

## **Análise Multivariada de Indicadores Antropométricos e de Desempenho em Atletas de MMA: Desenvolvimento, Validação e Teste de um Dispositivo para Quantificação da Força do Soco**

### **RESUMO**

As modalidades de combate, especialmente as de striking e artes marciais mistas (MMA), buscam nocautear o adversário ou acumular pontos para vitória. No entanto, diversos fatores influenciam o desempenho e o desfecho das lutas. Esta tese tem como objetivos: 1) analisar características antropométricas e indicadores de desempenho dos lutadores; 2) desenvolver e validar um equipamento para medir a força do soco; e 3) investigar a relação entre a força do soco, o desempenho no supino reto e características antropométricas, através de três etapas de pesquisa. Na etapa 1, foram analisados dados de 127 atletas de elite de MMA. Na etapa 2, foi desenvolvido um equipamento com células de carga tipo "S" para análise da confiabilidade das medidas em duas condições: leitura mecânica de um peso em queda livre e força do soco, com 11 praticantes de modalidades de striking. Na etapa 3, 41 participantes experientes em modalidade de striking e treinamento de força fizeram três visitas ao laboratório. Nas primeiras, realizaram testes de repetição máxima (1-RM) no supino reto e se familiarizaram com os demais testes. Na terceira visita, foram medidas a potência no supino e a força do soco reto com a mão traseira. A análise incluiu testes de diferenças médias, correlações e avaliação da confiabilidade das medidas. Na Etapa 1, os resultados mostraram correlações significativas entre características antropométricas e desempenho: houve relação entre massa corporal e vitórias por nocaute ( $r = 0,4$ ;  $p < 0,05$ ) e entre a duração do combate e a massa corporal ( $r = -0,3$ ;  $p < 0,055$ ). Além disso, o número de golpes conectados e as quedas explicaram ~45% das vitórias. Na Etapa 2, o dinamômetro de soco desenvolvido apresentou excelente confiabilidade nas medições de leitura mecânica do implemento em queda livre nas diferentes condições: implemento (peso) com EVA, ICC = 0,99 (IC 0,99 - 0,99); implemento sem EVA, ICC = 0,99 (IC 0,99 - 0,99); implemento acoplado a luva com EVA, ICC = 0,99 (IC 0,99 - 1,00); e implemento acoplado a luva sem EVA, ICC = 1,00 (IC 0,99 - 1,00). Em relação à força do soco, o equipamento apresentou boa confiabilidade no teste-reteste das medidas de soco com o membro dominante (M.D.), ICC = 0,84 (IC 0,72 - 0,91), e com o membro não dominante (M.ND.), ICC = 0,79 (IC 0,63 - 0,88), no mesmo dia, e confiabilidade moderada com M.D., ICC = 0,69 (IC 0,47 - 0,82), e M.ND., ICC = 0,768 (IC 0,60 - 0,87), em dias diferentes. Na Etapa 3, foi observada correlação entre a força do soco e a potência máxima no supino reto para os dois membros. Conclui-se que o desempenho de atletas em MMA é influenciado por múltiplos fatores, incluindo características antropométricas e indicadores de performance e que golpes conectados e quedas explicam ~45% das vitórias. O uso de células de carga pode oferecer uma solução

viável para essa medição, porém, diante da inviabilidade de aplicá-las na prática, a potência máxima no exercício de supino reto surge como uma alternativa prática e eficaz para avaliar o desempenho do soco.

Palavras-chave: Antropometria; Artes Marciais; Força Muscular; Confiabilidade dos Testes; Desempenho Esportivo.

## **ABSTRACT**

Combat sports, particularly those involving stand-up or partially stand-up techniques, such as mixed martial arts (MMA), aim to deliver strikes that either incapacitate the opponent or accumulate points for victory. However, multiple factors are hypothesized to influence both fighter performance and match outcomes. Therefore, this thesis has the following objectives: 1) to analyze anthropometric and performance indicators; 2) to develop and validate equipment for measuring punch strength; and 3) to investigate the relationship between punch impact strength, bench press performance, and anthropometric characteristics through three stages. In Stage 1, data from 127 elite MMA athletes were analyzed. In Stage 2, equipment utilizing "S" type load cells was constructed to analyze the reproducibility of measurements in two conditions: mechanical readings of the impact from a free-falling weight and the punch impact force, establishing ecological validity in 11 athletes practicing striking-based combat sports. In Stage 3, 41 participants with experience in striking sports and strength training visited the laboratory on three occasions. During the first two visits, each participant underwent standard experimental procedures, including a one-repetition maximum (1-RM) bench press test and familiarization with the bench press power test (performed at 30% to 70% of 1-RM), as well as the punch dynamometer protocol. On the third visit, participants completed bench press power tests and force rear hand punch assessments. Statistical analysis included tests for mean differences, correlations, and evaluations of reliability and reproducibility. In Stage 1, the results showed significant correlations between anthropometric characteristics and performance: there was a relationship between body mass and knockout victories ( $r = 0.4$ ;  $p < 0.05$ ) and between combat duration and body mass ( $r = -0.3$ ;  $p < 0.055$ ). Furthermore, the number of connected blows and falls explained ~45% of the victories. In Stage 2, the developed punch dynamometer showed excellent reliability in the mechanical reading measurements of the implement in free fall under the different conditions: implement with EVA, ICC = 0.99 (CI 0.99 - 0.99); implement without EVA, ICC = 0.99 (CI 0.99 - 0.99); implement inside the glove with EVA, ICC = 0.99 (CI 0.99 - 1.00); and implement inside the glove without EVA, ICC = 1.00 (CI 0.99 - 1.00). Regarding punch strength, the equipment showed good reliability in the test-retest of punch measurements with the dominant limb (M.D.), ICC = 0.84 (CI 0.72 - 0.91), and with the non-dominant limb (M.ND.), ICC = 0.79 (CI 0.63 - 0.88), on

the same day, and moderate reliability with M.D., ICC = 0.69 (CI 0.47 - 0.82), and M.ND., ICC = 0.768 (CI 0.60 - 0.87), on different days. In Stage 3, no correlation was observed between punch and maximum strength in the bench press. In conclusion, athlete performance in MMA is multifactorial, with anthropometric characteristics, match duration, and training level influencing outcomes. Strikes landed and takedowns explain approximately 45% of victories. Load cells could offer a viable method for measuring punch force; however, considering the impracticality of such equipment, maximum bench press power provides a practical and effective approach for assessing punch performance.

Keywords: Anthropometry; Martial Arts; Muscular Strength; Test-Retest Reliability; Sports Performance.