de Le Corbusier quanto à combinação da mecanização do cotidiano com formas que exprimem o purismo e a economicidade no processo produtivo aliada à simbiogênese humano-máquina necessária à prática deste esporte.

## 2. Referencial teórico

O processo de desenvolvimento e construção de dispositivos assistivos para a modalidade de Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) envolve conhecimentos sobre

esporte, tecnologia e limites humanos para atender às necessidades destes atletas, contribuindo para ampliar a aceitação social e a independência de pessoas com deficiência (PCD).

O desenvolvimento de um produto assistivo como o fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeiras de Rodas é um processo multidisciplinar que envolve competências e responsabilidades distribuídas em várias áreas do conhecimento como a fisiologia que indica os meios de ampliar a autonomia do atleta e a engenharia que apresenta as soluções tecnológicas, resultando em um design funcional e robusto, necessário à prática de esportes paralímpicos.

Neste sentido, a abordagem simbiogênica constitui um recurso teórico base para a compreensão da complexidade proveniente das interações orgânicas e inorgânicas entre corpo e máquina (Lima, 2005), neste caso, a simbiose entre o atleta com tetraplegia e o fixador servo-assistido que aumenta sua independência durante os combates de ECR.

No presente artigo aborda-se conceitos relativos aos temas design, tecnologia assistiva e Esgrima em Cadeira de Rodas em simbiose com o atleta paralímpico.

## 2.1. Design

O projeto surgiu da observação das dificuldades e da dependência dos cadeirantes que ao praticarem a modalidade esportiva necessitavam de grande número de pessoas envolvidas em sua fixação à pista de combate no decorrer de uma competição de Esgrima em Cadeira de Rodas, onerando o evento e tornando o atleta quase um personagem secundário no cenário esportivo.

No início do século XX, os designers buscavam uma estética própria para os produtos industrializados, por exemplo, Le Corbusier (Moraes, 1999) tentava combinar a utilização da mecanização com formas que exprimissem modernidade, pois o momento histórico indicava o uso de proporções geométricas, jogo de volumes e economicidade característicos da produção seriada, constituindo o chamado *international style* enquanto nos Estados Unidos, Frank Lloyd Wright difundia o conceito da chamada estética mecânica que propunha uma estética moderna, decorativa e funcional, explorando as linhas orgânicas e o uso da forma hexagonal como referências projetuais.

Na década de 1930, com as linhas de montagem mundialmente consolidadas, a tipologia formal começou a ser difundida no desenvolvimento de produtos industriais, sustentada pelas pesquisas científicas nos campos da aerodinâmica e hidrodinâmica que reforçaram o uso de formas orgânicas como um fator diferenciador quanto à competitividade do mercado.

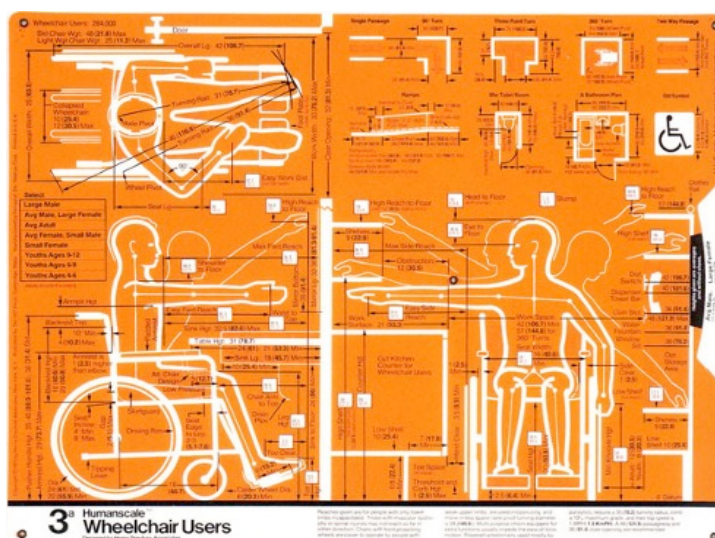
Neste sentido, Norman Bell Geddes (Geddes, 1932) utilizou a aerodinâmica em diversos projetos de aeronaves e automóveis para empresas como Boeing, General Motors e Volkswagen, cujo conceito tornou-se sinônimo de dinamismo e modernidade,

sendo utilizado esteticamente em produtos de uso diário.

Enquanto a forma do produto já não atendia, necessariamente, à função, o uso de materiais poliméricos como o baquelite e as resinas fenólicas permitiram o surgimento de produtos industriais que atendessem a parâmetros antropométricos e ergonômicos como o aparelho telefônico desenvolvido por Henry Dreyfuss para a Bell Telephone Company em 1937 (Dreyfuss, 2012).

No contexto da interação entre o design e a pessoa com deficiência, o cadeirante passa a figurar nos manuais de antropometria, demonstrando que a simbiose do orgânico, pessoa com deficiência, e o inorgânico, a cadeira de rodas, amplia as possibilidades de integração entre o ser humano e o meio em que vive.

Figura 2. Wheelchair users. Handicapped and Elderly by Henry Dreyfuss Associates. MIT Press, 1974



## 2.2. Tecnologia Assistiva

A tecnologia assistiva é compreendida como recursos, práticas, metodologias e estratégias aplicadas para diminuir incapacidades funcionais da pessoa com deficiência e promover habilidades no desempenho de tarefas pretendidas, a fim de permitir sua maior participação e inclusão em contextos sociais. Através dos serviços de tecnologia assistiva são oferecidas ajudas para a definição e seleção do recurso apropriado, ajustes e customização, treinamento, encaminhamento para agentes financiadores, implementação e seguimento de assistência ao usuário (Bersch, 2010).

O desafio de projetar um recurso de tecnologia assistiva e garantir que ele alcance os resultados funcionais esperados é uma tarefa complexa, que exige grande conhecimento

da realidade e especificidades do usuário em questão, e por este motivo os conceitos da ergonomia nos ajudam a avaliar e implementar práticas que visam uma abordagem centrada no usuário.

No universo das pessoas com deficiência (PCD), a tecnologia assistiva é conhecida por desenvolver órteses, cujo termo se refere a todos os mecanismos ortopédicos não invasivos, posicionados externamente, com a função de alinhar, prevenir ou corrigir deformidades, inclusive, melhorando a função das partes móveis do corpo (Pratt, 1994).

Para avaliar o real benefício de uma órtese é necessário conhecer anatomia funcional dos membros, aspectos clínicos da patologia e do material escolhido para a confecção da órtese (Teixeira, 2003), mas para desenvolver um dispositivo assistivo para a modalidade de Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR), é necessário o conhecimento dos equipamentos esportivos e da movimentação biomecânica demandada durante o combate esportivo (Pavani, 2011).

Com o aumento do volume do comércio internacional de produtos assistivos, a *International Organization for Standardization* (ISO) voltou-se à criação de uma terminologia internacional para estes produtos devido à necessidade de padronização quanto à localização e seleção de produtos assistivos, fornecendo uma base consistente para informações sobre os produtos, as diretrizes de prescrição, documentos legais, sistemas de informação, catálogos, pesquisas e estatísticas (Kleijn-de Vrankrijker, 2002).

Segundo a norma ISO 9999:2011 - *Assistive products for persons with disability – Classification and terminology*, um produto é considerado assistivo se contribuir para a mobilidade de uma pessoa com deficiência ou auxiliar na recuperação de saúde física ou psicológica, caso em que também pode ser classificado como um dispositivo médico (ISO, 2011).

Assim, produto assistivo é qualquer produto, instrumento, equipamento ou sistema técnico usado por uma pessoa com deficiência, disponível ou especialmente produzido, para prevenir, compensar, atenuar ou neutralizar sua incapacidade, envolvendo dispositivos auxiliares de treinamento físico como o fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeira de Rodas, resultado da pesquisa em apresentação neste artigo.

No Brasil, o termo “tecnologia assistiva” ainda não é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas sua sinonímia “ajuda técnica” é regulamentada através do Decreto 5296/2004 (BRASIL – Decreto 5296/2004, 2004) que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, destacando-se o item V, do artigo 8º abaixo transcrito:

V - Ajuda técnica: os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou

assistida;

O produto assistivo mais difundido é a prótese, pois acidentes automobilísticos e do trabalho, bem como doenças crônicas causam amputações em que são eliminados tecidos moles e ósseos irremediavelmente lesados de modo a propiciar ao coto a adequada sustentação e mobilidade, permitindo o retorno ao convívio social e profissional (Brasil – Decreto 5296/2004, 2004).

A amputação de membros inferiores causa sérios danos à mobilidade e autoestima, pois a capacidade de realizar atividades cotidianas torna-se seriamente prejudicada, dificultando o retorno à atividade laboral, mesmo havendo readaptação profissional, pois o trabalho está intrinsecamente ligado à dignidade humana (Bruins, 2003).

Ao longo da história da humanidade foram utilizadas diversas tecnologias para a construção de membros artificiais e a primeira menção ao uso de uma perna artificial consta no Rig Veda ou Livro dos Hinos, o mais antigo livro hindu, cerca de 1500 a 800 AC (Major, 1945).

Na antiguidade, foram construídas pernas de madeira com formas humanas, principalmente, para perdas abaixo do joelho, pois a taxa de sobrevivência para amputações acima do joelho era muito baixa, mas apenas os amputados pertencentes às classes privilegiadas tinham recursos para pagar carpinteiros e armeiros que se encarregavam da produção de membros artificiais, pois médicos e cirurgiões não manifestavam interesse por dispositivos protéticos.

Na Idade Média, apesar dos avanços na construção de braços de ferro artificiais com movimentos dos dedos que permitiam ao cavaleiro segurar a lança ou a espada, pouco progresso foi realizado na construção de próteses dos membros inferiores, sendo comuns as pernas de pau, o substituto mais barato para o membro perdido.

A partir do século XVI, ocorreram importantes descobertas no tratamento cirúrgico das amputações e no fabrico de próteses graças à Ambroise Paré, cirurgião francês que foi o primeiro médico a orientar o trabalho do protético.

No início do século XIX, James Potts de Chelsea, Inglaterra, criou uma perna artificial com articulações no joelho, tornozelo e pé conhecido como perna Anglesea que consistia de um soquete de madeira com haste, uma articulação de joelho em aço e um pé de madeira com articulação metatarsofalângica, permitindo a dorsiflexão dos cêndilos femorais para o calcanhar e da parte inferior da perna para a articulação metatarsofalângica do pé, facilitando o avanço do pé.

Em 1851, foi apresentada na Feira Mundial em Londres, a perna artificial do Dr. Palmer, da Filadélfia, Estados Unidos. A chamada “perna americana” era feita de madeira e apresentava articulações móveis no joelho e tornozelo, cuja a ação era coordenada por tendões artificiais (Shufeldt, 1918).

Durante a Primeira Guerra Mundial, o atendimento cirúrgico e protético começou a



ser oferecido em larga escala aos feridos para selecionar e fabricar o melhor membro artificial possível para atender às suas necessidades específicas.

A Segunda Guerra Mundial levou a um grande desenvolvimento das próteses tanto construtivamente, como o aprimoramento do soquete que permite o ajuste entre o coto e a perna artificial, quanto ao uso de novos materiais como polímeros e fibra de vidro, utilizados até hoje (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1960).

Atualmente, a tecnologia assistiva contribui para o desenvolvimento de novos produtos considerando os pressupostos técnicos e científicos no atendimento das necessidades das pessoas com deficiência, visando a melhoria de sua qualidade de vida através do design que assegure conforto, eficiência e segurança, em especial, para os usuários de cadeiras de rodas.

Neste sentido, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou um dossiê técnico sobre cadeiras de rodas (ABNT, 2015) que destaca as seguintes normas referentes ao tema:

- ABNT NBR ISO 7176-1: 2009 Cadeira de Rodas Parte 1: Determinação da estabilidade estática especifica os métodos de ensaio para a determinação da estabilidade estática de reclinção de cadeiras de rodas, incluindo *scooters*, sendo aplicável à cadeiras de rodas e veículos incluídos ISO 9999, visando a mobilidade em ambientes internos e externos.
- ABNT NBR ISO 7176-3:2015 – Cadeira de rodas. Parte 3: Determinação da eficácia dos freios. Wheelchairs Part 3: Determination of effectiveness of brakes Escopo: Esta Parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica métodos de ensaio para a medição da eficácia dos freios de cadeiras de rodas manuais e cadeiras de rodas motorizadas, incluindo *scooters*, destinadas ao transporte de uma pessoa, com velocidade máxima não superior a 15 km/h.
- ABNT NBR ISO 7176-7:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 7: Medição de dimensões de assentos e rodas. Wheelchairs Part 7: Measurement of seating and wheel dimensions Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica um método para medir as dimensões de assentos e rodas de cadeiras de rodas.
- ABNT NBR ISO 7176-8:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 8: Requisitos e métodos de ensaio para força estática, de impacto e fadiga. Wheelchairs Part 8: Requirements and test methods for static, impact and fatigue strengths Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica as exigências dos requisitos de forças estática, de impacto e fadiga das cadeiras de rodas, incluindo *scooters*, indicadas aos usuários cuja massa não exceda 100 kg. Ela especifica os métodos de ensaio para determinar se os requisitos foram ABNT-CIT\_DossiêTécnico 20150430\_CadeiraRodas ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas Todos os direitos reservados.

- ABNT NBR ISO 7176-11:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 11: Bonecos de ensaios Wheelchairs Part 11: Test Dummies Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica a construção dos bonecos de ensaio com massas nominais de 25 kg, 50 kg, 75 kg e 100 kg, a fim de serem usados conforme especificado nas outras partes da ABNT NBR ISO 7176.
- ABNT NBR ISO 7176-13:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 13: Determinação do coeficiente de atrito de superfícies de ensaio. Wheelchairs Part 13: Determination of coeficiente of friction of test surfaces Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica um método de ensaio para determinação do coeficiente de atrito de uma superfície de ensaio que tenha uma textura áspera, tal como concreto rústico. Caso o método de ensaio seja usado para superfícies lisas ou polidas, deve-se ter o cuidado de considerar que o coeficiente de atrito é medido como sendo constante em toda a área da superfície de ensaio.
- ABNT NBR ISO 7176-15:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 15: Requisitos de divulgação de informação, documentação e identificação. Wheelchairs Part 15: Requirements for information disclosure, documentation and labeling Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica a informação, documentação e identificação a serem fornecidas com a cadeira de rodas ou fornecidas pelo fabricante nas folhas de especificação de pré-venda.
- ABNT NBR ISO 7176-22:2009 - Cadeira de Rodas. Parte 22: Procedimentos de ajuste. Wheelchairs Part 22: Set-up procedures Escopo: Esta parte da ABNT NBR ISO 7176 especifica um procedimento de ajuste a ser usado na preparação de cadeiras de rodas ajustáveis para ensaios de acordo com a série ABNT NBR ISO 7176. Este procedimento oferece métodos a serem usados quando não há instruções dos fabricantes para configurar os ajustes da cadeira de rodas.

### 2.3. Esgrima em Cadeira de Rodas

A Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) teve sua origem no Departamento de Lesados Medulares de Rockwood em Cardiff, Reino Unido, como uma adaptação da esgrima convencional e se desenvolveu oficialmente como uma modalidade esportiva paraolímpica a ser praticada em cadeira de rodas por pessoas com deficiência física (Nazareth, 2009).

A questão do esporte paraolímpico necessita de uma abordagem em que a ressignificação da simbiogênese enquanto filosofia de projeto torna-se um recurso teórico na compreensão da complexidade emergente das interações orgânicas e inorgânicas entre o ser humano e a máquina em simbiose para a prática competitiva.

A teoria da simbiogênese implica em uma mudança na concepção do pensamento evolutivo, pois a teoria vigente concebe o desdobramento da vida como um processo em

que as espécies divergem umas das outras enquanto Lynn Margulis afirma que a formação de novas entidades por simbiose de organismos independentes tem sido mais poderosa na evolução (Margulis, 2001).

A ECR é um esporte paralímpico cuja compreensão exige aprofundamento de suas singularidades, necessitando da abordagem simbiogênica para integrar as diferentes áreas de conhecimento em prol de atletas que possuem menor capacidade funcional entre as categorias desta modalidade, destacando-se Jovane Guissone que se sagrou campeão nas Paralimpíadas de Londres em 2012.

As adaptações e os avanços tecnológicos associados aos esportes, em especial, à esgrima, tendem a oferecer maior liberdade e segurança ao atleta como o sistema elétrico sem fio para sinalização do contato entre os adversários em combate que originalmente usava enroladeiras de fios e hoje emprega sistema de comunicação *wireless*.

No que se refere à ECR, o adaptador servo-assistido para cadeira de rodas também contribui para a independência e segurança do atleta, pois as principais dificuldades observadas na modalidade referem-se à fixação da cadeira de rodas na pista de combate que requer diversos auxiliares de pista para viabilizar os jogos, bem como longo tempo para a preparação em cada confronto.

Assim, os equipamentos para a prática do esporte paralímpico não devem ser simplesmente adaptados ao cadeirante, mas incorporados à sua estrutura fisiológica, ou seja, a concepção dos equipamentos e o próprio regramento do esporte não devem ser concebidos a partir de um olhar externo, mas partir da ótica do atleta.

#### **a) Esgrima em Cadeira de Rodas e as paralimpíadas**

O esporte adaptado surgiu após a I Guerra Mundial devido à necessidade de reinserção social de pessoas deficientes, em sua grande maioria, vítimas do conflito (Araújo, 1998), mas primeiros jogos paraolímpicos oficiais ocorreram somente em 1960, em Roma, sendo instituída a realização dos Jogos Paraolímpicos após a realização das Olimpíadas (Alencar, 1996).

Esporte adaptado refere-se ao desporto criado ou modificado para atender às necessidades únicas de certos indivíduos, ou seja, considerando a extensão dos processos adaptativos, é o esporte que foi ajustado em suas estruturas físicas (equipamentos, locais e materiais) e procedimentos (regras e organização) para possibilitar a sua prática por pessoas com deficiência.

As atividades esportivas adaptadas foram implementadas pelo médico neurologista Ludwig Guttmann no Centro de Reabilitação de Stoke Mandeville, Inglaterra, em 1944, como parte essencial no tratamento médico de lesados medulares, auxiliando na restauração e manutenção de sua atividade mental e autoconfiança (GUTTMANN, 1981), mas foram apresentadas ao público por ocasião dos Jogos de Stoke Mandeville

realizados em 1948 (Adams, 1985; Martínez, 1994).

A esgrima adaptada mais praticada é a Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) que segue as regras da Federação Internacional de Esgrima, sendo oficialmente administrada pelo Comitê Executivo de Esgrima do Comitê Paraolímpico Internacional e participação desde os primeiros jogos paralímpicos em Roma (1960).

### **b) Características da Esgrima em Cadeira de Rodas**

Na Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) são empregadas três armas esportivas: florete, sabre e espada compostos por pomo, punho, copo e lâmina, cujos punhos podem ser anatômicos ou franceses, que se diferenciam pelo formato e forma de duelar, sendo utilizadas indistintamente por homens e mulheres.

A atividade do esgrimista é composta por movimentos com ou sem ação da lâmina, utilizados nas diversas variantes do jogo, com a finalidade de tocar o adversário, denominados de ações de esgrima. A troca de ações entre adversários, durante determinado período, no combate com intenções táticas (duelo), forma o desenho de jogo combativo (Arkayev, 1991).

Uma das particularidades da ECR é a forma em que são computados os pontos, pois as vestimentas dos atletas têm sensores que indicam quando o atleta foi tocado. Assim, o público, esgrimistas e juízes podem acompanhar o placar do duelo. Quando o toque da arma resulta em ponto, uma das luzes (vermelha ou verde) que representa cada atleta se acende. Quando ocorre um toque não válido, a luz branca é acesa (COMITÊ PARALÍMPICO BRASILEIRO, 2017).

Na primeira rodada dos torneios individuais, os confrontos duram no máximo quatro minutos e o vencedor é quem marca cinco pontos até o fim do combate. As etapas seguintes têm três tempos de três minutos cada, com intervalos de um minuto. Ganha o esgrimista que fizer 15 pontos ou o que tiver a maior pontuação ao final do combate. Caso haja empate, há prorrogações de um minuto até que um dos atletas atinja o outro, numa espécie de “morte súbita”.

### **c) Terreno de Jogo**

No duelo da Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR), as cadeiras de rodas não se deslocam, ocorrendo apenas o ajuste da distância entre os esgrimistas para início do combate. As cadeiras são fixas no solo através de um equipamento específico denominado fixador de cadeiras de rodas. Os esgrimistas devem sentar-se em cadeiras de rodas que atendam às regras internacionais vigentes (International Wheelchair Fencing, 2011).

O primeiro fixador de ECR foi produzido pela Itália, equipamento muito pesado e de difícil manejo, mas os fixadores atuais, apresentados nas Paraolimpíadas de Atenas, em 2004, são mais leves e resistentes.

O terreno de jogo deve ter uma superfície uniforme, sem oferecer vantagem ou desvantagem para qualquer um dos dois esgrimistas. A parte do campo de jogo usada para esgrima é chamada de pista.

A pista metálica, superfície onde o fixador da Esgrima em Cadeira de Rodas é montado, é considerada o terreno de jogo dos esgrimistas, pelo Regulamento Oficial da Federação Internacional de Esgrima (Federação Internacional de Esgrima, 2017).

A pista de esgrima deve ter 14 metros de comprimento por 1,50 a 2,00 metros de largura, devendo ser construída em material condutor de corrente para possa ser aterrada, evitando que o aparelho de sinalização seja acionado toda vez que o esgrimista tocar no chão. Na ECR, a pista é menor e tem 4,5 metros de comprimento por 2,5 metros de largura.

Na ECR, os esgrimistas não se deslocam durante o assalto, pois suas cadeiras são bloqueadas pelo fixador de cadeiras de rodas, permitindo que os esgrimistas joguem em segurança, sem receio de virar a cadeira, pois cada esgrimista possui um fixador colocado sobre a pista para sua cadeira de rodas.

Os fixadores de cadeira de rodas atuais são constituídos por duas plataformas, medindo cada uma 78 cm de diâmetro, que estão unidas uma à outra por uma barra central formando uma disposição em ângulo de  $110^{\circ}$ . As plataformas têm um par de sistemas de agarre, para fixação das rodas da cadeira, impedindo que elas se desloquem durante o combate, pois não podem existir oscilações e movimentos das cadeiras em relação à plataforma.

O fixador deve ser organizado de forma a permitir que os esgrimistas utilizem o braço dominante (braço de esgrima preferido) para o jogo. No jogo entre atletas com braços dominantes, destro e canhoto, é o gasto um tempo significativo para trocar a posição das plataformas do fixador, sendo realizada manualmente pelo auxiliar de pista, envolvendo a liberação do pino de travamento da plataforma junto a haste central que une as plataformas do fixador, a inversão da plataforma para a posição desejada e travamento da plataforma, para posterior fixação da cadeira de rodas.

Figura 3. Vista Superior da posição dos esgrimistas no fixador de ECR.



Fonte: Associação de Servidores da Área de Segurança, Portadores de Deficiência - ASASEPODE, 2016.

#### **d) Fixador de cadeiras de rodas**

Todos os fixadores de cadeiras de rodas utilizados em competições devem ter sido previamente aprovados pela *International Wheelchair Fencing Executive Committee* e em competições oficiais, o fixador deve estar disposto sobre a pista metálica de esgrima que deve ser aterrada ao aparelho de sinalização de toques.

Porém, o fixador de cadeiras de rodas também deve atender à abordagem simbiogênica devido à complexidade proveniente das interações orgânicas e inorgânicas entre as máquinas e vida humana, sendo ressignificada ao abordar as relações entre o atleta paralímpico e a tecnologia assistiva, visando a prática independente e segura da Esgrima em Cadeira de Rodas.

A ECR requer fixadores para cadeira de rodas, pois exige dos atletas movimentos reflexos em alta velocidade visto que suas regras são as mesmas da esgrima convencional, sendo praticada por pessoas com deficiência física e reconhecida pela *International Wheelchair & Amputee Sport Federation* (International Wheelchair & Amputee Sport Federation, 2017).

A grande variabilidade de deficiências físicas dos praticantes de ECR levou à criação de um sistema específico para a classificação dos atletas conforme o tipo e o nível da lesão, bem como o potencial de execução motora no desempenho das ações de esgrima, enquadrando-os nas categorias oficiais, entre as quais destaca-se a classe “C” na qual o atleta não possui equilíbrio na cadeira de rodas com braço armado, extensão prejudicada do cotovelo da mão armada, ausência de funcionalidade da mão dominante, com necessidade de fixação da arma com ataduras, em tetraplégicos.

Geralmente, utiliza-se termos como aparelhos ou dispositivos para nominar as invenções que oferecem suporte à vida, priorizando as relações simbióticas entre o ser humano e as máquinas que podem propiciar a amplificação muscular ou motora ou à amplificação dos sentidos, operando como extensões da visão ou audição humanas.

No caso do fixador servo-assistido para a Esgrima em Cadeira de Rodas, o problema principal reside na convergência de saberes necessários para uma aumentar a performance do atleta paralímpico, envolvendo as fronteiras do conhecimento social e individual, do humano e do natural, da técnica e da fisiologia em um design funcional para a prática esportiva.

O projeto surgiu da observação da dependência dos atletas ao praticarem a modalidade esportiva, bem como do elevado número de auxiliares de pista envolvidos no decorrer de uma competição de Esgrima em Cadeira de Rodas, onerando o evento e tornando-o menos atraente ao público em geral devido ao longo tempo de espera entre os combates.

Portanto, o fixador servo-assistido para a Esgrima em Cadeira de Rodas pode ser classificado como um produto tecnológico adaptado para a qualificação da prática

esportiva, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e da performance do atleta através da inovação e da aplicação de boas técnicas de engenharia, visando a independência do atleta.

### **3. Procedimentos metodológicos**

#### **3.1. Caracterização da pesquisa**

A temática da pesquisa foi definida a partir da experiência profissional do autor na preparação física dos atletas da equipe da Associação de Servidores da Área de Segurança Portadores de Deficiência (ASASEPODE), desde 2008, bem como na preparação física da atual Seleção Brasileira de Esgrima em Cadeira de Rodas, permitindo acompanhar as dificuldades dos atletas da categoria “C” em treinos e campeonatos.

A abordagem simbiogênica e o trabalho interdisciplinar permitiram obter resultados satisfatórios no desenvolvimento do protótipo, cuja patente já foi obtida, com auxílio de equipe de trabalho que abrange profissionais das áreas de educação física e engenharia que se complementam no atendimento das necessidades destes atletas.

A metodologia utilizada no presente trabalho envolveu a pesquisa ação e o estudo de caso.

A pesquisa ação de caráter experimental foi realizada com atletas paralímpicos da modalidade de Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR), pois este tipo de pesquisa reconhece que o problema surge num contexto preciso que o pesquisador constata, ajudando a coletividade a determinar seus detalhes cruciais, por uma tomada de consciência coletiva (Barbier, 2002).

A pesquisa ação consiste em resolver problemas específicos, em que o pesquisador tornado-se parte do processo de mudança ao encorajar as pessoas a estudar seus próprios problemas, identificando a dificuldade de fixação da cadeira de rodas na pista de combate, levando o autor a desenvolver um produto inovador para proporcionar maior independência ao atleta.

Portanto, a pesquisa demonstra a adequação de novos processos e produtos tecnológicos adaptados para a qualificar a ação envolvendo o esporte, buscando a independência do atleta da modalidade de Esgrima em Cadeira de Rodas com tetraplegia, visando aumentar sua autonomia e segurança durante os combates.

A pesquisa também utilizou o estudo de caso individual, que permite uma investigação que preserva as características significativas dos acontecimentos (Yin, 2005), evitando que o pesquisador parta de um esquema fechado, o que limitaria suas interpretações, interferindo na constatação do problema que, neste caso, é a

dependência na prática esportiva paralímpica.

### 3.2. Delimitação da pesquisa

A escolha da modalidade de Esgrima em cadeira de Rodas (ECR) deveu-se a sua singularidade a nível esportivo, pois se trata do desenvolvimento de um produto assistivo voltado aos atletas com deficiência através da integração entre tecnologia e o poder de reabilitação do esporte, visando um design funcional que possibilite maior independência no cenário competitivo.

Os critérios de admissão para participação na pesquisa foram: indivíduos que não apresentam movimentos ativos na mão e punho devido à tetraplegia, considerando-se o lado dominante para a prática do esporte; quadro neurológico estável; movimentação passiva completa das articulações do punho, mão e dedos; presença de contração muscular ativa dos membros superiores e, no mínimo, 18 anos de idade e um ano de prática em ECR.

A instituição escolhida para a pesquisa foi a ASASEPODE, único local de prática dos atletas paralímpicos da modalidade de ECR em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

A pesquisa de campo foi desenvolvida junto aos atletas praticantes de ECR e enquanto a pesquisa experimental resultou no processo de desenvolvimento de produto e na construção de um protótipo utilizável que permitiu a coleta de dados relatados de forma qualitativa e quantitativa, resultando em patente internacional.

Primeiramente, foi realizada a busca de anterioridade na base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial [41] e nas bases internacionais *European Patent Office* (2017) e *United States Patent and Trademark Office* (2017).

A busca de Patentes de Invenção e Patentes de Modificação de Utilidade foi realizada pelos descritores presentes em seus títulos e resumos, cujo filtro abrangeu “todas as palavras” (a expressão exata, qualquer uma das palavras e a palavra aproximada) com os descritores “esgrima”, “fixador de cadeira de rodas” e “cadeira de rodas”.

Não haviam ocorrências na busca de patentes para os descritores com o título ou presentes no resumo, “esgrima” e “fixador de cadeira de rodas”, mas com descritor “cadeira de rodas” no título ocorreram 128 (cento e vinte e oito) processos enquanto para o uso do mesmo descritor no resumo ocorreram 230 (duzentos e trinta) processos.

Também foram encontrados 17 (dezessete) processos que satisfizeram à pesquisa das patentes concedidas com o descritor “cadeira AND rodas” no título e 18 (dezoito) processos que satisfizeram à pesquisa das patentes concedidas com o mesmo descritor no resumo.



Entre as ocorrências foram encontradas as seguintes seções da Classificação Internacional de Patentes (CIP):

“A” que representa as patentes enquadradas na seção Necessidades Humanas;

“B” que representa as patentes enquadradas na seção Operações de Processos e Transporte;

“E” que representa as patentes enquadradas em Construções Fixas;

“H” que representa Eletricidade.

A CIP, adotada pelo INPI desde 2014, é o sistema de classificação internacional criado a partir do Acordo de Estrasburgo (1971), cujas áreas tecnológicas são divididas nas classes A até H, havendo em cada classe, subclasses, grupos principais e subgrupos em um sistema hierárquico.

A busca foi realizada através da seção “A” - Necessidades humana, subclasse 61 - Ciências médicas ou veterinária; higiene - e seção “B” - Operações de processamento; transporte, subclasse Selins ou assentos de bicicletas; acessórios próprios para bicicletas e não incluídos em outro local - com os descritores “cadeira de rodas”, “fixador de cadeira de rodas”, “sistema de fixação” e “esgrima”.

As Seções, Classes, Subclasses, Grupos principais e Subgrupos descritos abaixo estão relacionados com a busca de anterioridade relacionada à temática-desta pesquisa:

- Seção “A”, Classe 61, Subclasse “G” (A61 G), classificado como transporte, pessoal ou acomodação especialmente adaptada para pacientes ou pessoas deficientes físicas; mesas ou cadeiras cirúrgicas; cadeira de dentistas; dispositivos para sepultamento, classificado no Grupo Principal e no Subgrupo 5/02, classificado como impulsionados pelo paciente ou deficiente físico;
- Seção “A” Classe 63, Subclasse “B” (A63 B), classificado como aparelhos para exercícios físicos, ginástica, natação, escalada ou esgrima; jogos de bola; equipamento para exercícios. Grupo principal e Subgrupo 69/00: Objetos ou aparelhos de treinamento para esportes especiais. Subgrupo 69/02, caracterizado para esgrima. Também se enquadra no Grupo especial 71/00, caracterizado como Acessórios de jogos ou esportes não abrangidos pelos grupos 1/00 a 69/00;
- Seção B, Classe 62, classificado como veículos terrestres para trafegar de outra maneira que não sobre trilhos. Classe M, classificado como Propulsão pelo condutor de veículos com rodas ou de trenós; Propulsão mecânica de trenós ou bicicletas; Transmissões especialmente adaptadas para tais veículos. Grupo principal e Subgrupo 1/14 caracterizado como, de uso exclusivamente manual.

O pedido de patente de invenção do fixador servo-assistido (FSA) é classificado segundo a *International Patent Classification* (IPC) nas seguintes seções, classes,

subclasses, grupos principais e subgrupos: A61G5/02; A63B69/02; A63B71/00; B62M1/14, sendo publicado na revista do INPI número 2227, com o número do pedido de patente de invenção BR 10 2013 008795-5 A2.

#### **4. Processo de desenvolvimento do fixador servo-assistido para cadeiras de rodas**

O estudo foi dividido em três fases: a primeira teve como objetivo definir o padrão tecnológico para o desenvolvimento do fixador servo-assistido enquanto a segunda fase teve o objetivo de construir o protótipo utilizável para a realização dos testes funcionais na prática de Esgrima em Cadeiras de Rodas (ECR), constituindo a terceira fase do estudo.

Inicialmente, foi feita uma busca nas bases de patentes nacionais e internacionais, verificando as tecnologias existentes que norteiam o processo de desenvolvimento de fixadores de cadeiras de rodas para ECR.

A construção do protótipo utilizável foi baseada em tecnologias existentes no mercado, optando-se pelo acionamento pneumático devido à facilidade de transporte e segurança operacional, pois um compressor elétrico de pequenas proporções pode ser montado rapidamente junto à pista de combate.

O material escolhido para a construção do protótipo apresenta resistência suficiente para suportar os esforços exigidos pela prática de ECR, respeitando às características biomecânicas do atleta paralímpico, bem como apresentando características ergonômicas, flexibilidade e durabilidade para permitir os movimentos com a arma.

Cabe destacar que o projeto de desenvolvimento de um produto é o conjunto de atividades resultantes do jogo das necessidades, possibilidades e restrições tecnológicas (Rozenfeld, 2006) que no trabalho em apresentação advém de uma necessidade evidente dos atletas com deficit funcional da modalidade de ECR.

Os obstáculos orgânicos que restringem as potencialidades dos indivíduos podem ser vencidos por um conjunto tecnológico colocado a serviço da reconfiguração da vida, nesta ótica, os aparatos de fixação atualmente utilizados estão em oposição à evolução tecnológica que caminha em direção à independência do atleta.

O processo inicial de desenvolvimento do fixador servo-assistido é apresentado no Quadro 1:

Quadro 1. Questões analisadas na etapa inicial do projeto

Público-alvo	Atletas da modalidade ECR
Caráter inovador	Propiciar maior independência do atleta da modalidade ECR
Processo de fabricação	Corte, usinagem e montagem
Acionamento	Pneumático

O fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeira de Rodas é enquadrado como patente de invenção, pois atende aos critérios de patenteabilidade, conforme a Lei de Propriedade Industrial n. 9.279/1996, que prevê que para um invento ser protegido por patente é necessário que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.

Além dos requisitos apresentados acima, a lei brasileira prevê que seja atendido o requisito de suficiência descritiva que se refere ao fato de que a descrição da invenção ou modelo de utilidade seja clara e completa de modo a permitir sua reprodução por um técnico no assunto.

Durante o processo de patente, geralmente, trabalha-se de maneira sigilosa, com o objetivo de evitar a divulgação prévia de informações e, como o consumidor ainda não foi identificado claramente, costuma-se prever os problemas e atitudes que poderiam ser decorrentes do uso de uma nova tecnologia ainda não assimilada.

## 5. Resultados e discussão

Apesar do censo do ano 2000 classificar cerca de 14,5% da população brasileira como pessoas com deficiência (IBGE, 2000) e o censo de 2010 (IBGE, 2010) indicar que 7% apresenta deficiência motora, o número de atletas praticantes de Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) é muito reduzido, contando com apenas 40 atletas inscritos no Campeonato Brasileiro de 2013.

Os atletas com tetraplegia são totalmente dependentes para a prática esportiva, desde a fase de preparação para a competição, vestimenta da indumentária, mudança para a cadeira de rodas esportiva, fixação da arma na mão e da cadeira na pista de combate, necessitando de auxiliares de pista contratados para trabalharem nas competições o que reduz o número de competições anuais pela confederação esportiva

devido ao alto custo de mão de obra.

A principal contribuição deste trabalho foi a maior independência ao atleta na prática da ECR, propiciando maior qualidade de vida e ganho performance esportiva ao permitir que o treinamento seja realizado sem a necessidade de auxiliares de pista, além de atender aos seguintes objetivos específicos:

- Construção de um produto facilitador para a inclusão social através da Esgrima em Cadeira de Rodas;
- Tratamento reabilitador e integrador de cadeirantes voluntários através do uso do protótipo funcional;
- Utilização do produto final em treinamentos e competições oficiais;
- Avaliação da eficácia do fixador servo-assistido para a prática da Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) em suas três modalidades: espada, florete e sabre;
- Avaliação da exequibilidade do uso do fixador servo-assistido quanto à confiabilidade, portabilidade e minimização da manipulação, visando à máxima independência para a prática da ECR.

A presente pesquisa resultou no desenvolvimento de um protótipo funcional de um fixador servo-assistido para fixação de cadeiras de rodas para competição de Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR) para contribuir com a universalização do esporte de esgrima. Além das características ergonômicas aplicáveis diretamente aos atletas, foi considerada a participação de auxiliares de pista na esgrima adaptada, pois os dispositivos disponíveis são de difícil utilização, retardando o combate.

Como filosofia de projeto considerou-se a maior de independência do atleta cadeirante na prática de seu esporte com a mínima participação de auxiliares de pista, resultando em um produto assistivo que permite a rápida fixação da cadeira de rodas através de um atuador pneumático que podem ser acionados pelo próprio atleta.

O desenvolvimento do produto atendeu às seguintes etapas:

- Levantamento das necessidades e possibilidades dos atletas praticantes de Esgrima em Cadeiras de Rodas (ECR);
- Obtenção de dados através de questionários, entrevistas e pesquisa bibliográfica;
- Sistematização de dados como base do fixador servo-assistido para prática de ECR;
- Formação da equipe técnica especializada em prática esportista e engenharia;
- Elaboração do projeto preliminar;
- Predefinição do sistema de fixação da cadeira de rodas;
- Concepção do protótipo funcional do fixador servo-assistido para prática de ECR;
- Construção do protótipo funcional;

- Testes do protótipo funcional com ajustes realizados com auxílio de atletas cadeirantes;
- Avaliação dos resultados;
- Ajustes do protótipo funcional;
- Apresentação do projeto à comunidade;
- Patente junto ao órgão responsável pela concessão do título de propriedade industrial no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

O fixador servo-assistido foi desenvolvido para a fixação de cadeiras de rodas adaptadas para competições de Esgrima em Cadeira de Rodas em suas três modalidades: espada, florete e sabre, mas estudos preliminares indicam a possibilidade de seu uso em outros esportes adaptados para o mesmo público como as competições de arremesso (dardo, disco, martelo e peso).

O fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeiras de Rodas é descrito a seguir:

- A presente invenção refere-se a um fixador servo-assistido para esgrima em cadeira de rodas composto por duas plataformas unidas por um sistema de regulagem onde são fixadas as cadeiras de rodas dos atletas para treinamento ou competição de maneira servo-assistida, ou seja, com o uso de tecnologias de fixação através de comandos manuais simples.
- Os fixadores convencionais para Esgrima em Cadeira de Rodas são formados por duas plataformas de peso elevado e por elementos de fixação compostos por fitas, atracadores e cremalheiras de atuação manual, sendo as cadeiras fixadas por auxiliares de pista, ou seja, pessoas treinadas para executar as operações de fixação das cadeiras de rodas dos dois atletas, ajustando ângulos e afastamentos exigidos pelo conjunto de regras da Federação Internacional de Esgrima.
- Nos fixadores convencionais para competição, o sistema de cremalheira é destinado a ajustar a distância entre as duas plataformas onde são fixadas as cadeiras de rodas e seu acionamento é manual, através de uma alavanca ligada solidariamente a uma engrenagem de dentes retos que permite afastar ou aproximar as plataformas.
- A distância entre as plataformas é determinada pelo alcance do atleta paraolímpico de menor envergadura, ou seja, o atleta de menor envergadura, posicionado de maneira ereta na cadeira de rodas, estende o braço dominante (direito ou esquerdo) empunhando a arma correspondente à competição (espada, sabre ou florete) e toca em uma parte determinada da dobra interna da articulação do cotovelo do braço dominante do adversário. Apesar da definição da distância ideal, a fixação da cremalheira é feita por um pino em um dos furos existentes, o que força a alteração desta distância.

- Os fixadores convencionais para esgrima em cadeira de rodas tornam os atletas paraolímpicos totalmente dependentes dos auxiliares de pista para fixação e regulagem das cadeiras de rodas, demandando elevado tempo e possibilitando a ocorrência lesões nos atletas caso ocorra o afrouxamento dos dispositivos de fixação.
- As cadeiras de rodas destinadas à competição ou treinamento de esgrima paraolímpica são assimétricas e sua rigidez depende da força física e habilidade do auxiliar de pista o que favorece o afrouxamento dos sistemas de fixação.
- Nos fixadores convencionais, o sistema de entrada de cada plataforma é único, ou seja, a cadeira de rodas acessar somente um lado da plataforma devido à existência de um batente onde se encostam as rodas dianteiras da cadeira de rodas, obrigando a montagem em três possíveis configurações conforme segue: i) dois atletas destros; ii) um atleta destro e um canhoto e iii) dois atletas canhotos. Para cada mudança de configuração, em função do lado dominante do atleta (destro ou canhoto), é necessário a desmontagem de uma ou duas plataformas, reposicionamento e ajuste, tarefa realizada por pelo menos dois auxiliares de pista, exigindo considerável esforço físico.
- O sistema de travamento das cadeiras de rodas nos fixadores convencionais é baseado em ganchos, cordas, fitas e catracas, ou seja, dispositivos semelhantes a ganchos duplos são colocados pelos auxiliares de pista sobre o topo das rodas traseiras, sendo fixados nas plataformas através de parafusos, cordas ou fitas que são tracionadas com força muscular. A falta de padronização das rodas dianteiras e da pedaleira (dispositivo onde o atleta paraolímpico apoia os pés), dificulta a fixação, sendo utilizados esticadores de fita com catraca, fixados em ganchos localizados nas plataformas.
- Nos fixadores convencionais, o processo de fixação dos atletas na pista de combate demanda em torno de 4 minutos, podendo ser maior, dependendo da limitação motora de cada atleta paraolímpico, mas podem ocorrer paralisações durante o combate para reaperto das cordas e catracas, pois os atletas paraolímpicos utilizam grande força pendular devido à movimentação corporal, que é inversamente proporcional à sua limitação motora.
- Após a competição, o tempo para liberar a cadeira e retirar o atleta paraolímpico da plataforma dos fixadores convencionais também é de aproximadamente 4 minutos.
- Porém, a competição demanda na sua fase classificatória 3 minutos ou 5 pontos e na sua fase final 3 tempos de 3 minutos ou 15 pontos, ou seja, a preparação e liberação do atleta paraolímpico podem requerer mais tempo do que a combate propriamente dito.

- Destaca-se que não é possível a realização de uma competição ou treinamento com o uso de fixadores convencionais sem a presença de auxiliares de pista e sem o processo de amarração das cadeiras de rodas, ou seja, os fixadores convencionais reduzem a independência do atleta paralímpico.
- O fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeira de Rodas é um equipamento dimensionado para permitir a competição e o treinamento de atletas de esgrima paraolímpica sem a assistência de terceiros ou de auxiliares de pista para as operações de posicionamento das plataformas de fixação. Conforme a posição de combate relativa ao braço dominante do atleta paralímpico (destro ou canhoto), posicionamento e fixação das cadeiras nas plataformas com os atletas paralímpicos, ajuste da distância de competição, liberação e retirada das cadeiras de rodas, desde que o atleta tenha tônus muscular e coordenação para movimentar sua cadeira de rodas convencional ou de competição.
- O fixador servo-assistido permite a fixação da cadeira de rodas através de cilindros pneumáticos com comandos independentes para cada plataforma com acionamento pelo próprio atleta ou pelo juiz da competição, pois conforme o grau de limitação motora do atleta pode ser necessário auxiliares de pista, inclusive para a fixação da espada em sua mão.
- Em resumo, o fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeira de Rodas possui a seguinte configuração básica:
  - Duas plataformas de fixação reversíveis, com aparatos de fixação servo-assistida;
  - Um dispositivo de ajuste de distanciamento das plataformas;
  - Um sistema de controle local ou remoto.

## 6. Conclusão

O presente trabalho interdisciplinar destaca-se pela sua contribuição para a inclusão e a reabilitação do atleta paralímpico através do desenvolvimento de um fixador servo-assistido para a prática independente e segura da Esgrima em Cadeira de Rodas (ECR), demonstrando sua adequação enquanto produto tecnológico assistivo, conforme a norma ISO 9999:2001 ou produto de ajuda técnica, conforme o Decreto 5296/2004.

A pesquisa bibliográfica revelou a escassez de literatura sobre o tema, inclusive na busca de anterioridade de tecnologias disponíveis no mercado para nortear o processo de construção de um fixador servo-assistido para a prática independente da ECR, confirmando a inovação deste produto assistivo.

A partir da pesquisa em apresentação constatou-se a existência de diversos obstáculos frente ao avanço tecnológico envolvendo os esportes paraolímpicos, em especial, de um produto assistivo voltado para cadeirantes que contribua para a

independência e efetiva inclusão de esgrimistas em cadeiras de rodas, demonstrando a necessidade de adequação de processos e produtos tecnológicos para a qualificação do esporte adaptado.

A busca de uma estética inovadora para o *design* do fixador servo-assistido para Esgrima em Cadeiras de Rodas, visando atender às premissas de projeto definidas por Le Corbusier (Moraes, 1999) quanto à combinação da mecanização com formas que expressam o purismo e a economicidade no processo produtivo, combinadas com a simbiogênese (Margulis, 2001) humano-máquina, enfrentou barreiras impostas pela robustez construtiva exigida para a prática desse esporte paralímpico.

A construção do protótipo utilizável do fixador servo-assistido permitiu a realização de testes funcionais na prática de Esgrima em Cadeiras de Rodas com os atletas paralímpicos para a validação do produto assistivo, fornecendo informação para o eventual redesenho e construção do produto final, ou seja, do protótipo testado com seus devidos aperfeiçoamentos, inclusive o uso de materiais compósitos com fibra de carbono que aliam leveza à elevada resistência mecânica (Levi Neto, 2006; Chung, 2012).

O uso do fixador servo-assistido permite a redução do custo operacional das competições devido à economia de mão de obra além de contribuir com a melhora desempenho esportivo ao permitir que o atleta treine de modo independente, dispensando assistentes que oneram a preparação para as competições.

O fixador servo-assistido materializa a abordagem simbiogênica aplicada à realidade orgânica e inorgânica mediada pela tecnologia assistiva que visa suprir, reduzir ou ampliar funcionalidades deficitárias congênitas ou adquirida, principalmente, motoras através da modalidade de Esgrima em Cadeira de Rodas, propiciando independência e qualidade de vida ao atleta.

## Referências

- Adams RC *et. al.* Jogos, esportes e exercícios para o deficiente Físico, 3 ed, São Paulo: Manole, 1985
- Alencar B. Paraolimpíadas - O Brasil no pódio. Rio de Janeiro: Comitê Paraolímpico Brasileiro, 1996
- American Academy of Orthopaedic Surgeons: Orthopaedic Appliances Atlas: Artificial Limbs: A Consideration of Aids Employed in in the Practice of Orthopaedic Surgery. Ann Arbor, Mich, J.W. Edwards, 1960, Vol. 2, pp. 2, 3, 5, 10.
- Araújo PF. Desporto adaptado no Brasil: origem, institucionalização e atualidade. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, INDESP, 1998



- Arkayev VA. La esgrima. Habana: Pueblo y Educación, 1991. Disponível em <<http://www.asasepode.org.br/esgrima.htm>> Acesso em 27/08/2017
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - Dossiê Técnico - Cadeiras de rodas, São Paulo, 2015. Disponível em <<http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/06306ae4dbc6e0f0765970d3cb70c37c.pdf>> Acesso em 27/08/2017
- Authier EL *et al.* A sports wheelchair for low-income countries, *Disability and Rehabilitation*, v. 29, issue 11-12, p. 963-967, 2007, DOI: 10.1080/09638280701240714
- Barbier R. A pesquisa-ação. Brasília: Liber Livro, 2002
- Bersch RCR *et al.* Fatores Humanos em TA Uma análise de Fatores críticos em Prestação de Serviços. *Plurais: Revista Multidisciplinar da UNEB*, v. 1, p. 132-152, 2010
- BRASIL – Decreto 5296/2004. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm)> Acesso em 27/08/2017
- Bruggeman GP *et al.* Biomechanics of double transtibial amputee sprinting using dedicated sprint prostheses. *Sports Technol*, 2009, 4–5:220-227
- Bruins M *et al.* Vocational reintegration after a lower limb amputation: a qualitative study. *Prosthet Orthot Int*, 2003
- Buchholz AC, McGillivray CF, Pencharz PB. Differences in resting metabolic rate between paraplegic and able-bodied subjects are explained by differences in body composition. *Am J Clin Nutr*. 2003; 77:371–8
- Burkett B. Technology in Paralympic sport: performance enhancement or essential for performance? *Br J Sports Med* 2010;44:215-220 doi: 10.1136/bjsm: 2009.067249
- Carvalho JA. Amputações de membros inferiores: na busca da plena reabilitação, 1 ed, São Paulo: Editora Manole, 1999
- Chung, DD L. Carbon Fiber Composites, Butterworth-Heinemann, 2012
- COMITÊ PARALÍMPICO BRASILEIRO - CBP – Esgrima em Cadeira de Rodas. Disponível em <[www.cpb.org.br/area-tecnica/modalidades/esgrima](http://www.cpb.org.br/area-tecnica/modalidades/esgrima)> Acesso em 27/08/2017
- Cowan RE *et al.* Recent trends in assistive technology for mobility, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2012, 9:20, doi 10.1186/1743-0003-9-20
- Dreyfuss, H. Designing for People, New York, Allworth Press, 2012

- European Patent Office - EPO - Disponível em < <http://www.epo.org> > Acesso em 27/08/2017
- Federação Internacional de Esgrima – FIE - Disponível em <[fie.org](http://fie.org)> Acesso em 27/08/2017
- Geddes NB. Horizons, Boston, Little, Brown and Company, 1932
- Guttmann L. Lesionados medulares: tratamiento global e investigación. Barcelona: Editorial JIMS, 1981
- Hyun S *et al.* Body mass index and pressure ulcers: improved predictability of pressure ulcers in intensive care patients. *Am J Crit Care.* 2014; 23(6):494-501
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - 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 27/08/2017
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - Microdados do Censo Demográfico de 2000. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisa, IBGE-RJ, 2000.
- Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI - Disponível em <<http://www.inpi.gov.br>> Acesso em 27/08/2017
- International Organization for Standardization - ISO 9999:2011 - Assistive products for persons with disability – Classification and terminology. Disponível em <[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=50982](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=50982)> Acesso em 27/08/2017
- International Wheelchair & Amputee Sport Federation - IWAS - Disponível em <<http://www.iwasf.com/iwasf/index.cfm/sports/iwas-wheelchair-fencing/rules-documents1/>> Acesso em 27/08/2017
- International Wheelchair Fencing - IWF - Rules for Competition. Book 1, Book 3 - Technical Rules. Version: March 20<sup>th</sup>, 2011
- Kleijn-De Vrankrijker MW. Classification of technical aids for persons with disabilities: neighbour or member of the family. Meeting of heads of WHO collaborating centres for the classification of diseases. Brisbane, Australia, 2002
- Kram R *et al.* Counterpoint: artificial legs do not make artificially fast running speeds possible. *J Appl Physiol*, 2010, 108(4):1012-1014.10.1152/jappphysiol.01238.2009a
- Levy Neto, F., Pardini, L C. Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia, São Paulo: Blucher, 2006

- Lima G. Nômades de Pedra: teoria da sociedade simbiogênica, Porto Alegre: Escritos, 2005
- Major RH. A History of Medicine. Springfield, III, Charles C. Thomas, v. 1, p. 67, 1945
- Margulis L. O Planeta Simbiótico: nova perspectiva da evolução. Rio de Janeiro: Rocco, 2001
- Martínez AV. Esgrima en silla de ruedas. In: Comitê Olímpico Español. Deportes para minusválidos físicos, psíquicos y sensoriales. Madrid: Carácter, p.196-203, 1994.
- Moraes D. Limites do Design, São Paulo: Studio Nobel, 1999
- Nazareth VL. Esgrima em Cadeira de Rodas: pedagogia de ensino a partir das dimensões e contexto da modalidade. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física, Campinas, São Paulo, 2009
- Pavani RM. Esporte, Tecnologia e Inclusão: o caso da modalidade de esgrima adaptada para atletas cadeirantes. FIEP Bulletin. Journal of the International of Physical Education. v. 81- Special Edition, Foz do Iguaçu, Paraná, 2011
- Pratt DJ. Some aspects of modern orthotics, Physiological Measurement, 15, 1–27, 1994
- Reinkensmeyer DJ, Boninger ML. Technologies and combination therapies for enhancing movement training for people with a disability. J Neuroeng Rehab 2011
- Rozenfeld H. *et al.* Gestão de desenvolvimento de produtos. Uma referência para a melhoria do processo. 1 ed, São Paulo: Editora Saraiva, 2006
- Shufeldt, R. W. Improvements in Artificial Limbs Since the Civil War - As Seen in Examples in the Army Medical Museum. Medical Reviews 24, p. 643-649, Nov. 1918
- Teixeira E. Terapia Ocupacional na Reabilitação Física, São Paulo: Roca, 2003
- United States Patent & Trademark Office - USPTO - Disponível em <<http://patft.uspto.gov> > Acesso em 27/08/2017
- Yin RK. Estudos de caso: planejamento e métodos, 3 ed, Porto Alegre: Bookman, 2005
- Wilson PE, Clayton, GH. Sports and Disability, PM&R, v. 2, issue 3, p. S46–S54, March 2010, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.02.002>