



**UNIVERSIDADE FERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA**

**PRINCÍPIO DAS ALAVANCAS APLICADA EM GOLPES DE JIU-JITSU: KIMURA,
ARMLOCK E AMERICANA**

WELLIGTON QUEIROZ RIBEIRO

**BELÉM – PA
2023**

WELLIGTON QUEIROZ RIBEIRO

**PRINCÍPIO DAS ALAVANCAS APLICADA EM GOLPES DE JIU-JITSU: KIMURA,
ARMLOCK E AMERICANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Física da Universidade Federal do Pará como requisito final para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Silva
Coorientador: Prof. Me. Jhonatan Silva

BELÉM – PA

2023



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO – TCC

Ata da sessão de apresentação e defesa de Trabalho de Conclusão de Curso para concessão de grau de Licenciado em Física, realizada às 09:30 h do dia 10 de julho de 2023, no Laboratório de Ensino de Física, cuja orientação teve início em janeiro de 2023, sendo o trabalho intitulado: **“PRINCÍPIO DAS ALAVANCAS APLICADA EM GOLPES DE JIU-JITSU: KIMURA, ARMLOCKE E AMERICANA”**, contendo 36 páginas, que foi apresentado durante 20 minutos pelo discente **WELLIGTON QUEIROZ RIBEIRO**, matrícula Nº **201708140057**, diante da banca examinadora aprovada pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará, assim constituída: Prof. Dr. Rubens Silva (Orientador – FACFIS/UFPA), Prof. MSc. Jhonatan dos Santos Silva (Coorientador – PPGF/UFPA), Prof. Dr. Manoel Raimundo dos Santos Junior (Examinador 1 – FACFIS/UFPA) e Prof. Dr. Isaac Torres Sales (Examinador 2 – FACFIS/UFPA). Em seguida, o mesmo foi submetido à arguição, tendo demonstrado conhecimentos no tema objeto da proposta de TCC, favorecendo à banca examinadora apresentar contribuições para melhorias no desenvolvimento e decidir pelo conceito BOM, bem como conceder o prazo máximo de 15 dias para serem efetuadas as modificações sugeridas pela banca, se for o caso. Para constar, foram lavrados os termos da presente Ata que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e do DISCENTE.

ORIENTADOR: _____

COORIENTADOR: _____

EXAMINADOR 1: _____

EXAMINADOR 2: _____

DISCENTE: _____

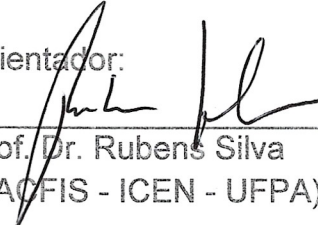
[Handwritten signatures and names in blue ink: Rubens Silva, Jhonatan dos Santos Silva, Manoel Raimundo dos Santos Junior, Isaac Torres Sales, Welligton Queiroz Ribeiro]

WELLIGTON QUEIROZ RIBEIRO

“PRINCÍPIO DAS ALAVANCAS APLICADA EM GOLPES DE JIU-JITSU:
KIMURA, ARMLOCKE E AMERICANA”

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Licenciado em Física pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Pará, submetida à apreciação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:


Orientador:


Prof. Dr. Rubens Silva
(FACFIS - ICEN - UFPA)

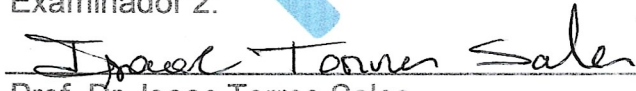
Coorientador:


Prof. MSc. Jhonatan dos Santos Silva
(PPGF - UFPA)

Examinador 1:


Prof. Dr. Manoel Raimundo dos Santos Junior
(FACFIS - ICEN - UFPA)

Examinador 2:


Prof. Dr. Isaac Torres Sales
(FACFIS - ICEN - UFPA)

Belém, 10 de julho de 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão a Deus e a todos os meus Guias de luz, pois sem eles, não haveria um caminho claro a seguir. Agradeço de coração à minha família, em especial à minha mãe Roseline Queiroz e à minha filha Kyra Diamantino Queiroz, que são meus pilares fundamentais. Sem elas, tenho plena certeza de que não teria conseguido chegar até aqui.

Sou imensamente grato aos meus amigos e irmãos, que sempre depositaram fé e esperança em mim. Seu apoio incondicional tem sido essencial para minha jornada. Agradeço também aos meus companheiros de Jiu-Jitsu, em especial ao Marcelo, que me ajudou a compreender e estudar o Jiu-Jitsu com uma abordagem científica, ao Carlos Ramon, que colaborou com as imagens apresentadas neste trabalho, e ao Elielton Dias, que me auxiliou com as técnicas e os vídeos.

Não posso deixar de agradecer ao meu pai, Vando Olivar, por tudo que ele me ensinou e continua a ensinar, por suas belas atitudes, palavras de carinho e por sua incessante mania de me incentivar. Também gostaria de expressar minha gratidão aos amigos e amigas que fizeram parte da minha jornada acadêmica e que levarei para sempre em meu coração, como Rosany, Jonas e, especialmente, Yago Couto. Seu apoio ao longo de todo o percurso universitário, e principalmente na reta final, foi fundamental.

Agradeço ao meu orientador Rubens e ao meu coorientador Jhonatan. Sua presença ao meu lado, mostrando-me o caminho a seguir e me auxiliando em todas as etapas deste trabalho, foi de imenso valor. Muito obrigado, professores!

Por fim, quero expressar minha gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Seja por meio de palavras de incentivo, orientações, apoio emocional ou colaborações práticas, cada um de vocês teve um papel importante nessa conquista. Sou profundamente grato por ter tido a oportunidade de contar com o apoio de tantas pessoas especiais ao longo dessa jornada.

Meu sincero agradecimento a todos vocês.

“Eu não derroto meus adversários, eles derrotam a si mesmos.”

Hélio Gracie

RESUMO

O presente trabalho busca demonstrar como a arte marcial Jiu-Jitsu Brasileiro, utiliza diversos conceitos físicos para imobilizar o oponente, utilizando centro de gravidade, forças, rotações e principalmente o princípio das alavancas de Arquimedes. O Jiu-Jitsu foi desenvolvido para a autodefesa com técnicas baseada nos princípios do sistema de articulação do corpo e das alavancas, assim evitando o uso da força e de armas, fazendo com que até mesmo o mais leve possa vencer o mais pesado, não só dependendo da sua força mais também das suas técnicas. Assim, buscaremos demonstrar como o estudo das alavancas é extremamente importante para que os golpes possam ser aplicados de maneira mais efetiva e para isso iremos mostrar esse princípio aplicado em três importantes golpes dessa arte marcial.

Palavras-Chave: Jiu-Jitsu. Alavanca. Força.

ABSTRACT

This present work aims to demonstrate how the Brazilian martial art of Brazilian Jiu-Jitsu (BJJ) utilizes various physical concepts to immobilize the opponent, including the center of gravity, forces, rotations, and primarily the principle of Archimedes' levers. Jiu-Jitsu was developed for self-defense with techniques based on the principles of the body's articulation system and levers, thus avoiding the use of strength and weapons, allowing even the lightest individual to overcome a heavier opponent, relying not only on their strength but also on their techniques. Therefore, we will demonstrate how the study of levers is extremely important for the effective application of techniques, and to illustrate this, we will showcase this principle applied to three significant moves within this martial art.

Keywords: Jiu-Jitsu. Lever. Force.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 A HISTÓRIA DO JIU-JITSU	3
3 CONCEITOS FÍSICOS.....	5
3.1 LEIS DE NEWTON	5
3.2 ARQUIMEDES E A LEI DA ALAVANCA.....	8
3.3 TIPOS DE ALAVANCAS.....	10
4 USO DAS ALAVANCAS EM GOLPES DE JIU-JITSU	12
4.1 KIMURA – ALAVANCA INTERFIXA	13
4.2 ARMLOCK – ALAVANCA INTER-RESISTENTE	17
4.3 CHAVE AMERICANA – ALAVANCA INTERPOTENTE.....	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

O Jiu-Jitsu é uma arte marcial indiana criada por monges budistas como forma de autodefesa desarmada. Ao longo dos séculos, foi aprimorada e chegou ao Brasil pelas mãos de Mitsuyo Maeda, conhecido como Conde Koma. A família Gracie se destacou no país ao contribuir para o desenvolvimento e popularização do Jiu-Jitsu, criando o Jiu-Jitsu Brasileiro, conhecido em todo mundo por *Brazilian Jiu-Jitsu* (BJJ). Essa modalidade se baseia em técnicas de controle e alavancas com ênfase dada à técnica, ao uso do peso e da força do oponente a seu favor. Os praticantes aprendem a utilizar equilíbrio, posição e alavancas para neutralizar adversários, independentemente de tamanho ou força física.

Para desenvolver esse trabalho, é necessário estudar diversos conceitos físicos, incluindo as leis de Newton. Vamos abordar o princípio das alavancas, que envolve o uso de uma barra rígida que gira em torno de um ponto fixo, chamado ponto de apoio. A força aplicada em uma extremidade da alavanca é chamada de força potente, enquanto a resistência é a força a ser vencida ou movida. Existem três tipos de alavancas: interfixas, inter-resistentes e interpotentes, que são denominadas de acordo com a posição relativa do ponto de apoio, da força de aplicação e da resistência. Esses conceitos são relevantes para compreender diversos aspectos, inclusive a aplicação de golpes no Jiu-Jitsu Brasileiro.

O objetivo deste trabalho é demonstrar como o estudo dos princípios físicos das alavancas pode ajudar na execução dos golpes do Jiu-Jitsu Brasileiro, como as chaves de braço: kimura, armlock e americana. Será apresentada a sequência correta para a aplicação desses golpes, destacando os tipos de alavancas e onde atuam as forças potente, resistente e ponto de apoio. Isso permitirá ao lutador utilizar a vantagem mecânica e mostra como esses princípios são essenciais para se tornar eficiente no uso da técnica. Ao aplicar as alavancas corretamente, um lutador pode compensar a diferença de força física e tamanho entre ele e o oponente, aproveitando a mecânica adequada para exercer força com o mínimo esforço possível, assim facilitando a obtenção da vitória na luta. Além disso, serão mostradas as formas de defesa para cada um dos golpes de forma a impossibilitar a finalização utilizando também os princípios físicos necessários na defesa. Esses golpes são importantes e vastamente utilizados em diferentes eventos de artes marciais, o que será exemplificado através de situações em eventos de Artes marciais mistas, nos quais os golpes foram corretamente utilizados, o que possibilitou a vitória do praticante.

Esse trabalho está dividido da seguinte forma: no Capítulo 2, apresentamos a história do Jiu-Jitsu, a criação e seu desenvolvimento. No Capítulo 3, abordaremos os conceitos físicos relacionados ao Jiu-Jitsu Brasileiro, discorrendo sobre as leis de Newton e principalmente sobre a Lei das Alavancas, explorando os diferentes tipos de alavancas. No Capítulo 4, apresentaremos os golpes e a explicação física por trás de cada um deles, fornecendo exemplos de como aplicar e defender cada golpe, utilizando princípios físicos. Por fim, no último capítulo apresentaremos as considerações finais do trabalho.

2. A HISTÓRIA DO JIU-JITSU

O Jiu-Jitsu é uma arte marcial que tem sua origem cercada de mistérios e controvérsias. Existem basicamente três vertentes que apontam para sua origem: a primeira defende que o Jiu-Jitsu surgiu no Japão, a segunda vertente diz que ele nasceu na Índia e a terceira alega que ele foi criado na China. Para este trabalho, usaremos a mais aceita pelos pesquisadores historiadores, Confederação Brasileira de Jiu-Jitsu (CBJJ) e pela *International Brazilian Jiu-Jitsu Federation* (IBJJ) que defende que o Jiu-Jitsu nasceu no século IV a. C., criado por monges budistas. (CBJJ, 2009; LIS LISE e CAPRARO, 2016).

O Jiu-Jitsu é conhecido como uma das primeiras formas de autodefesa da humanidade, dispensando o uso de armas. Suas técnicas fundamentam-se nos princípios de equilíbrio, sistema de articulação do corpo e alavancas, com o objetivo de minimizar a necessidade de força excessiva. O termo, traduzido do japonês, combina "Jiu" que significa "suave" e "Jitsu" que significa "arte". Essa arte marcial foi desenvolvida como uma forma de autodefesa, permitindo que indivíduos menores e menos fortes possam se proteger e neutralizar oponentes maiores e mais fortes, utilizando técnicas de alavancas, chaves articulares, estrangulamentos e golpes no solo. (LIS LISE e CAPRARO; 2016).

Segundo Luiz Rufino e Suraya Darido (2009), a expansão do Jiu-Jitsu aconteceu séculos mais tarde, por volta de 250 a.c mais precisamente, 2.220 anos depois de Buda. Este desenvolvimento deu-se quando o Imperador Ashoka, "O Grande" (304 a.c - 232 a.c) tornou-se adepto do Budismo e o popularizou, desenvolvendo e criando monastérios dentro e fora da Índia. Desta maneira, o Jiu-Jitsu acompanhou essa expansão chegando ao Ceilão, Birmânia, Tibete, Sião, todo o sudeste da Ásia, China e finalmente com sua chegada no Japão, onde se estabilizou e rapidamente começou a ganhar notoriedade.

O Jiu-Jitsu era tratado com extrema importância pelos japoneses, tanto que o Imperador do Japão Kōmei (1831-1867) fez um decreto imperial para proibir os ensinamentos do Jiu-Jitsu fora do Japão ou aos não japoneses, tornando crime ensiná-lo aos não japoneses. Quem desrespeitasse essa ordem era considerado traidor do Japão.

Somente após o início do Império Meiji (1867-1912), com a introdução da cultura ocidental no Japão e a extinção da classe dos samurais, as artes marciais japonesas caíram em relativo desuso devido ao surgimento de exército nacional ao estilo ocidental com armas de fogo, que ofereciam a uma nova possibilidade de eliminação mais rápida sem o esforço de uma

luta corporal. Nesse contexto alguns mestres de Jiu-Jitsu migraram do Japão para outros continentes, difundindo o ensino da arte marcial. (LUIZ RUFINO, SURAYA DARIDO; 2009),

Ao viajar pela América Central e do Sul, Conde Koma fez inúmeras apresentações e lutas em vários países popularizando o Jiu-Jitsu. Em 1914, ele desembarcou no Brasil, onde encontrou um ambiente fértil para desenvolver ainda mais suas habilidades e técnicas. Conde Koma se estabeleceu em Belém do Pará, onde conheceu Gastão Gracie, um homem de negócios influente e sócio do American Circus na cidade. Gastão Gracie ficou fascinado pelo Jiu-Jitsu e acabou levando seu filho mais velho, Carlos, para aprender a luta com Conde Koma. Carlos Gracie se interessou rapidamente pela luta e logo começou a dominar todas as técnicas e começou a ensinar aos seus irmãos, formando um clã que logo se tornaria um dos mais importantes do mundo das artes marciais. (GRACIE; 2006, GURGEL; 2007).

Foi Hélio Gracie, o irmão mais novo de Carlos, que ganharia maior destaque dentro do esporte, desenvolvendo novas e mais eficientes técnicas. Hélio desenvolveu um método adaptado do Jiu-Jitsu japonês que fazia uso da força e do peso do adversário como uma alavanca para os golpes de imobilização, deslocamentos e demais situações de combate. Essa técnica possibilitou que mesmo uma pessoa mais fraca e mais leve pudesse lutar em iguais condições com outra maior e de maior massa, tornando-se uma nova vertente da arte marcial conhecida como Jiu-Jitsu Brasileiro ou *Gracie Jiu-Jitsu*. Essa arte marcial tornou-se muito popular em todo o mundo, especialmente por seu foco em técnicas de solo e imobilização, ganhando destaque como uma variante altamente influente e amplamente praticada do Jiu-Jitsu, assim se mostrou extremamente eficaz no mundo das artes marciais mistas, elevando um status ainda maior.

O Jiu-Jitsu Brasileiro ensina aos seus praticantes a controlar as emoções e ter perspicácia para apresentar soluções durante os combates, além de trabalhar outras valências físicas e mentais, como força, resistência, potência, criatividade, controle e inteligência emocional, humildade, respeito e honestidade. Hoje, é uma das artes marciais mais praticadas em todo o mundo, graças às contribuições dos irmãos Gracie e sua dedicação em desenvolver e aperfeiçoar essa arte marcial (GRACIE; 2006).

3. CONCEITOS FÍSICOS

3.1 LEIS DE NEWTON

Segundo Westfall (2007), Isaac Newton nasceu em Woolsthorpe, na região leste da Inglaterra, no século XVII, e foi um renomado físico, matemático e astrônomo inglês. Ele é reconhecido como um dos cientistas mais influentes da história, principalmente devido à sua obra "*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*" ("Princípios Matemáticos da Filosofia Natural"), publicada em 1687, na qual ele apresentou suas leis do movimento e da gravitação universal. Suas descobertas e teorias tiveram um impacto significativo no desenvolvimento da física e da ciência em geral. Entre suas descobertas está a relação entre uma força e a aceleração produzida por ela, assunto que será abordado neste tópico. Essa relação é estudada na mecânica newtoniana, termo que se refere ao conjunto de princípios físicos descritos por Newton. Porém, vamos nos limitar nas três leis básicas de movimento da mecânica newtoniana. (HALLIDAY e RESNICK, 2012).

As leis de Newton descrevem o movimento dos corpos e a influência das forças sobre eles. No contexto de uma luta de Jiu-Jitsu, quando dois oponentes estão se enfrentando, se movimentando um ao redor do outro para buscar uma abertura para aplicar uma queda, é importante considerar os conceitos físicos envolvidos no movimento de um corpo. O movimento de um corpo depende do referencial em que o observador está situado. Isso fica evidente ao considerarmos o movimento de translação da Terra. Se tomarmos como referencial um observador na Terra, ele verá o Sol girar em torno da Terra, mas se imaginarmos um observador situado no Sol, será a Terra que parecerá girar em torno do Sol. Dessa forma, podemos definir movimento e repouso da seguinte maneira: movimento é quando a posição ocupada por um corpo varia em relação a um referencial ao longo do tempo, já o repouso ocorre quando a posição ocupada por um corpo não varia em relação a um referencial com o passar do tempo.

Antes da formulação da mecânica por Newton, acreditava-se que uma força era necessária para manter um corpo em movimento com velocidade constante e que, na ausência de forças, um corpo estava em seu estado natural apenas quando estava em repouso. Essa ideia era baseada na observação de que um objeto colocado para deslizar sobre uma superfície para após cessar a força aplicada. No entanto, observações de pesquisadores Galileo Galilei (1564 – 1642) levaram a conclusão de que mesmo na ausência de forças aplicadas, um corpo ainda poderia permanecer em movimento. Essa conclusão pode ser enunciada pela chamada Primeira

Lei de Newton: “Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo, sua velocidade permanece constante, ou seja, se um objeto está em repouso, ele permanecerá em repouso, e se ele estiver em movimento ele continuará em movimento com a mesma velocidade (módulo, direção e sentido).”

A massa é uma propriedade fundamental de um objeto, independentemente de sua localização ou do ambiente em que se encontra. Trata-se de uma grandeza escalar, cuja a unidade de medida é o quilograma (kg) no Sistema Internacional de Unidades (SI). A inércia de um objeto é diretamente proporcional à sua massa, o que significa que quanto maior a massa de um objeto, maior será sua tendência de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme fazendo com que um objeto com grande massa seja mais resistente a mudanças em seu movimento do que um objeto com massa menor.

No caso em que uma força resultante age sobre um corpo, esse corpo terá seu estado de movimento alterado, ou seja, terá uma aceleração. Como comentado acima, quanto maior a massa do corpo, mais difícil será mudar seu estado de movimento, sendo assim a massa do corpo é inversamente proporcional a sua aceleração. Dessa forma, podemos enunciar a Segunda Lei de Newton, matematicamente, por meio da seguinte fórmula:

$$\vec{F}_r = m\vec{a} \quad (3.1)$$

Onde:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3.2)$$

onde \vec{F}_r é a força resultante aplicada sobre o objeto, m é a sua massa e \vec{a} a aceleração.

Um exemplo de aplicação da Segunda Lei de Newton no Jiu-Jitsu pode ser visto durante a execução de um golpe como o arremesso (*throw*), em que um lutador aplica uma força em seu adversário para projetá-lo ao chão. Nesse caso, a força aplicada pelo lutador deve ser suficiente para gerar a aceleração necessária para executar o movimento.

A Terceira Lei de Newton estabelece que "Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e tem sentidos opostos". Isso significa que quando um corpo exerce uma força sobre outro corpo, o segundo corpo reage com uma força de mesma magnitude, mas em direção oposta. Em outras palavras, as forças sempre ocorrem aos pares. Se um corpo A exerce uma força em um corpo B, então o corpo B exerce uma força igual e oposta em direção ao corpo A. Essas forças atuam em pares, porém em objetos diferentes. Para que exista uma força de ação, é necessário que haja uma força de reação em outro objeto. Portanto, as forças de ação e reação em dois corpos distintos possuem módulos e

direções idênticas, mas com sentidos opostos. Esse princípio pode ser expresso através da seguinte fórmula:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1} \quad (3.3)$$

Para entender como a aplicação de forças pode afetar o movimento de objetos em rotação, usaremos uma grandeza física que descreve a tendência de uma força a fazer com que um objeto gire em torno de um eixo, o torque ($\vec{\tau}$). O torque é uma grandeza vetorial que representa a tendência de uma força aplicada a girar um objeto em torno de um eixo específico. Também conhecido como momento de força, o torque é uma medida da rotação de um objeto em resposta a uma força aplicada. É definido como o produto vetorial da força aplicada e o vetor de distância (braço de alavanca) entre o ponto onde a força é aplicada e o eixo de rotação.

O cálculo do torque (ou momento da força) pode ser realizado usando a seguinte equação:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (3.4)$$

onde seu módulo é dado por:

$$\tau = r F \sin \theta \quad (3.5)$$

sendo θ o ângulo formado entre \vec{F} e \vec{r} .

Quando a força é aplicada perpendicularmente ao raio (r), ou seja, em um ângulo de 90° , o seno do ângulo é igual a 1. O raio (r), também conhecido como braço de alavanca, é a distância do ponto de aplicação da força até o eixo de rotação do corpo. Sua unidade de medida no SI é (N.m).

O torque é bastante utilizado em técnicas de finalização no Jiu-Jitsu, como a chave de braço e a chave de pé. Nesses casos, o praticante utiliza a força rotacional para gerar a pressão necessária sobre a articulação do adversário. O momento da força está relacionado à eficiência das técnicas executadas, de forma que a aplicação correta do torque pode resultar em uma projeção mais forte e eficiente ou em uma finalização mais rápida e precisa.

3.2 ARQUIMEDES E A LEI DA ALAVANCA

Segundo Assis (2011), Arquimedes nasceu em 287 a.c. e viveu até 212 a.c., passando a maior parte de sua vida em Siracusa, na costa da Sicília, Itália. Seu pai, o astrônomo Fídias, obteve uma estimativa para a razão dos diâmetros do Sol e da Lua. O nome "Arquimedes" vem das palavras gregas "arché", que significa princípio, domínio ou causa original, e "mêdos", que significa mente, pensamento ou intelecto. Seu nome pode ser interpretado como "a mente principal" se lido da esquerda para a direita, mas na Grécia antiga, era mais comum interpretar o nome da direita para a esquerda, o que significa que seu nome pode ser lido como "a mente do princípio". Arquimedes provavelmente estudou na cidade de Alexandria, no Egito, que era então o centro do conhecimento grego, com os sucessores do matemático Euclides, que viveu por volta de 300 a.c. Vários dos trabalhos de Arquimedes foram enviados a matemáticos que viviam ou tinham estado em Alexandria. Ele é considerado um dos maiores pensadores de todos os tempos e o 13º maior matemático da antiguidade. Sua obra é comparável nos tempos modernos apenas à de Isaac Newton (1642-1727) em termos de brilhantismo e influência. Ele desenvolveu estudos em diversas áreas do conhecimento, incluindo geometria, hidrostática e mecânica. Sua descoberta da Lei das Alavancas, uma das leis fundamentais da física, teve um impacto significativo no desenvolvimento da engenharia e da tecnologia ao longo da história.

A lei das alavancas é um dos princípios fundamentais da física que descreve a relação entre a força, a distância e o momento em um sistema de alavanca. É um conceito que tem sido utilizado desde a antiguidade, mas foi formalizado pela primeira vez por Arquimedes. Uma alavanca é um dispositivo simples que consiste em uma barra rígida que pode girar em torno de um ponto fixo chamado ponto de apoio. Existem três componentes fundamentais em um sistema de alavanca: a força aplicada (ou esforço), a resistência e o ponto de apoio. A distância entre o ponto de apoio e a força aplicada é chamada de braço da força e a distância entre o ponto de apoio e a resistência é chamada de braço da resistência.

As alavancas são classificadas em três tipos diferentes, de acordo com a posição relativa do ponto de apoio, da força aplicada e da resistência. As alavancas de primeira classe têm o ponto de apoio entre a força aplicada e a resistência, as alavancas de segunda classe têm a resistência entre o ponto de apoio e a força aplicada, e as alavancas de terceira classe têm a força aplicada entre o ponto de apoio e a resistência. (ASSIS; 2011).

A formulação matemática da lei das alavancas é a seguinte:

$$\frac{F}{P} = \frac{d_1}{d_2} \quad (3.6)$$

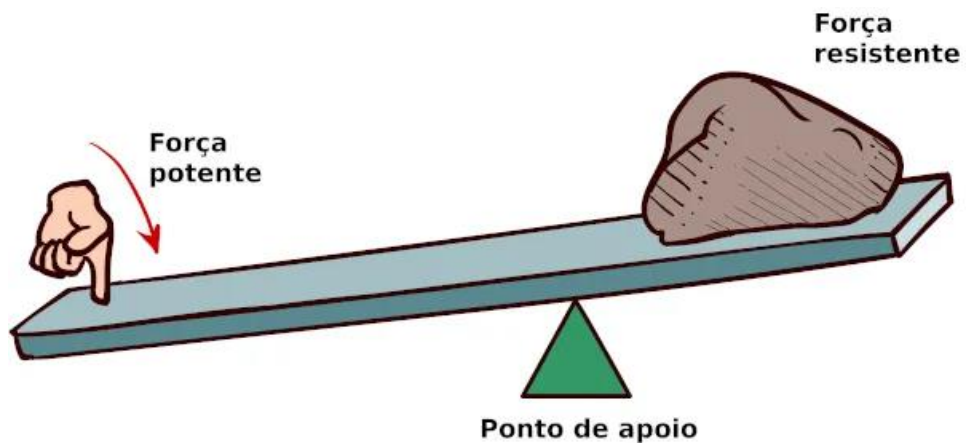
Onde, F é a força aplicada, d_2 é a distância entre a força aplicada e o ponto de apoio, P é a resistência e d_1 é a distância entre a resistência e o ponto de apoio. Essa equação pode ser utilizada para calcular a relação entre a força aplicada e a resistência em um sistema de alavanca. Por exemplo, se a força aplicada em uma alavanca de primeira classe é de 10 N e a distância entre a força aplicada e o ponto de apoio é de 2 metros, então a resistência será de 20 N se a distância entre a resistência e o ponto de apoio for de 1 metro. Isso significa que o momento da força aplicada é igual ao momento da resistência mantendo a alavanca em equilíbrio.

A utilização da alavanca como máquina simples é baseada na definição operacional que a acompanha. A lei da alavanca demonstra que um peso maior pode ser equilibrado por um peso menor, desde que este esteja localizado mais distante do ponto de apoio. As máquinas simples são dispositivos que podem multiplicar a força aplicada para realizar um trabalho, através da vantagem mecânica, usando a razão entre a força resistente e a força aplicada para calcular a vantagem mecânica. (PAUL STRATHERN; 1999)

3.3 TIPOS DE ALAVANCAS

Segundo Assis (2011) temos três tipos de alavancas, no caso da alavanca de primeira classe, também conhecida como interfixa (Figura 1), o ponto de apoio está posicionado entre a força aplicada e a força resistente. Nessa configuração, a magnitude da força aplicada pode ser maior ou menor do que a força resistente, dependendo da posição do ponto de apoio. A vantagem mecânica pode ser alcançada quando o ponto de apoio está mais próximo da força aplicada do que da resistente. Nessa situação, a vantagem mecânica será maior do que um, o que implica que a força aplicada é amplificada. Por outro lado, se o ponto de apoio estiver mais próximo da força resistente, a vantagem mecânica será menor do que um, indicando que a força aplicada é reduzida.

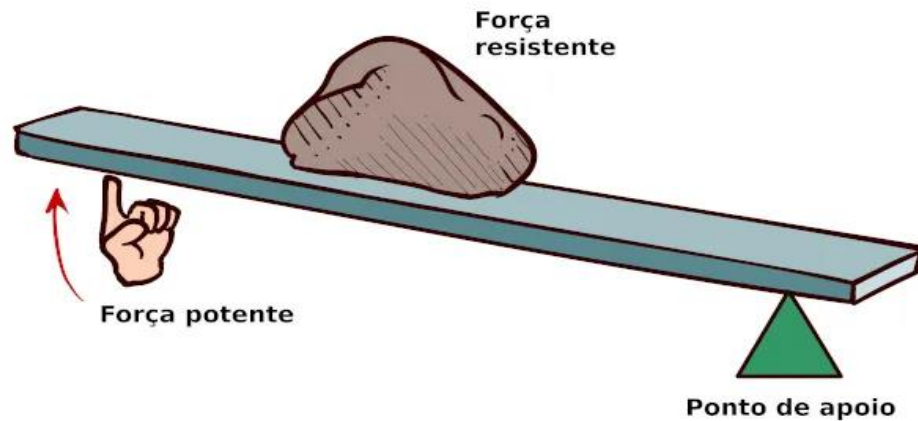
Figura 1: Alavanca de primeira classe.



Fonte: Adaptado de <http://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/alavancas.htm>

No caso da alavanca de segunda classe, também conhecida como inter-resistente (Figura 2), a força resistente está posicionada entre o ponto de apoio e a força aplicada. Nessa configuração, a força aplicada é sempre maior do que a força resistente, resultando em uma vantagem mecânica maior do que um, o que implica que a força aplicada é amplificada. Quanto maior a distância entre a força resistente e o ponto de apoio, maior será a vantagem mecânica. Esse tipo de alavanca permite mover cargas mais pesadas com menos esforço, pois a força aplicada é maior do que a força de saída.

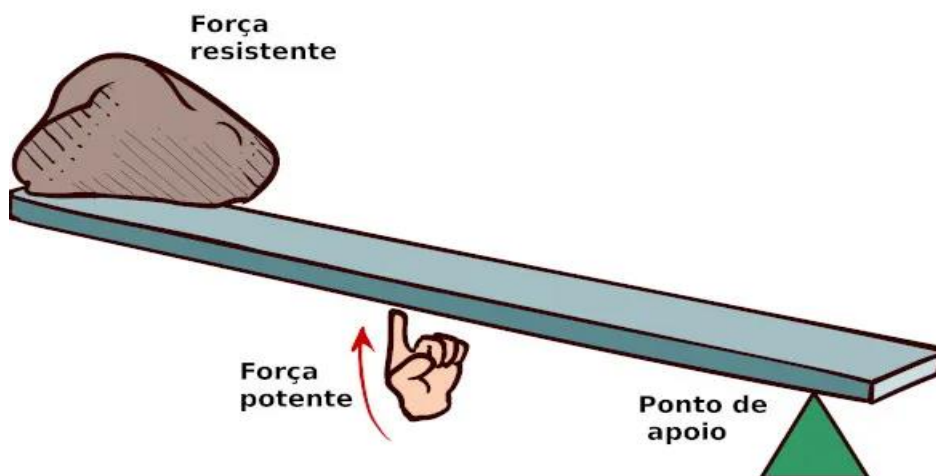
Figura 2: Alavanca de segunda classe.



Fonte: Adaptado de <http://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/alavancas.htm>

Já no caso da alavanca de terceira classe, também conhecida como interpotente (Figura 3), o ponto de apoio está localizado em uma extremidade, a força aplicada na outra extremidade e a força resistente está entre eles. A força aplicada tem uma distância menor em relação ao ponto de apoio em comparação com a força resistente. Isso significa que, para levantar uma carga maior, é necessário aplicar uma força maior. A vantagem mecânica nesse tipo de alavanca é menor do que 1. A força de entrada é aplicada na extremidade oposta à carga e mais próxima do ponto de apoio. Um exemplo é o movimento do antebraço, onde os músculos se contraem para levantar o peso, exercendo a força de entrada.

Figura 3: Alavanca de terceira classe.



Fonte: Adaptado de <http://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/alavancas.htm>

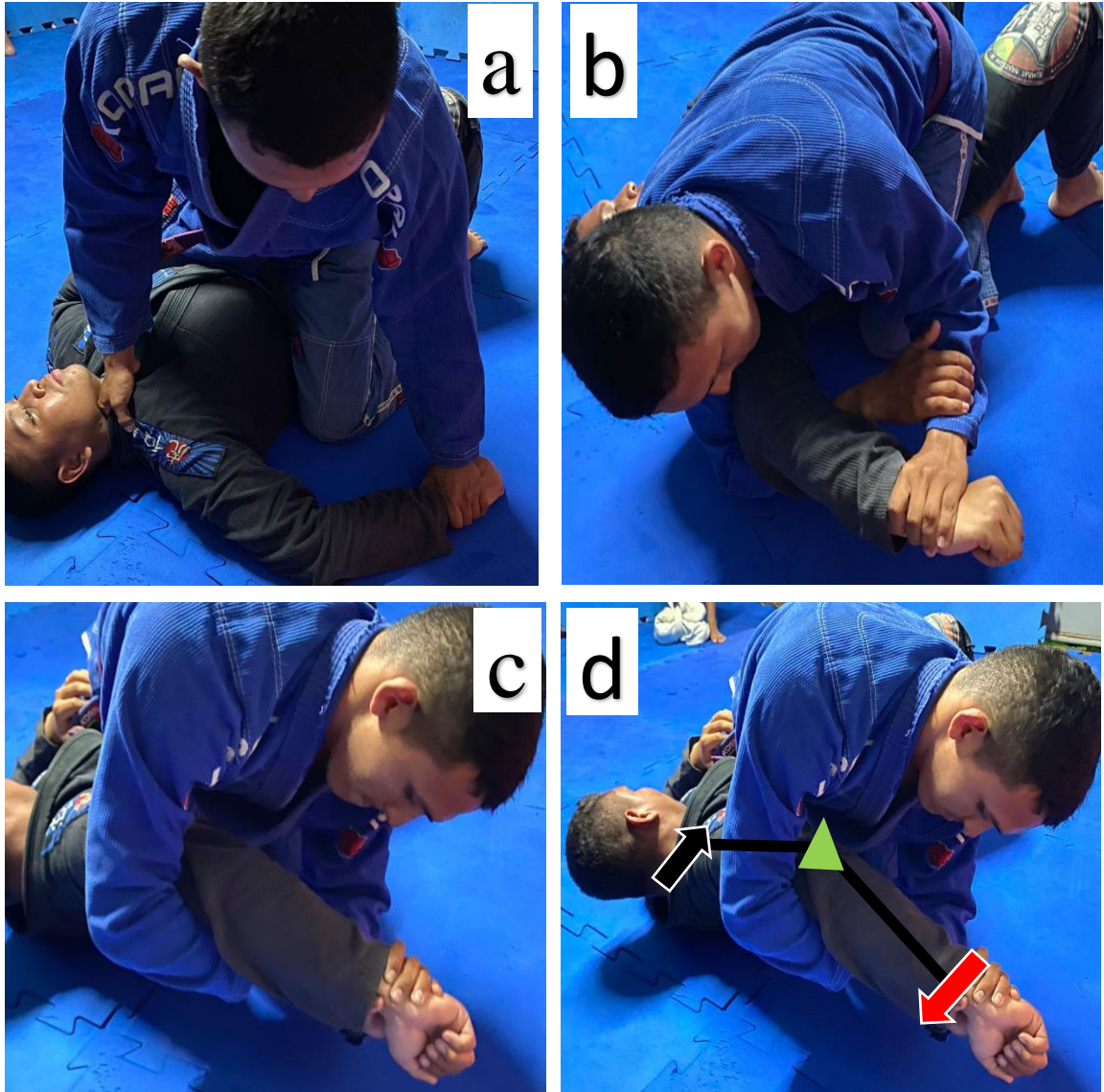
4. USO DAS ALAVANCAS EM GOLPES DE JIU-JITSU

Como já explicamos o Jiu-Jitsu é uma arte marcial que tem como objetivo imobilizar, controlar e finalizar (significa aplicar uma técnica efetiva de submissão ao oponente, fazendo com que ele desista do combate) o adversário. Para alcançar esses objetivos, os praticantes utilizam uma série de técnicas e movimentos que envolvem força, agilidade, flexibilidade e estratégia. No entanto, além dessas habilidades, o Jiu-Jitsu também se baseia em princípios físicos, como o das alavancas, que desempenham um papel fundamental na execução das técnicas e na obtenção dos resultados, fazendo que o praticante seja capaz, por exemplo, de vencer um adversário mais forte ou pesado. Ao aplicar a técnica corretamente, o praticante pode usar a força e o peso do adversário contra ele mesmo, aproveitando a vantagem mecânica das alavancas.

4.1 KIMURA – ALAVANCA INTERFIXA

Na chave de braço kimura utilizamos a alavanca interfixa como princípio fundamental. Para a execução do golpe, comece segurando o punho do oponente Figura 4.a, passando o braço por cima do bíceps do oponente Figura 4.b. Em seguida, segure o seu pulso criando uma alavanca Figura 4.c. Aplique pressão e torção, arrastando o pulso do oponente em direção da costa dele Figura 4.d. O ponto de apoio na chave está localizado no cotovelo do oponente. Segura-se o punho do oponente e utiliza seu próprio corpo como apoio, estabelecendo um controle sólido sobre a articulação. Ao posicionar-se corretamente e manter o controle adequado, o praticante maximiza o ponto de apoio, garantindo estabilidade e potencializando a eficácia da técnica. Pois a força potente na alavanca é gerada através da aplicação de força por parte do praticante. Ao segurar o punho do oponente e rotacionar, o praticante utiliza os músculos das costas, ombros e braços para gerar uma força concentrada nas articulações do ombro do oponente, essa força potente é aplicada gradualmente, aumentando a pressão no ombro, onde está agindo a força resistente, com isso temos uma alavanca interfixa como mostra na Figura 1, assim induzindo desconforto, forçando o oponente a ceder e à finalização da técnica (GRACIE; 2006). As forças aplicadas e o ponto de apoio do golpe são ilustrados na Figura 5.

Figura 4: Aplicação da kimura



Fonte: galeria do Autor

Figura 5: Forças que atuam sobre o golpe.



Fonte: galeria do Autor

Para a defesa da chave de braço kimura, a ideia principal é buscar quebrar a alavanca criada pelo oponente, reduzindo a distância entre o ponto de apoio (articulação do ombro) e a linha de ação da força (braço do oponente), assim é possível encaixar o braço ameaçado (o braço que está sendo segurado pelo oponente) mais próximo ao corpo, pois quanto mais próximo mantiver o braço em relação ao tronco, menor será a alavanca e a pressão exercida sobre a articulação do ombro como mostra a equação da lei das alavancas (Equação 3.6). Use a outra mão para ajudar a puxar o braço ameaçado em direção ao seu corpo, logo o seu oponente terá mais dificuldade para finalizar a técnica.

Em um evento promovido pelo *Ultimate Fighting Championship* (UFC), realizado em 10 de dezembro de 2011 no Air Canada Centre, em Toronto, no Canadá. Os veteranos pesos pesados Antônio Rodrigo Nogueira (“Minotauro”) e Frank Mir enfrentaram-se no Card Principal em uma luta muito aguardado no UFC 140. Embora Nogueira fosse considerado o favorito por grande parte dos fãs e analistas do setor antes da luta, acabou perdendo a luta para Frank em 03min38s do 1º round por submissão, sendo finalizado com a chave de braço Kimura, isso lhe garantiu o bônus da finalização da noite (*Submission of the Night*).

Figura 6: finalização com a kimura.

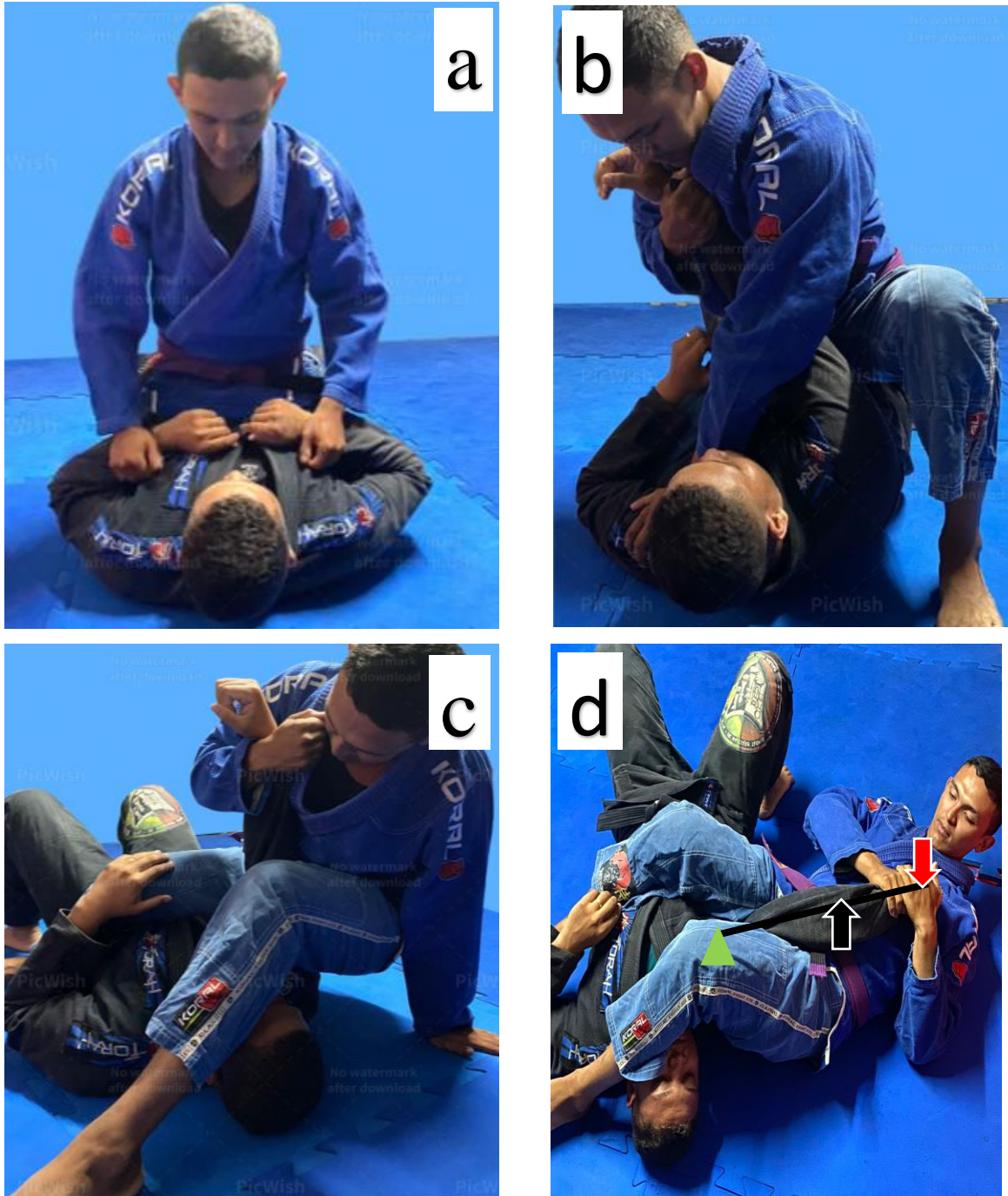


Fonte: Endereço eletrônico www.ufc.com.br/event/ufcr-140-live-pay-view.

4.2 ARMLOCK– ALAVANCA INTER-RESISTENTE

No contexto do Jiu-Jitsu, as técnicas de chave de braço são aplicadas com o objetivo de obter a maior vantagem mecânica possível, a fim de tornar a chave efetiva e fazer com que o oponente ceda devido à dor. Uma dessas técnicas é o armlock, que se baseia em uma alavanca do tipo inter-resistente para garantir uma vantagem mecânica positiva, desde que aplicada corretamente. Esta técnica consiste em utilizar as pernas para evitar a movimentação do ombro do oponente, Figura 7.a, onde está o ponto de apoio da alavanca, fazendo uma força potente puxando o pulso do oponente em direção ao seu corpo Figura 7.b, assim aplicando à força potente no pulso do oponente Figura 7.c e 7.d, e forçando com que a região do cotovelo do oponente exerça uma força resistente para anular a força potente, com isso, é preciso que se aplique pressão gradualmente para hiper estender o braço do oponente fazendo que a força potente seja maior que a resistente para que o oponente se deixe perder pela dor, criando uma alavanca inter-resistente como mostra na Figura 2. As forças atuantes bem como o ponto de apoio do golpe são ilustradas na Figura 8. É importante aplicar a técnica de forma controlada, evitando causar danos ou lesões (GRACIE; 2006).

Figura 7: Aplicação do armlock.



Fonte: galeria do Autor

Figura 8: Forças que atuam sobre o golpe.



Fonte: galeria do Autor

Para a defesa do armlock, deve mover o encaixe do braço visando quebrar a alavanca criada pelo oponente, diminuindo a distância entre o ponto de apoio (articulação do ombro) e a linha de ação da força (o braço do oponente), causando a redução do braço de alavanca. Quanto menor a distância, menor será o braço de alavanca e menos efetiva será a pressão exercida sobre a articulação, como mostra a lei das alavancas, isso diminui o poder do oponente tornando mais difícil para finalizar a chave de braço e ajuda a distribuir a força de forma mais favorável tendo a possibilidade de resistir e sair do golpe.

Em um evento promovido pelo *Ultimate Fighting Championship* (UFC), realizado em 4 de fevereiro de 2012 no *Mandalay Bay Events Center* em Las Vegas, Nevada, os lutadores Dustin Poirier e Max Holloway enfrentaram-se no Card Preliminar do UFC 143, com Dustin Poirier ganhando por submissão em 3min23s do 1º round, com uma chave de braço chamada armlock, isso lhe garantiu o bônus da noite finalização da noite (*Submission of the Night*).

Figura 9 - finalização com o armlock

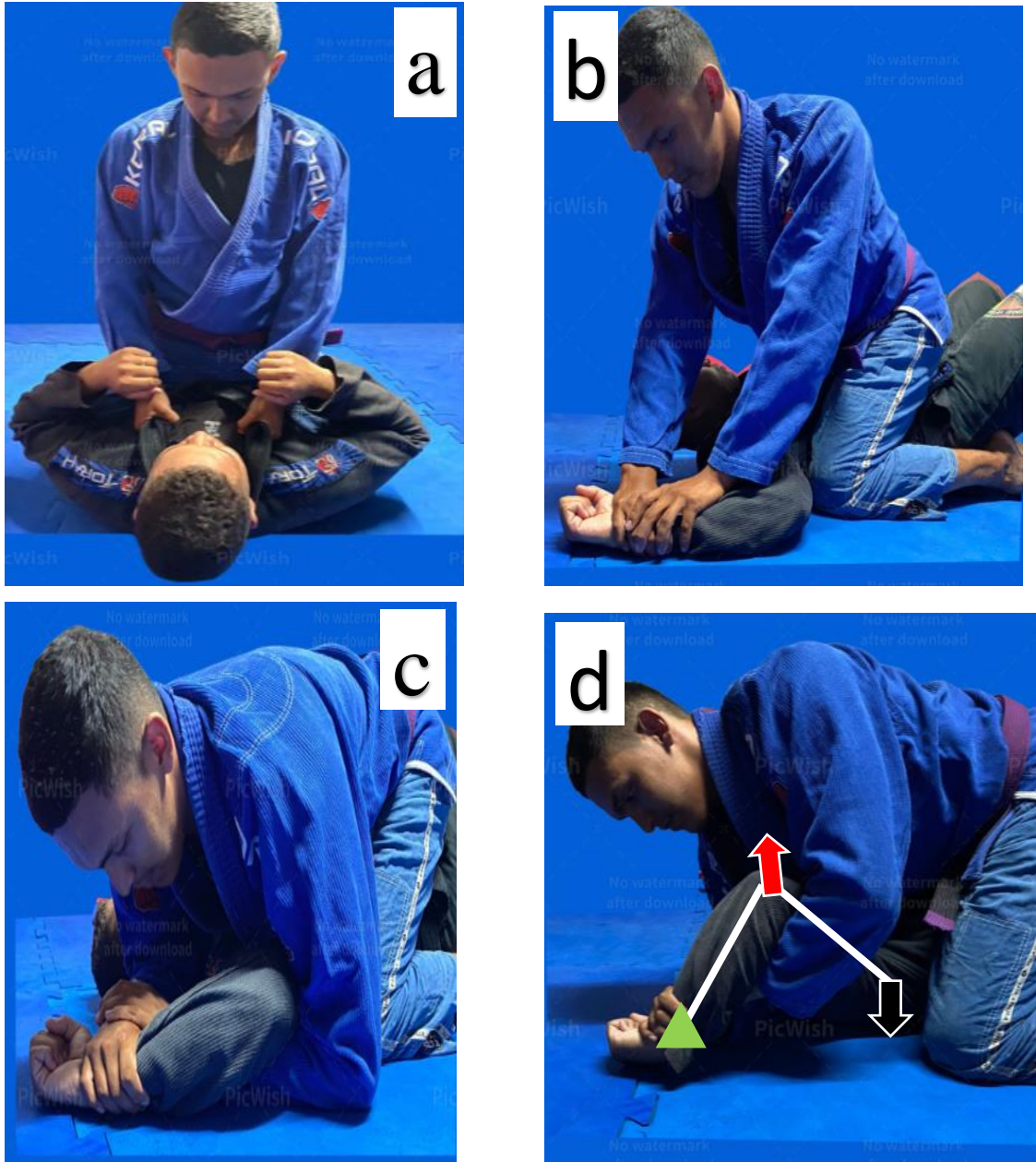


Fonte: Endereço eletrônico www.ufc.com.br/event/ufcr-143-live-pay-view.

4.3 CHAVE AMERICANA – ALAVANCA INTERPOTENTE

Para execução da chave de braço americana no jiu-jitsu, segura-se o punho do oponente na diagonal (Figura 10.a e 10.b), com os cinco dedos por cima, e empurra-se o braço para o chão, auxiliado pela outra mão que empurra o cotovelo e posiciona o próprio cotovelo junto à orelha do oponente Figura 10.c. A mão que empurrou o cotovelo desliza por baixo do braço do oponente Figura 10.d, agarrando o próprio pulso para criar uma alavanca interpotente. Para completar a chave Americana, a mão do oponente deve permanecer em contato com o chão e fixo, fazendo assim um ponto de apoio, enquanto levanta o próprio cotovelo do oponente com o antebraço, ou seja, aplicando à força potente para cima, isso gera um torque gerado pela alavanca interpotente que é influenciado pela distância entre o ponto de apoio e a aplicação da força, quanto mais longe você conseguir estender o cotovelo do oponente, maior será a alavanca e a pressão exercida nas articulações do ombro levando o oponente à imobilização e à finalização da técnica (GRACIE, 2006). As forças aplicadas bem como o ponto de apoio são ilustradas na Figura 11.

Figura 10: Aplicação da chave americana.



Fonte: galeria do Autor

Figura 11: forças que atuam sobre o golpe



Fonte: galeria do Autor

Para a defesa da chave americana, deve-se segurar o próprio bíceps durante a tentativa de finalização, você pode criar uma alavanca oposta para neutralizar a pressão exercida pelo seu oponente criando um novo ponto de apoio que ajuda a distribuir a força aplicada pelo oponente. Isso diminui a pressão concentrada na articulação e limita o alcance da finalização. Pois, a lei das alavancas sugere que, ao mudar o ponto de apoio, é possível alterar a relação entre a força aplicada e a distância entre os pontos, tornando mais difícil para o oponente exercer uma alavanca efetiva.

Evento de MMA promovido pelo UFC que ocorreu no dia 22 de setembro de 2012 no *Air Canada Centre* em Toronto, Ontário, Canadá, que deve a disputa do Cinturão dos Pesos Meio-Pesados entre Jon Jones e Vitor Belfort no Card Principal do UFC 152 é um exemplo de aplicação eficiente do golpe, havendo a vitória do Jon Jones por submissão em 00min54s do 4º round, com a chave de braço americana, isso lhe garantiu o bônus da noite finalização da noite (*Submission of the Night*).

Figura 12: finalização com americana.



Fonte: Endereço eletrônico www.ufc.com.br/event/ufcr-152-live-pay-view.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a elaboração deste trabalho, exploramos a aplicação do princípio físico das alavancas no contexto do Jiu-Jitsu, utilizando exemplos e pesquisas, com ênfase nas chaves de braço: kimura, armlock e americana. Demonstramos como esse conceito fundamental desempenha um papel crucial no efetivo desempenho dos praticantes, permitindo-lhes obter vantagem estratégica e mecânica sobre os oponentes, mesmo quando estes possuem uma força física superior. Ao abordar as alavancas interfixa, inter-resistente e interpotente, ficou evidente a importância de aplicá-las corretamente, o que proporciona aos praticantes uma base sólida para aprimorar suas habilidades técnicas, superar desafios físicos e alcançar um desempenho superior em suas performances no Jiu-Jitsu Brasileiro.

Nesse contexto, destacamos a importância de compreender os princípios físicos e a lei das alavancas tanto no ataque, aplicando os golpes de forma efetiva, quanto na defesa, utilizando os mesmos princípios para neutralizar os ataques recebidos, assim tornando possível maximizar a eficácia dos movimentos, aumentando as chances de obter a vitória na luta.

Pode-se concluir, portanto, que este trabalho ressalta a relevância da investigação dos conceitos físicos, uma vez que eles estabelecem os fundamentos essenciais para o aprimoramento das habilidades técnicas dos praticantes, capacitando-os a superar desafios físicos e alcançar um desempenho superior em suas performances.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Andre K.T. Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca. 1ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ANDRADE, F. L. As alavancas do corpo humano jogando com a interdisciplinaridade. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

BJJ Fanatics Brasil. Disponível em: <https://bjjfanatics.com.br>. Acesso em 05 de março de 2023.

Confederação Brasileira de Jiu-Jitsu (CBJJ). Disponível em: <http://www.cbjj.com.br>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

GURGEL, Fabio. Manual Pessoal de Jiu-Jítsu. 1ª Ed. São Paulo: Tatame, Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2007.

FONSECA, F. Análise Qualitativa da Técnica de Chave de Braço Americana no Jiu-Jitsu. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física). UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2011.

GRACIE, H. Jiu-Jitsu. 1ª Ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física - Mecânica - Volume 1. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.

International Brazilian Jiu-Jitsu Federation (IBJJF). Disponível em: <https://ibjjf.com>. Acesso em 23 de janeiro de 2023.

JOEDER, O. O ensino de física e a dialogicidade: utilização do esporte Jiu-Jitsu para o aprendizado científico. Monografia (Especialização em Ensino de Física). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

LISE, R. S.; CAPRARO, A. M. Primórdios do jiu-jitsu e dos confrontos intermodalidades no Brasil: contestando uma memória consolidada. Revista Brasileira de Ciências do Esporte, v. 40, 2018.

Mundo Educação. Disponível em:
<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/alavancas>. Acesso em 02 de fevereiro de 2023.

STRATHERN, Paul. Arquimedes e a alavanca em 90 minutos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1999.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KENNETH, S. Física 1 - Mecânica - Volume 1. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.

WESTFALL, Richard. A Vida De Isaac Newton. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2007.

RUFINO, Luiz; DARIDO, Suraya. Considerações iniciais sobre o Jiu-Jitsu brasileiro e suas implicações para a prática pedagógica. In: Congresso Nacional de Pesquisa em Educação, 2009.

Ultimate Fighting Championship. Disponível em: <https://www.ufc.com.br>. Acesso em 12 de fevereiro de 2023.