

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CCET
CURSO DE DESIGN

RICARDSON BORGES VIEIRA

**AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM EMBALAGENS DE ÁGUA MINERAL:
uma comparação entre jovens, adultos e idosos.**

São Luís

2025

RICARDSON BORGES VIEIRA

AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM EMBALAGENS DE ÁGUA MINERAL: uma
comparação entre jovens, adultos e idosos.

Monografia apresentada ao Curso de Design da
Universidade Federal do Maranhão, como
requisito para obtenção do grau de bacharel em
Design.

Orientador:

Prof. Dra. Livia Flávia Campos de Albuquerque

São Luís

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Vieira, Ricardson Borges.

AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM EMBALAGENS DE ÁGUA
MINERAL : uma comparação entre jovens, adultos e idosos /
Ricardson Borges Vieira. - 2025.

76 p.

Orientador(a): Livia Flávia de Albuquerque Campos.
Monografia (Graduação) - Curso de Design, Universidade
Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Design Ergonômico. 2. Força Manual. 3. Embalagem.
4. Tampa. I. Albuquerque, Livia Flávia Campos de. II.
Título.

RICARDSON BORGES VIEIRA

AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM EMBALAGENS DE ÁGUA MINERAL: uma
comparação entre jovens, adultos e idosos.

Aprovado em 23/01/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Livia Flávia Campos de Albuquerque
Orientadora

Prof. Dr. Denilson Moreira Santos
Membro da banca

Prof. Dr. André Leonardo Demaison
Membro da banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me permitir estar aqui e ter chegado ao ponto de poder defender esta monografia e obter o meu sonhado título de bacharel de Design.

Agradeço a minha família, especialmente a minha mãe que tanto se esforçou para que eu pudesse estudar e alcançar meus objetivos.

Agradeço meu Pai e minhas tias Selma e Dina, que foram pilares da minha formação como pessoa.

Agradeço aos meus amigos Fernando Moucherek professor do departamento de Física da UEMA e Carlos Eduardo Portela professor do Curso de Informática da UFMA, por fazerem eu retornar e me incentivarem a terminar o meu curso.

Agradeço aos amigos que fiz nesses anos de UFMA que me ajudaram de diversas formas, principalmente aos amigos do NEPP e FABRIQUE.

Por fim, agradeço a professora Livia Albuquerque, em nome de todos os professores que contribuíram para minha formação em toda minha vida acadêmica, por me apoiarem e acreditarem no meu potencial, por mais que em muitas vezes eu mesmo tenha duvidado muito disso. Serei eternamente grato a todos vocês.

...todas as grandes criações de design têm um equilíbrio e uma harmonia apropriados entre beleza estética, confiabilidade e segurança, usabilidade, custo e funcionalidade.

Donald A. Norman

RESUMO

A presente pesquisa é um estudo na área do Design ergonômico, no qual se buscou realizar uma avaliação física de forças manuais (torque), através de atividade simulada para a abertura de embalagens com tampas de rosca de garrafas de água mineral, para verificar a influência da transmissão de força pelo usuário, relacionando com as variáveis faixa etária, sexo e o design das tampas das garrafas. Esta pesquisa está constituída como uma pesquisa experimental e de caráter transversal, quantitativa, dentro da área do design ergonômico, tendo como procedimento metodológico a mensuração da força manual (torque) para 4 tampas, numeradas como tampa 13 (altura 13 mm, diâmetro 23 mm), tampa 15 (altura 8 mm, diâmetro 29 mm), tampa 17 (altura 11 mm, diâmetro 30 mm) e tampa 21 (altura 14 mm, diâmetro 30 mm) de embalagens diferentes, para 24 participantes jovens, adultos e idosos para cada grupo de sexo (masculino e feminino), em São Luís, Maranhão. A análise dos dados foi baseada em estatística descritiva e inferencial com a verificação da ocorrência de diferenças significativas nas comparações entre as variáveis investigadas. Os resultados apontaram para diferenças na força manual entre gêneros, tendo os homens valores maiores que as mulheres e não apresentando diferenças entre as faixas etárias (jovens, adultos e idosos). Ao se investigar a diferença entre as tampas, o valor da força obtida para a tampa 15 foi diferentemente significativo em relação às demais tampas analisadas, fato que determina que o formato tem total influência na força exercida. Com esses resultados se pode compreender os diferentes desempenhos para a atividade de abertura das garrafas, sua relação com os gêneros e as três faixas etárias escolhidas e verificar questões importantes para o design de embalagens de água mineral, especificamente para as tampas.

Palavras-Chave: Design ergonômico, força manual, embalagem, tampa.

ABSTRACT

This research is a study in the area of ergonomic design, in which a physical evaluation of manual forces (torque) was carried out through a simulated activity for opening packages with screw caps of mineral water bottles, to verify the influence of force transmission by the user, relating it to the variables age range, sex and the design of the bottle caps. This research is constituted as an experimental and cross-sectional, quantitative study within the area of ergonomic design, with the methodological procedure being the measurement of manual force (torque) for 4 caps, numbered as cap 13 (height 13 mm, diameter 23 mm), cap 15 (height 8 mm, diameter 29 mm), cap 17 (height 11 mm, diameter 30 mm) and cap 21 (height 14 mm, diameter 30 mm) of different packages, for 24 young, adult and elderly participants for each sex group (male and female), in São Luís, Maranhão. The data analysis was based on descriptive and inferential statistics, verifying the occurrence of significant differences in comparisons between the investigated variables. The results pointed to differences in manual strength between genders, with men having higher values than women and no differences between age groups (young, adults, and elderly). When investigating the difference between the caps, the force value obtained for bottle cap 15 was significantly different from the other caps analyzed, a fact that determines that design has a total influence on the force exerted. With these results, it is possible to understand the different performances for the activity of opening the bottles, their relationship with genders and the three age groups chosen, and to verify important issues for the design of mineral water packaging, specifically for bottle caps.

Keywords: Ergonomic design, manual strength, packaging, bottlecap.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Estrutura óssea da mão.....	18
Figura 2 – Região palmar da mão.....	19
Figura 3 – Topologia da mão, dedos e articulações.....	19
Figura 4 – Tipos de preensão.	20
Figura 5 – Tipos de manejo.	21
Figura 6 – Tipos de manejo.	22
Figura 7 – Preensões propriamente ditas do tipo centradas: A) Flexão e B) extensão.	23
Figura 8 – Diferenças relacionadas ao sexo e à idade na força de preensão manual média absoluta e na força de preensão manual normalizada.....	25
Figura 9 – Partes de uma garrafa PET.	30
Figura 10 – Detalhes da tampa e acabamento de uma garrafa Pet de água mineral.....	31
Figura 11 – Parte interna de tampas de garrafa pet de água mineral.	31
Figura 12 – Variações nas embalagens de água mineral: A) Tamanhos de tampas; B) Ranhuras nas tampas e C) Texturas na região de pega do corpo.....	32
Figura 13 – À esquerda, Dinamômetro digital. Ao centro, paquímetro. À direita, Transdutor de torque móvel.....	35
Figura 14 – Embalagem de garrafa Pet com o fundo removido e transdutor de torque acoplado.....	36
Figura 15 – Tampas selecionadas para o experimento.....	36
Figura 16 – Tampas modificadas para o teste de mensuração de força.....	37
Figura 17 – Teste de mensuração de força manual (torque).....	38
Figura 18 – Diagrama dos procedimentos para análise estatística.....	42
Figura 19 – Comparação entre as médias de força dos participantes jovens.....	43
Figura 20 – comparação entre as médias de força para os adultos.....	45
Figura 21 – comparação entre as médias de força para os idosos.	47
Figura 22 – Gráfico de comparação por pares jovem feminino.....	56
Figura 23 – Gráfico de comparação por pares jovem masculino.....	57
Figura 24 – Gráfico de comparação por pares adulto feminino.	58
Figura 25 – Gráfico de comparação por pares adulto masculino.	59
Figura 26 – Gráfico de comparação por pares idoso feminino.	60
Figura 27 – Gráfico de comparação por pares idoso masculino.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados descritivos do torque para participantes jovens.	44
Tabela 2 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida para os jovens.	44
Tabela 3 – Dados descritivos do torque para participantes Adultos.	46
Tabela 4 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida.	46
Tabela 5 – Dados descritivos do torque para participantes Idosos.	48
Tabela 6 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida idosos.	48
Tabela 7 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada.	49
Tabela 8 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada.	53
Tabela 9 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada para comparação dos designs das tampas.	54
Tabela 10 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – jovens fem.	55
Tabela 11 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – jovens masc.	56
Tabela 12 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – adultos fem.....	57
Tabela 13 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – adultos masc.....	59
Tabela 14 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – idosos fem.	60
Tabela 15 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – idosos masc.	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 PREENSÃO E MANEJO NAS INTERFACES DE ACIONAMENTO MANUAL	17
2.2 AS DIFERENTES ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SUA RELAÇÃO COM A FORÇA MANUAL	24
2.3 A EMBALAGEM PET DE ÁGUA MINERAL	27
3 METODOLOGIA	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	33
3.2 SUJEITOS	33
3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	34
3.4 PROTOCOLOS DE PESQUISA	37
3.5 PROCEDIMENTOS	37
3.6 QUESTÕES ÉTICAS	38
3.7 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	39
3.8 QUANTO AOS RISCOS	40
3.9 MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS	40
3.10 ANÁLISE DE DADOS	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS JOVENS	43
4.2 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS ADULTOS	44
4.3 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS IDOSOS	46
4.4 ANÁLISES ENTRE OS GÊNEROS POR FAIXA ETÁRIA	48
4.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FAIXA ETÁRIA NA FORÇA MANUAL	52
4.6 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO DESIGN NA FORÇA MANUAL	53
5 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 3	74

APÊNDICE B –Protocolo de Mensuração de Força Manual.....	75
APÊNCICE C - Protocolo de Recrutamento e Identificação.	76

1 INTRODUÇÃO

Houve um tempo em que o homem fabricava suas próprias ferramentas e como sua sobrevivência dependia do bom funcionamento dos seus utensílios, estes deveriam estar perfeitamente adequados às suas capacidades e necessidades.

A revolução tecnológica, advinda da industrialização desencadeada a partir do século XIX, trouxe inúmeros benefícios ao estilo de vida contemporâneo. Introduziram-se, em escala crescente, a informática, a robótica, as experimentações genéticas e as telecomunicações, e atualmente a inteligência artificial generativa; as quais proporcionaram diversas transformações na maneira de viver das pessoas.

A massificação desses processos e produtos, moldou a forma de consumo da população e as relações sociais, numa espécie de ciclo envolvendo a criação do processo ou produto e a sua incorporação na sociedade, e a sociedade moldando-os.

Entretanto, este tipo de desenvolvimento vem acompanhado com problemas de adaptação na relação Usuário x Tecnologia, especialmente nas interfaces de uso dos produtos - que nem sempre são projetados com vistas a atender aos aspectos de usabilidade, desempenho e segurança, exigindo uma mudança ou adaptações dos usuários.

Quanto à usabilidade, esta visa permitir que os produtos sejam fáceis de usar, fáceis e rápidos de aprender (Nielsen, 1993; Jordan, 1998). É compreendida por Paschoarelli (2003), como a maximização da funcionalidade de um produto em sua interface com o usuário. Entretanto, apesar de ser uma questão óbvia, nem sempre ela é uma característica incorporada nos produtos e este aspecto pode ser verificado na dificuldade que os usuários têm em manipular algumas interfaces o que pode até mesmo proporcionar acidentes durante o manuseio.

Vários atritos estão relacionados, por exemplo, às atividades ocupacionais ou cotidianas, como a dificuldade encontrada por idosos ou mulheres ao acionarem objetos projetados e produzidos baseados em parâmetros da população masculina adulta (Paschoarelli, 2003).

É exatamente esta relação entre o ser humano e seus sistemas/ambientes de trabalho que trata a Ergonomia, ou conjunto de “[...] conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que se relacionam com o projeto de interfaces” (Hendrik, 1993, p. 43).

A ação ergonômica tem ampliado sua análise para as atividades cotidianas, e sua práxis tem fundamentado o denominado design ergonômico, ou “[...] aplicação do conhecimento ergonômico no projeto de dispositivos tecnológicos, com o objetivo de alcançar produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis” (Paschoarelli, 2003, p. 8).

Entre as interfaces que requerem estudos no campo da ergonomia, destacam-se as interfaces de acionamento manual, as quais são utilizadas em grande parte das atividades de trabalho ou do cotidiano, “[...] seja para realizar tarefas que exigem mais precisão ou mais força do que a mão de uma pessoa poderia fornecer” (Chengalur, 2004, p. 342); ou para servir como suporte físico de manejo, que é a forma de *engage* que ocorre entre o homem e a máquina, pelo qual, torna-se possível ao homem, transmitir movimentos de comando à máquina, ou qualquer outro acionamento (Iida; Guimarães, 2016).

Quanto às forças manuais necessárias para acionamento destas interfaces, para Sanders e McCormick (1993) dentre as muitas características individuais que podem afetar a força, o gênero apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios. O gênero feminino gera forças de aproximadamente dois terços (67%) da força do gênero masculino, podendo ainda variar de 35% a 89% dependendo do grupo muscular avaliado. Para a preensão palmar, há relatos de que as mulheres realizam forças entre 50% e 60% da força dos homens (Härkönen et al., 1993; Crosby; Wehbé; Mawr, 1994; Edgren; Radwin; Irwin, 2004), enquanto outros autores encontraram valores maiores, de 71% a 74% (Fransson; Winkel, 1991; Caporrino et al., 1998).

Outro fator de influência nas forças manuais é a idade, já que o período em que se obtém a força máxima está na faixa dos 25-29 anos (Montoye; Lamphiyer, 1977; Voorbij; Steenbekkers, 2001) e o marco para o início da perda da capacidade muscular relacionada à idade está situado entre os 50 e 55 anos de idade (Montoye; Lamphiyer, 1977; Mathiowetz; Wiemer; Federman, 1986; Voorbij; Steenbekkers, 2001).

É um fator de influência também o formato da interface. Conforme Imrhan e Jenkins (1999) as características do objeto tais como o acabamento superficial; dimensões; materiais; ou desenho, são variáveis de influência na atividade de manejo que envolve o torque manual.

Quanto às forças de preensão manual em atividades simuladas estudos já abordam cilindros (Pheasant; O’neill, 1975; Imrhan; Jenkins, 1999; Imrhan; Jenkins; Townes, 1992); ferramentas (Mital, 1986; e Mital; Channaveeraiah, 1988); puxadores (Deinavayagam; Weaver,

1988; Adams; Peterson, 1988); e tampas de frascos (Berns, 1981; Rohles; Moldrup; Nagashima; Konz, 1986; Imrhan; Loo, 1989).

Alguns estudos destacam as relações entre o torque manual e o diâmetro da pega (Adams; Peterson, 1988; Cochran; Riley, 1986; Crawford; Wabine; Nayak, 2002; Imrhan; Loo, 1988; Nagashima; Konz, 1986; Pheasant; O'Neill, 1975); a força de aperto (Crawford; Wabine; Nayak, 2002; Imrhan; Loo, 1988; Nagashima; Konz, 1986; e Rohles; Moldrup; Laviana, 1983), e o coeficiente de fricção (Nagashima; Konz, 1986).

No Brasil em um estudo com embalagens plásticas para refrigerantes, Silva (2012) verificou que a faixa etária adulta (30-55 anos) tem maior capacidade de abertura em relação às demais (18-29 anos, jovens; e acima de 55 anos, idosos). Além disso, as capacidades biomecânicas desses grupos foram comparadas com a necessidade real de aplicação de forças para abertura das embalagens, o que permitiu estimar que grande parcela da população necessita realizar grandes esforços para abrir esse tipo de embalagem.

Bonfim (2014) estudou as Embalagens Especiais de Proteção à Criança (EEPCs) que necessitam de mais de um movimento para serem abertas. Segundo a pesquisa, este tipo de tampa pode levar o usuário a ter sérias dificuldades na tentativa de abertura, gerando constrangimento principalmente aos indivíduos com menores capacidades biomecânicas, como as mulheres ou os idosos. Em seu estudo analisou a influência do design na usabilidade e na aplicação de forças manuais durante uma simulação de abertura de enxaguantes bucais com tampas de proteção. Para isso, realizou uma avaliação biomecânica (preensão de torque), em atividades simuladas de diferentes gêneros e faixas etárias, utilizando as mesmas embalagens. Os resultados apontaram que a embalagem com a maior tampa ofereceu as melhores condições de usabilidade e aplicação de força, ao mesmo tempo, ranhuras nos locais de preensão proporcionou maior atrito entre tampa e dedos, e maior aplicação de força para abertura. Além disso, por apresentar maior resistência ao aperto foi a de mais difícil acesso por crianças menores de 5 anos.

Portanto, verifica-se que ausência de usabilidade nestas interfaces pode favorecer o surgimento de problemas que envolvem a capacidade do sistema musculoesquelético, o desconforto e insatisfação no usuário; e as variáveis de interesse neste tipo de interface envolvem o design, as forças de preensão manual, bem como o gênero e idade. Observa-se que o design destes produtos, para diferentes grupos de indivíduos, faixas etárias e que considere

os gêneros masculino e feminino, depende do conhecimento ergonômico relacionado à capacidade do sistema musculoesquelético na geração de forças para manipulação deles.

Verifica-se a importância de estudos na área do Design Ergonômico os quais contribuam na análise das interfaces de acionamento manual de uso cotidiano, tais como as embalagens de produtos com tampas de rosca. A demanda de estudos para estes produtos é grande, e pode abordar aspectos como a análise da área de contato; a usabilidade em indivíduos destros e canhotos; as análises das forças necessárias ao acionamento, além de limites humanos; pode abordar ainda, a influência do desenho da interface, da mão de acionamento, da direção da força, dentre outros. Além disso, diante do caráter recente da pesquisa em Design na busca de parâmetros da população brasileira e da carência de metodologias para avaliação destes produtos, tais estudos, são de extrema relevância à comunidade científica e permite dar passos rumo à pesquisa em Design com base em dados físicos dos sujeitos.

Diante disso, a presente monografia objetiva uma avaliação e análise física de forças manuais, em atividades manuais, simuladas, para o acionamento de embalagens com tampas de rosca de garrafas de água mineral, as quais demandam esforço biomecânico para utilização.

Os procedimentos metodológicos foram caracterizados pela mensuração da força manual (torque) em simulações de abertura de garrafa de água mineral para 4 tampas de embalagens diferentes para participantes jovens, adultos e idosos, em São Luís, Maranhão. A análise dos dados foi baseada em estatística descritiva e inferencial com a verificação da ocorrência de diferenças significativas nas comparações entre os diferentes tipos de tampas. Com os resultados, pretendeu-se compreender os diferentes desempenhos das atividades e sua relação com os gêneros e três faixas etárias específicas, jovens, adultos e idosos, e os desenhos das interfaces.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse estudo foi realizar uma avaliação física de forças manuais (torque) em atividades simuladas, com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho de tampas de rosca de embalagens de água mineral, influencia na transmissão de força pelo usuário, além de verificar os outros fatores capazes de influenciar na usabilidade destes produtos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o torque manual fixo, resultante de contração voluntária máxima, da mão de indivíduos, destros e canhotos, de ambos os gêneros e diferentes faixas etárias na simulação de uso de embalagens com tampas de rosca diferentes.
- Comparar os resultados do torque na simulação de uso dos produtos diferentes, entre os gêneros e faixas etárias.
- Compreender a influência do desenho das interfaces no torque manual, na simulação de uso das embalagens, por meio da comparação entre as magnitudes de força registradas para cada interface.

1.2 JUSTIFICATIVA

O desenho adequado do manejo é considerado de grande influência no desempenho do sistema Usuário x Produto (Iida; Guimarães, 2016) e quanto às investigações sobre esta variável, observa-se um grande número de pesquisas sobre a relação do desenho do manejo com a capacidade do sistema musculoesquelético humano, mas poucos são os resultados aplicáveis no design de produtos, seja por conta das situações de investigação dos esforços, os quais nem sempre correspondem à realidade de uso do produto, ou pelo fato dos dados apresentados serem muitas vezes incompletos, já que raramente são medidos em várias faixas etárias (Peebles; Norris, 2003). Historicamente, os idosos têm sido ignorados na coleta de dados e os dados sobre essa faixa etária têm sido tradicionalmente raros.

No Brasil, avaliações e análises físicas de atividades manuais ainda são escassas, principalmente quando o objeto de análise é a interferência do desenho do produto nas diferentes faixas etárias e gêneros.

Apesar de alguns avanços pontuais, as informações sobre a população brasileira apresentam ainda grandes lacunas, o que demanda novos estudos; principalmente por ser inviável a aplicação de dados de estudos desenvolvidos fora do Brasil no projeto de produtos nacionais. Tal consideração se fundamenta no fato de que as diferenças entre as populações são amplamente conhecidas, de modo que povos de origens diferentes apresentam antropometria distinta (Iida; Guimarães, 2016). Esta interferência é verificada também nos dados biomecânicos.

Além disso, os aspectos relacionados às diferenças individuais no manejo das interfaces manuais demandam investigação. Há um pico de força no início da fase adulta e um

declínio gradual até o início da velhice (Montoye; Lamphiyer, 1977; Mathiowetz et al., 1985; Voorbij; Steenbekkers, 2001); e dentre as muitas características individuais que podem afetar a força, o gênero apresenta-se como uma das maiores diferenças em valores médios (Sanders; McCormick, 1993).

No Brasil ainda são raros os estudos científicos em embalagens de produtos com tampas de rosca, os quais ainda se concentram apenas na região sudeste do país (Silva, 2012; Bonfim 2014).

Desta forma, observa-se a necessidade de conhecer os níveis de esforço no manejo de embalagens de água mineral de 330 ml e 500 ml, para ambos os gêneros e diferentes faixas etárias, além de qual tipo de desenho que facilita/dificulta a manipulação. Tais questionamentos podem ser respondidos em uma análise mais aprofundada e que envolva o estudo das capacidades musculoesqueléticas humanas; e quanto a esta demanda, propõe-se tal avaliação no presente estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Quando tratamos sobre produtos que possuem uma interface de acionamento manual, devemos recorrer ao melhor entendimento sobre o funcionamento da mão, e de pesquisas ergonômicas que substanciem a sua construção, por mais simples que seja o funcionamento de tal produto, ou sistema. Desta forma, iniciaremos com apresentação de aspectos fundamentais para substanciar o presente estudo.

2.1 PREENSÃO E MANEJO NAS INTERFACES DE ACIONAMENTO MANUAL

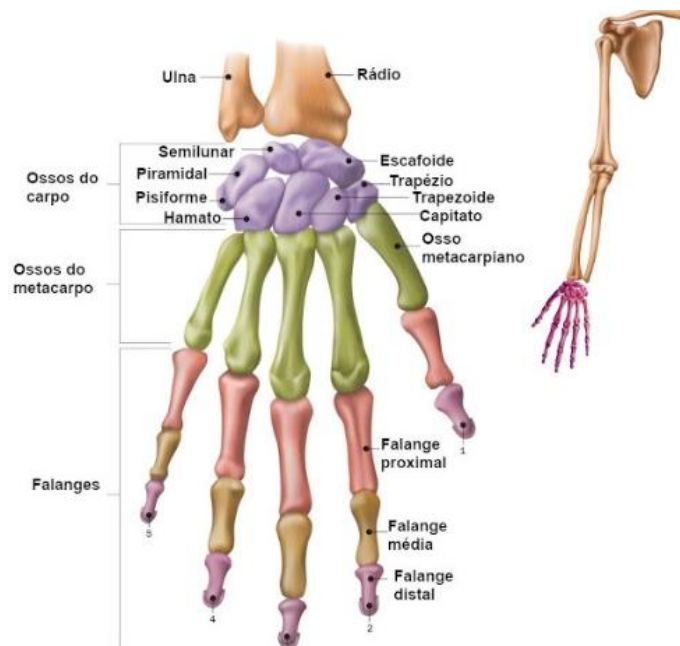
Para tratar sobre manejo e preensão, vamos discorrer um pouco da ferramenta usada para este acionamento: a mão. Segundo Kapandji, 2000, “A mão do homem é uma ferramenta maravilhosa, capaz de executar inúmeras ações graças à sua função principal: a preensão” (p. 171).

É essa preensão que vai estar ligada a noção de *força* exercida pela estrutura da mão. Entretanto vale a pena ressaltar que do ponto de vista da fisiologia, temos que ela é uma *extremidade realizadora*, apoiada por outras estruturas dos membros superiores, e considerada, também, como um receptor funcional, pelo qual nos ajuda a sentir, compreender e modificar o mundo (Kapandji, 2000).

Fazendo uma breve análise sobre o aspecto fisiológico da mão, percebe-se que a sua compreensão é pautada na interação de diversos sistemas, ossos, músculos, nervos, tendões e vasos sanguíneos, dessa forma, é essencial apresentar a estrutura óssea e articular da mão.

Os ossos podem ser divididos em carpo, metacarpos e falanges, e em termos de articulações temos como as principais as metacarpofalangeanas (nós dos dedos) e interfalangeanas (juntas dos dedos), permitindo flexão e extensão, e o polegar com articulação em sela para oposição (Figura 1).

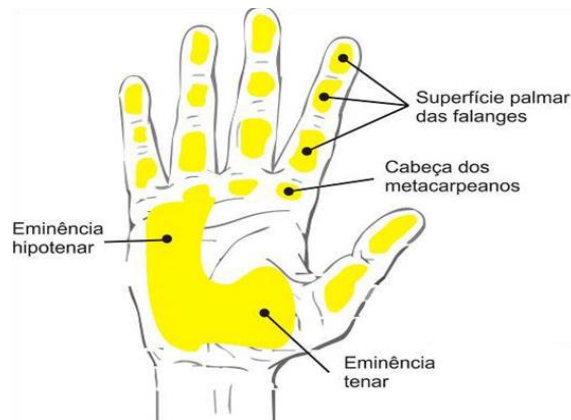
Figura 1 – Estrutura óssea da mão.



Fonte: <https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/ossos-da-mao.htm>.

Sobre a topografia da mão, temos que a mão pode ser dividida nas regiões palmar e dorsal (Kapandji, 2000), sendo que daremos ênfase a parte palmar, devido à natureza de nosso estudo. Na parte palmar, podemos ter a palma dos dedos e a parte palmar propriamente dita. Esta última, sendo dividida em três partes: a parte central, que abriga os tendões dos músculos flexores, os músculos lumbricais e os arcos palmares (vascularização); a parte tenar, que está localizada na base do polegar, contém músculos como o abductor curto, flexor curto e oponente do polegar; e a hipotenar (medial), situada na base do dedo mínimo (Kapandji, 2000; Paulsen, Waschke, 2019).

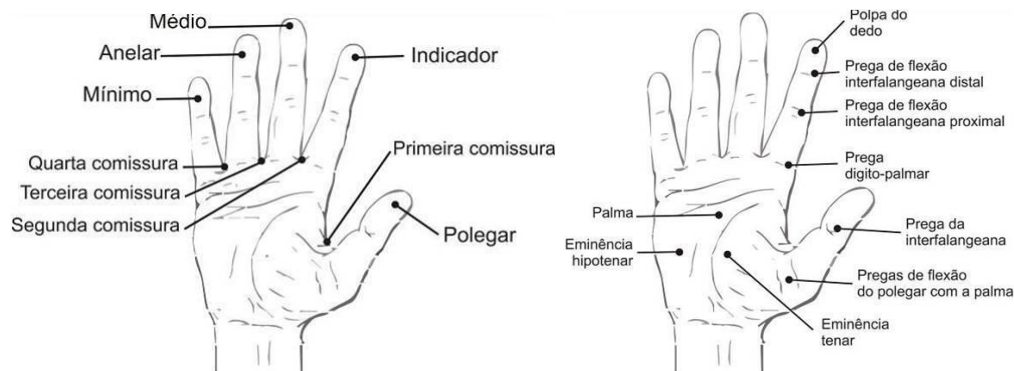
Figura 2 – Região palmar da mão.



Fonte: adaptado de Kapandji (2000).

Já a superfície palmar dos dedos, fica abaixo da região metacarpofalangeana, conforme mostra a figura 3, na região entre os quatros dedos mais próximos, onde encontramos a 2^a, 3^a e 4^a comissura. Nessa região palmar está situada as pregas de flexão (Kapandji, 2000).

Figura 3 – Topologia da mão, dedos e articulações.



Fonte: adaptado de Kapandji (2000).

Um dos constituintes imprescindíveis para a análise da funcionalidade da mão é o polegar, dedo que fica na base ao lado da mão, em oposição aos outros dedos, principalmente com o indicador, separado pela primeira comissura e está unido à eminência tenar mediante duas pregas de flexão do polegar com a palma (Kapandji, 2000).

Graças a mobilidade dos dedos, principalmente do indicador e do polegar, temos uma grande variabilidade de movimentos que são independentes da posição no qual os demais

segmentos dos braços estão, o que permite ao homem uma grande variedade de manejos, que levam ao que Kapandji (2000), chama de preensão (Iida, Guimarães, 2016; Sande, Coury, 1998).

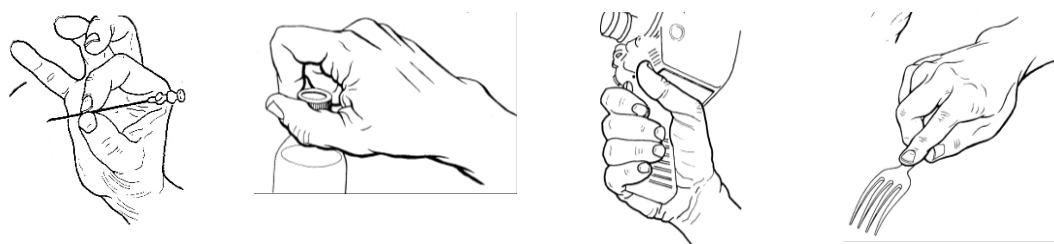
No estudo da fisiologia, observamos que a mão é capaz de produzir inúmeras formas de preensão, que se desenvolvem desde o nascimento, como o reflexo primitivo palmar nos bebês, que é quando uma criança recém-nascida segura um objeto quando se encosta na sua palma da mão, e evolui, juntamente com o envelhecimento, para tipos mais complexos, sendo até uma forma de predição da saúde em pessoas idosas (Kapandji, 2000; Virtuoso et al, 2014).

Para Kapandji (2020), as preensões se classificam em palmares propriamente ditas, preensões com a gravidade e preensões com ação. No caso do presente estudo, iremos focar nas preensões palmares propriamente ditas, na qual o autor classifica como: preensões digitais, preensões palmares e preensões centradas.

As preensões digitais, se dividem em preensões bidigitais, que são as realizadas pelo prioritariamente pelo polegar e o indicador (como exemplo a pinça polegar-digital), e a pluridigitais, sendo realizada com a participação do polegar e de dois, três ou quatro dedos, sendo uma preensão mais firme que a bidigital.

As preensões palmares são constituídas pela participação dos dedos e da palma da mão, podendo-se utilizar o polegar ou não, enquanto a preensão centrada é feita em torno do eixo longitudinal, que se confunde com o eixo do antebraço, como se o objeto segurado fosse uma espécie de prolongamento do dedo indicador. Esta última, é muito evidente no movimento feito ao se segurar uma chave de fenda, ou um garfo.

Figura 4 – Tipos de preensão.



Preensão bidigital

Preensão pluridigital

Preensão Palmar

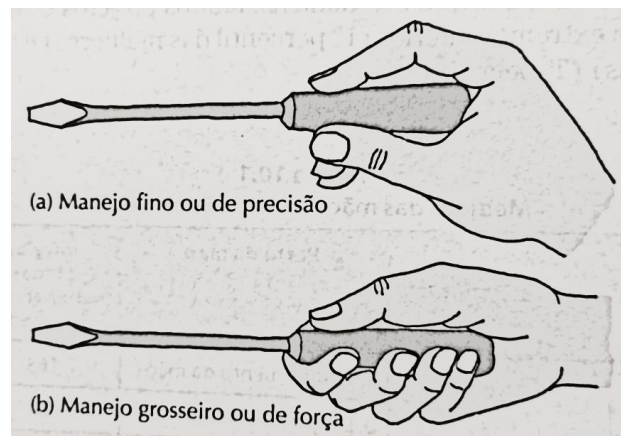
Preensão centrada

Fonte: adaptado de Kapandji (2000).

Observa-se que existe uma relação direta entre a preensão e os tipos de manejo, vista até na nomenclatura dada dentro da área da ergonomia, no qual temos o manejo fino, ou de precisão, e o manejo grosseiro, ou de força. O manejo fino, está relacionado com as preensões

digitais, no qual os movimentos são transmitidos principalmente pelas pontas dos dedos, sendo caracterizados pela precisão e velocidade, com pouca força transmitida. Já o manejo grosseiro, temos uma maior transmissão de força, menor velocidade e os dedos conjuntamente com a palma da mão tem a função de prender, enquanto o movimento é realizado pelo punho e braço (Iida, Guimarães, 2016), na figura 5, observa-se os tipos de manejo.

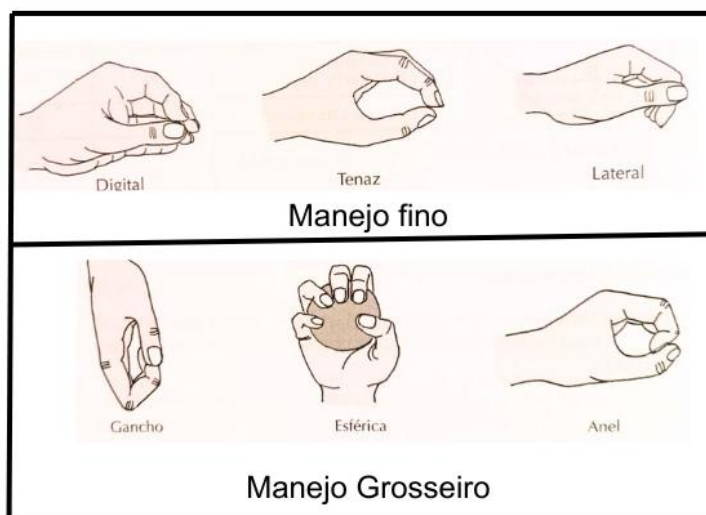
Figura 5 – Tipos de manejo.



Fonte: Iida, Guimarães (2016, p.358).

Existe uma outra classificação de manejo, baseada em Taylor (1954) apud Iida e Guimarães (2016), que faz uma analogia mecânica, dividido em seis categorias: digital, tenaz, lateral, gancho, esférica e anel (figura 6), no qual se observa uma equivalência entre elas e os manejo fino e ao manejo grosseiro.

Figura 6 – Tipos de manejo.



Fonte: Adaptado de Iida, Guimarães (2016, p.358).

A forma do manejo, influencia diretamente na preensão e na pega que é realizada com os artefatos, que irá ressaltar em movimentos com maior ou menor transmissão de força. Como exemplo, tem-se, que a força máxima que a preensão em pinça pode fazer é cerca de 10 kg, enquanto para pegas grosseiras, do tipo empunhadura, a força pode chegar a 40 kg para homens e 14 kg para mulheres (Iida; Guimarães, 2016).

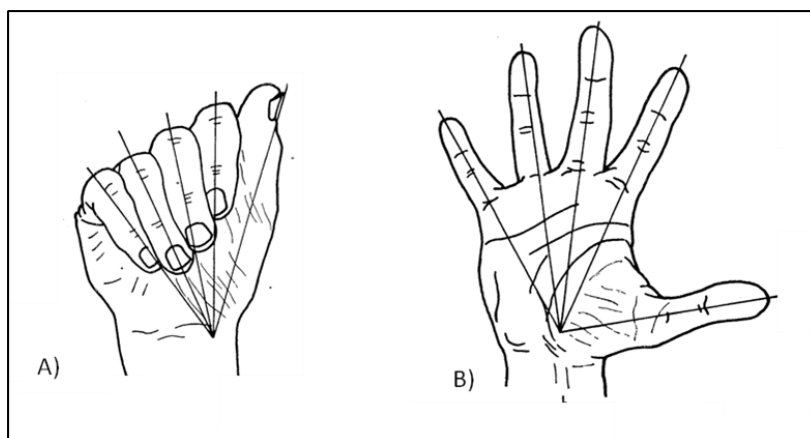
Tais relações, geraram estudos que avaliaram a aplicação de força das mãos e variáveis antropométricas, e variáveis de usabilidade de interfaces, sendo uma das principais medidas a força de preensão manual (FPM) aplicada em várias superfícies (Silva, 2012; Bonfim, 2014; Ferreira et al., 2011; Dahrouj, 2009; Fernandes, 2011).

Uma análise realizada por Fernandes et al. (2011), que avaliou a força de preensão manual versus variáveis antropométricas da mão de adultos de ambos os sexos, utilizando um dinamômetro hidráulico para aferição da força, mostrou que houve correspondência entre a força e os valores antropométricos nas medidas das mãos, revelando que quanto maior medida transversal da mão, maior trofismo (capacidade da fibra muscular de se contrair ou não) da mão masculina, e como consequência maior aplicação de força; já para as mulheres a força ficou relacionada ao maior comprimento longitudinal das mãos.

Os testes de forças de preensão manual (FPM) utilizando dinamômetros são considerados de grande ajuda para avaliação de força pelo fato de serem relativamente de simples aplicação e de não exigirem dos sujeitos grandes esforços físicos, podendo ser

realizados com usuários de diversas faixas etárias. O torque manual varia de acordo com as ações do antebraço e do punho, cada uma dessas variações recebe denominações diferentes dadas pela fisiologia, por exemplo: flexão (mão fechando) e extensão (mão abrindo) (Figura 7); desvio ulnar (mão deslocando-se na horizontal no sentido do dedo mínimo) e desvio radial (mão deslocando-se na horizontal no sentido do dedo polegar) (Silva, 2012; Razza, 2007; Iida; Guimarães, 2016).

Figura 7 – Preensões propriamente ditas do tipo centradas: A) Flexão e B) extensão.



Fonte: Adaptado de Kapandji (2000).

Bonfim (2014) usou a força de preensão manual em um estudo para avaliar a usabilidade de embalagens com tampa de segurança, no qual foi coletada a preensão de torque (com o auxílio de um dinamômetro digital e do transdutor de torque) realizada na abertura de embalagens de enxaguantes bucais com tampas de segurança com sistema de abertura do tipo aperte e gire. O teste foi realizado com 67 sujeitos de várias faixas etárias e os resultados mostraram que o design da tampa influenciou significativamente no processo de abertura. A embalagem considerada mais fácil de abrir pelos sujeitos foi a que apresentou tampa com maiores dimensões e ranhuras (ou estrias), que aumentaram o atrito entre a tampa e os dedos aumentando a aplicação de força na superfície da tampa.

A avaliação da força de preensão manual pode também ser utilizada como indicador de saúde física. Segundo Geraldes et al. (2008) a redução da FPM é uma das alterações corporais advindas do processo de envelhecimento e pode interferir negativamente na funcionalidade dos idosos comprometendo a realização de atividades que exijam habilidades motoras, como por exemplo, tirar e recolocar a lâmpada no bocal e colocar e girar chaves em

porta. Sendo, a força de preensão manual, uma boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis.

O conhecimento das estruturas e arquitetura das mãos tornam-se essenciais ainda para o desenvolvimento e aprimoramento de interfaces. Kroemer e Grandjean (2005) falam sobre a relevância de se conhecer o tamanho das mãos para desenvolvimento, por exemplo, de controles, já que estes são formas de alimentação das diversas máquinas manipuladas pelo usuário. E uma das formas de controles mais utilizadas diariamente são os manejos - controles realizados com mãos e dedos (Iida; Guimarães, 2016).

Por fim, pode-se considerar mais um elemento nas interfaces de acionamento que acabam por interferir na preensão e na força exercida em diversos artefatos, que é o acabamento das superfícies das pegas. Eles têm importância fundamental no desempenho das atividades manuais, pois a presença de ranhuras ou estrias pode melhorar o atrito das mãos e aplicação de forças, enquanto os *cantos vivos* e as rebarbas podem lesionar os usuários (Iida; Guimarães, 2016).

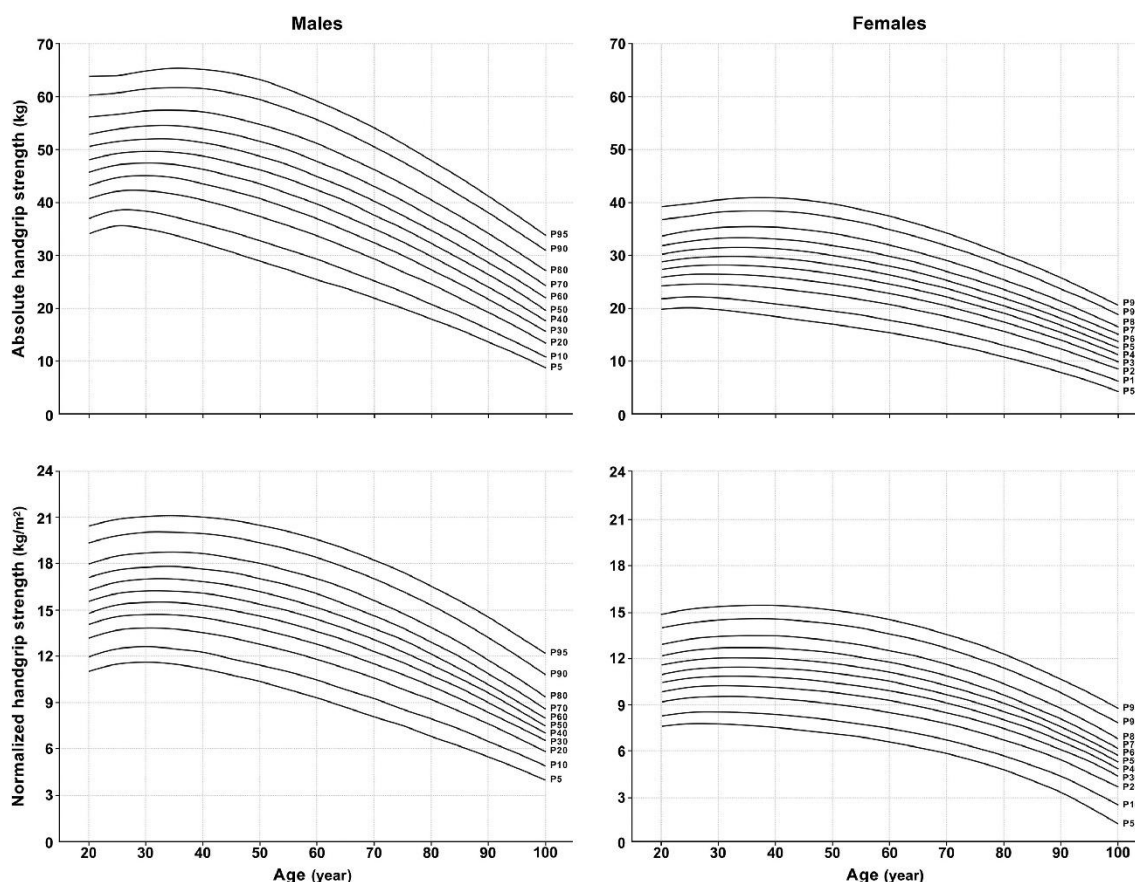
2.2 AS DIFERENTES ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SUA RELAÇÃO COM A FORÇA MANUAL

A força realizada pelas mãos pode ser medida de diversas formas e para diversas finalidades. Uma das formas mais utilizadas para avaliar a força de preensão manual (FPM) é usando a dinamometria isométrica, sendo uma ótima forma de avaliar a saúde geral de um indivíduo, biomarcador, tanto como mostrando indícios de como será a saúde futura (Tomkinson et al., 2025).

Um estudo de Soysal et al. (2021), revelou uma associação entre a baixa força manual e a morte, ou problemas associados às doenças cardiovasculares, fato evidenciado nas diretrizes de saúde pública da Organização Mundial da Saúde – OMS, que relaciona o aumento da força muscular com a melhoria da qualidade de vida, diminuição do risco a saúde, e menor demanda aos sistemas de saúde (Bull et al., 2020).

Por ser uma forma não invasiva e simples, a FPM é um ótimo método para avaliar a força muscular em pessoas com diversas idades. No trabalho de Tomkinson et al. (2025), observou-se que a FPM absoluta e normalizada apresentou uma melhora insignificante por década durante o início da idade adulta e atingiu o pico entre os indivíduos de 30 e 39 anos.

Figura 8 – Diferenças relacionadas ao sexo e à idade na força de preensão manual média absoluta e na força de preensão manual normalizada.



Fonte: Tomkinson et al (2025).

Nos dados subsequentes, a FPM diminuiu a cada década subsequente e foi ligeiramente menor para mulheres do que para homens durante a meia-idade, com alterações relacionadas à idade semelhantes para homens e mulheres no início e no final da idade adulta. A diferença relacionada ao sexo na força de preensão manual foi grande diminuindo a cada década da vida adulta (Tomkinson et al, 2025).

No estudo de Amaral et al (2019), temos valores de referência de FPM para adultos e idosos brasileiros, no qual se observou que ocorreu um aumento da força até a faixa etária de 30 a 39 anos, seguido em uma diminuição da força, para ambas as mãos. A partir dos 40 anos, houve um declínio progressivo na força de preensão manual, mais evidente na faixa etária de 50 a 59 anos em mulheres e de 60 a 69 anos em homens. Quando se avaliou pessoas com 60 anos ou mais, percebeu-se que os homens exibiram maior perda que as mulheres.

Em um estudo realizado por Caporri et al. (1998), que contou com uma amostra de conveniência de indivíduos de 20 a 59 anos, obteve-se como valor de FPM médias de 46,3 e

42,7 kg em homens de 25 a 29 anos e 32,9 e 29,6 kg em mulheres de 35 a 39 anos, para as mãos dominante e não dominante, respectivamente.

Em outro estudo realizado na cidade de Pelotas- RS, os maiores valores médios de FPM foram 43,4 e 40,4 kg em homens de 18 a 30 anos e 24,0 e 20,9 kg em mulheres de 31 a 59 anos, considerando as mãos dominante e não dominante, respectivamente (Budziareck, Duarte, Barbosa-Silva, 2008).

O trabalho desenvolvido por Schlüssel, Anjos, Vasconcellos e Kac (2008), na cidade do Rio de Janeiro, obteve valores parecidos com os obtidos em outras pesquisas, também obtendo uma maior média de força de preensão manual entre 30 e 39 anos em ambos os sexos, sendo 46,5 e 44,5 kg em homens e 28,0 e 26,7 kg em mulheres, nas mãos direita e esquerda, respectivamente.

O interessante desses estudos é que apesar de usarem técnicas diferentes e instrumentos um pouco diferentes, os resultados são bem próximos, sugerindo que o método pouco interfere no resultado, ou até mesmo características regionais. Entretanto, mais estudos desse sentido devem ser desenvolvidos a fim de encontrar a normalização desses dados, para gerar análises mais populacionais.

Em uma revisão sistemática para verificar a FPM em diferentes países, descobriu-se uma relação entre o valor obtido da FPM com o nível de desenvolvimento do país, com valores médios de 52,8 kg para homens de países desenvolvidos, enquanto em países em desenvolvimento obtivemos o valor de 43,4 kg (Dodds et al., 2016).

Outra característica importante nesses estudos é a questão da lateralidade (mão esquerda e direita) e a relação com a dominância manual (dominante e não dominante), que segundo os dados apontados que não existem diferenças significativas entre destros e canhotos, sendo que cerca de 10% das pessoas destros têm maior força de preensão manual na mão esquerda e entre os canhotos não há diferença estatisticamente significativa entre a força de preensão manual direita e esquerda (Roberts et al., 2011).

No entanto, Tomkinson et al. (2025) faz a seguinte ressalva, que o uso de normas gerais para estimar as alterações da FPM em adultos relacionadas à idade podem ter certos vieses que podem não estar diretamente ligados ao fator idade. Uma das alterações está ligada a um possível *efeitos de coorte* (diferenças provocadas pelas gerações). Um exemplo disso, pode ser o fato das gerações mais jovens podem ser bem mais saudáveis do que as gerações mais velhas,

então o declínio relacionado à idade na velhice experimentado pelos jovens adultos de hoje pode ser menor do que o estimado.

Dessa forma, observa-se que a FPM é um fator crucial da saúde musculoesquelética global ao longo da vida. O que ficou evidente é o crescimento parabólico da FPM, atingindo um pico na vida adulta e declinando com o envelhecimento. De modo geral, pode-se resumir este tópico da seguinte forma.

Jovens e Adolescentes com a FPM aumentando progressivamente com a idade e o amadurecimento sexual. Meninos geralmente apresentam valores superiores às meninas em todas as faixas etárias.

Adultos: a FPM atinge o seu valor máximo na faixa dos 30 a 39 anos. Nessa idade, as médias gerais estão entre 44–52 kg, para homens, e de 25–35 kg para as mulheres.

Idosos: depois dos 40 anos, observa-se um declínio da FPM, de modo desigual entre homens e mulheres, inicialmente lento, diminuindo com uma taxa maior ao passar dos 60 anos de idade. Após os 80 anos pode chegar a 48% em homens e 44% em mulheres. No Brasil, pontos de corte como ≤ 27 kgf para homens e ≤ 19 kgf para mulheres idosas são usados para sinalizar fragilidade ou sarcopenia.

2.3 A EMBALAGEM PET DE ÁGUA MINERAL

A embalagem surgiu juntamente com a necessidade de transportar e de preservar alimentos, bebidas e objetos. Desde os primeiros materiais utilizados em suas confecções (couro, chifres de animais, folhas e caules de plantas) até os atuais (biopolímeros, alumínio, fibra mais lata), observa-se a evolução pela qual passaram o mercado e os métodos de conformação (Negrão E Camargo, 2008; Mestriner, 2002).

Os primeiros materiais eram encontrados na natureza e sua produção exigia apenas o conhecimento de alguns métodos artesanais, como por exemplo, os cestos feitos com cipós ou palhas trançadas. No entanto, os posteriores processos de desenvolvimento industrial, aliados a estudos científicos e avanços tecnológicos, permitiram o surgimento de novas matérias-primas e insumos que exigiam novos métodos de conformação. As necessidades do mercado e as inovações científicas e tecnológicas forneceram as bases para o desenvolvimento de um setor focado na criação e aperfeiçoamento de embalagens (Mariano; Froemming, 2004; Mestriner, 2002).

Atualmente as embalagens superaram as suas funções primárias de preservação e transporte buscando atender as necessidades e desejos dos consumidores. A ABNT - NBR 9198 (2010), a conceitua como um elemento ou conjunto de elementos a envolver, conter e proteger produtos durante sua movimentação, transporte, armazenamento, comercialização e consumo, bem como, quando requerido, transmitir as informações necessárias sobre seu conteúdo. Negrão e Camargo (2008) complementam esta definição ao afirmarem que a embalagem promove e vende um produto.

Essa definição demonstra a diversidade de funções que uma embalagem pode apresentar, acrescenta-se ainda que elas devam respeitar a relação de interação com o usuário, uma vez que, para o usuário, embalagem e produto costumam ser confundidos como um só (Carvalho, 2008).

Segundo dados apresentados pela ABRE (Associação Brasileira de Embalagens), em 2024, o total de receita recebida com a fabricação de embalagens arrecadou um valor de R\$ 165,9 bilhões, resultando um crescimento de mais de 14,89% em comparação com o ano de 2023.

Ao analisar os dados de acordo com o segmento de mercado, tem-se que o setor de embalagens plásticas e metálicas, que eram juntas 50,6% do total em 2023, avançaram a participação em 3,8%, totalizando com 53,8% em 2024 (33,4% de participação das embalagens plásticas e 19,4% de participação do segmento de embalagens metálicas), enquanto outros seguimentos como o de papelão ondulado e vidro sofreram retração. Como valor total da produção do setor de embalagens foi de R\$ 165,9 bilhões, representando 3% do total da indústria de transformação (ABRE, 2025).

O polímero é um material que tem se destacado no mercado de embalagens, é possível encontrá-lo substituindo invólucros que anteriormente eram confeccionadas em metal, vidro ou papel, como por exemplo, as embalagens para alimentos de conservas, doces, bebidas e detergente em pó. Há uma grande diversidade de materiais poliméricos no mercado que se diferenciam quanto ao tipo de material e composição estrutural, podendo de acordo com suas propriedades, serem utilizados para embalar variados tipos de produtos. (Jorge, 2013).

Segundo Oliveira e Gomes (2013) os polímeros podem ser classificados de várias formas (origem, estrutura química, comportamento mecânico etc.), quanto à fusibilidade (capacidade de passar do estado sólido para o líquido) e/ou solubilidade (capacidade que um material – soluto – apresenta de ser dissolvido em outro – solvente) do polímero, ele pode ser

denominado: termoplástico ou termorrígido. Os termorrígidos, também chamados de termofixos, são polímeros que não são capazes de fundirem e nem serem solubilizados.

Algumas vantagens trazidas com a utilização dos polímeros podem justificar o crescimento de seu uso no mercado de embalagens, são elas: leveza; resistência mecânica e térmica relativa; possibilidade de combinação com outros materiais e outros plásticos. Ressalta-se que o tipo de material, a composição estrutural, a estrutura química do polímero são algumas das variáveis que podem causar alterações em suas características tornando-os mais propícios ou não para acondicionar determinado tipo de produtos (Jorge, 2013; Mestriner, 2002).

Um tipo de plástico comumente encontrado no mercado é o PET (Polietileno Tereftalato). Em 1970, esse polímero começou a ser utilizado na fabricação de embalagens nos Estados Unidos e na Europa, mas só chegou ao Brasil em 1988. A utilização do Pet no Brasil teve início na indústria têxtil e apenas em 1993 passou a ser utilizado na indústria de embalagens de refrigerantes, desde então o seu uso tem se aplicado a uma série de produtos e revolucionado o mercado de embalagens. Suas características mecânicas o tornam um material leve; reciclável; de alta resistência ao impacto, térmica e química; além de ser uma excelente barreira contra gases e odores, o tornam um ótimo produto para acondicionar bebidas, alimentos, cosméticos, medicamentos, produtos de higiene e limpeza, entre vários outros (ABIPET, 2025; Bastos, 2006).

O que é observado no mercado brasileiro é uma predominância de embalagens de PET para armazenar bebidas e água, além de alguns tipos específicos de alimentos, dando destaque as embalagens de refrigerantes e de água mineral, com diversas capacidades e formatos. Entretanto, temos também, a fabricação de embalagens utilizando outros materiais termoplásticos como o polipropileno, que devido as diferenças mecânicas devido ao PET, são agora os segundos em importância comercial. (ILSI, 2002).

Uma embalagem de garrafa PET apresenta duas partes principais, o corpo e a tampa. A distribuição do produto durante o processo de moldagem das embalagens faz com que o corpo possa ser subdividido em três partes: ombro, corpo e fundo (Bastos, 2006). (Figura 9).

Figura 9 – Partes de uma garrafa PET.



Fonte: Próprio autor

As tampas e os dispositivos de fechamento e abertura juntamente com o material da embalagem apresentam-se como uns dos principais modos de zelar pela integridade e proteção do produto, uma vez que são formas de evitar o contato do conteúdo das embalagens com o ambiente externo (Mestriner, 2002; Negrão e Camargo, 2008).

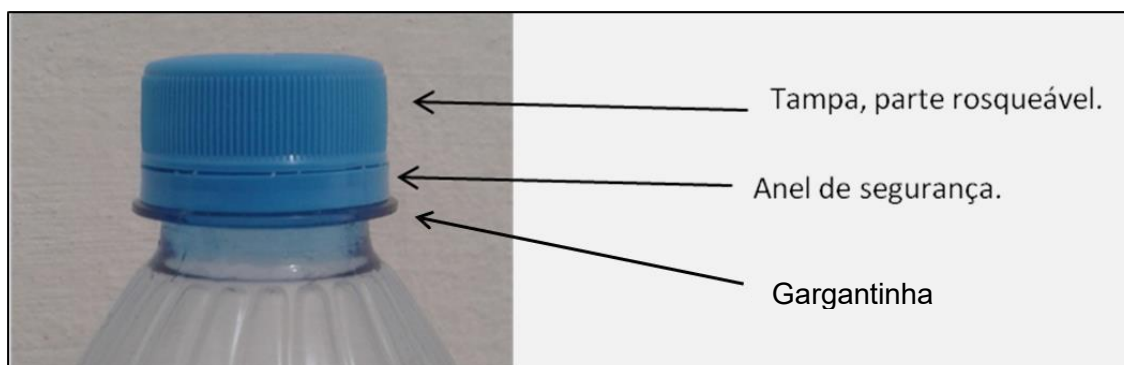
Algumas embalagens, principalmente as de alimentos e bebidas que envolvem fechamento por tampas rosqueáveis, exigem a aplicação de força excessiva para abri-las, o que muitas vezes causa ferimentos, desperdício do produto além de frustrar o usuário que dispõe de pouca força. Outras vezes, diante uma embalagem difícil de abrir o indivíduo recorre ao uso de ferramentas impróprias para auxiliar na abertura o que pode ocasionar sérias lesões (Bonfim, 2014; Silva, 2012).

Embalagens quando abertas conforme indicação de uso não devem causar qualquer tipo de lesão ao usuário, sob pena de responsabilização do fornecedor ou fabricante. Por isso, elas devem trazer indicações de como realizar o processo de sua abertura levando em consideração que o usuário nem sempre estará acompanhado durante a manipulação do produto ou da embalagem (Carvalho, 2008).

Nas garrafas do tipo PET é possível identificar pelo menos duas partes em seu dispositivo de abertura: a tampa e o anel de transporte (gargantina), aba circular saliente localizada logo abaixo da rosca do gargalo da garrafa PET que serve para o transporte na linha de produção, auxilia o processo de sopro na pré-forma, oferece suporte para a máquina

rosqueadora, e em alguns tipos de embalagens serve como ponto de trava após o primeiro rosqueamento (Figura 10) (Sarantópoulos, 2002).

Figura 10 – Detalhes da tampa e acabamento de uma garrafa Pet de água mineral.



Fonte: Próprio autor.

As tampas são comumente fabricadas em policloreto (PP) e os anéis retentores em Policloreto de Vinila (PVC) (Bastos, 2006; Silva, 2012). A parte interna da tampa possui filetes de rosca, essenciais para a segurança e vedação do produto (Bastos, 2006) (Figura 11).

Figura 11 – Parte interna de tampas de garrafa pet de água mineral.



Fonte: Elaborado pela autora.

Todavia, as tampas e os corpos das embalagens de água mineral do tipo PET apresentam características que variam de acordo com a empresa fabricante. Essas variações podem ser observadas nas dimensões diferenciadas, presença de diferentes tipos de ranhuras ou estrias nas tampas, texturas na região da pega, forma do corpo das embalagens, dentre outras (Figura 12).

Figura 12 – Variações nas embalagens de água mineral: A) Tamanhos de tampas; B) Ranhuras nas tampas e C) Texturas na região de pega do corpo.



Fonte: Próprio autor.

Nas garrafas de água mineral com tampas de rosca percebe-se uma preocupação com a manutenção da qualidade e integridade do produto, sobretudo nos dispositivos de abertura e fechamento das garrafas, no entanto, há pouca ou nenhuma preocupação com a forma como o usuário irá abrir estas embalagens. Silva (2012) faz uma consideração importante sobre o valor do esforço exercido para abrir embalagens de bebidas.

Dependendo do tipo de embalagem o sistema de fechamento pode ser fator essencial para a segurança do usuário, por isso suas características são definidas a partir do produto que contém. Por exemplo, tampas de embalagens de bebidas carbonatadas devem ser resistentes o bastante para reter a pressão interna das embalagens; certos medicamentos que podem causar intoxicação em crianças exigem tampas de segurança com mecanismos que dificultem a sua abertura por elas (Bastos, 2006; Dahrouj, 2009).

Percebe-se então que quando se busca desenvolver uma embalagem que permita ao usuário interagir satisfatória e eficientemente os dispositivos de abertura e fechamento e as tampas são componentes que merecem uma atenção especial. Mestriner (2002, p. 86) aponta que “Em sua evolução, a indústria de embalagem sempre enfrentou o desafio e solucionar a questão da abertura e do fechamento do produto, sendo está ainda hoje uma de suas principais preocupações”.

Daí a necessidade de um projeto de design de embalagens que se preocupe não apenas com a segurança dos produtos como também com questões ergonômicas que busquem identificar as principais limitações dos usuários e garantir a sua segurança e conforto durante a realização de suas atividades.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Todos os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão fundamentados em raciocínio indutivo, caracterizados por uma experimentação. Consiste, portanto, em uma pesquisa experimental e de caráter transversal, o qual refere-se ao estudo no qual o fator e o efeito são observados em um mesmo momento histórico (Bordalo, 2006).

3.2 SUJEITOS

A definição da amostragem baseou-se na teoria da inferência estatística, e no princípio da independência da amostra quanto à população. Baseado em Triola (1999, p. 149) aplicou-se a seguinte equação (Equação 1):

$$n = [Z_{\alpha/2} \cdot \delta / E]^2 \quad (1)$$

De modo que:

n = tamanho da amostra; $Z_{\alpha/2}$ = z score; δ = desvio padrão populacional; e E = margem de erro.

Definiu-se o grau de confiança em 95% ($\alpha = 0,05$) e, portanto, $Z_{\alpha/2} = 1,96$. O desvio padrão populacional era desconhecido e, para esses casos, de acordo com recomendações de Triola (1999), tomou-se como parâmetro o estudo desenvolvido por Smith et al. (2000) – particularmente, quanto a avaliação do torque manual em atividades simuladas, no acionamento de interfaces com 65 mm de diâmetro e 45 mm de profundidade, com sujeitos de ambos os gêneros e idade acima dos 16 anos –, encontrando-se a amplitude de 5,29 Nm e, conseqüentemente, $\delta = 1,3225$ Nm.

A margem de erro, ou diferença máxima provável entre a média amostral e a média populacional, foi definida em $E = 0,5342$ Nm (aproximadamente 10% da média encontrada por Smith et al. (2000)). Portanto, $n = 23,53$. Finalmente, aproximou-se o valor de n para 24 sujeitos.

Observa-se que outros estudos acerca de avaliações ergonômicas com atividades com a extremidade dos membros superiores, baseiam-se em amostras próximas a este valor, com

destaque para: Imrhan (1991) [n=30]; Fernandez et al. (1992) [n=15]; Hallbeck et al. (1992) [n=20]; Kamal et al. (1992) [n=12]; Shih e Wang (1996) [n=40]; Smith et al. (2000) [n=51]; Crawford et al. (2002) [n=40]; Imrhan (2003) [n=10]; Aldien et al. (2005) [n=10]; Nicolay e Walker (2005) [n=51]; e Shih e Ou (2005) [n=30].

Desta forma, foram avaliados 24 sujeitos de cada grupo, a saber: de 18 a 29 anos (24♂ e 24♀); de 30 a 55 anos (24♂ e 24♀); e acima de 55 anos (24♂ e 24♀). A definição dos grupos etários baseou-se fundamentalmente na literatura na área da biomecânica, a qual indica que os sujeitos adultos possuem um pico de força muscular por volta dos 30 anos e que esta força parece diminuir a partir dos 50 anos (Montoye; Lamphiyer, 1977; Mathiowetz et al., 1986; Hanten et al., 1999; Voorbij; Steenbekkers, 2001).

Como este trabalho visa, dentre outros objetivos, comparar as diferenças entre as faixas etárias, verificou-se que esses três grupos são os mais discutidos nos estudos desta área do conhecimento, o que permitirá a comparação dos resultados com outros estudos do gênero. Além disso, ao considerar os critérios éticos, uma abordagem de sujeitos de outras faixas etárias (como crianças, por exemplo) implicaria em outros cuidados os quais este trabalho não se propõe, uma vez que o objetivo lançado foi investigar as forças manuais em sujeitos adultos.

Paschoarelli (2009), em um estudo similar, baseou-se em uma amostra de 180 sujeitos igualmente distribuídos em três faixas etárias (18 a 29 anos= 30♂ e 30♀; 30 a 55 anos=30♂ e 30♀; acima de 55 anos=30♂ e 30♀). Portanto, estudos ergonômicos experimentais, diferente dos estudos epidemiológicos, não se caracterizam por grandes amostras, mas sim, por amostras representativas das variáveis de estudo.

Esta amostragem deve ser utilizada para cada tipo de embalagem (tampa) avaliada.

3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Neste estudo foi avaliado o torque manual móvel, em sentido anti-horário, por meio de equipamentos e interfaces específicas, as quais devem atender às diretrizes e recomendações descritas por Caldwell et al. (1974); Chaffin (1975); Kroemer et al. (1994); e Chaffin, Anderson e Martin (2001); de modo a garantir a confiabilidade de todos os procedimentos realizados.

Para indicar os valores obtidos durante o teste de simulação da atividade deverá ser utilizado um Dinamômetro Digital, com capacidade máxima de 500N, precisão de 0,1%, que apresentou a saída do valor de torque (Figura 1). O valor do torque foi medido através do

Transdutor móvel de torque, com capacidade de 10 Nm (Figura 13) e um paquímetro para realizar a medida das tampas. O transdutor móvel foi utilizado para mensurar as forças de torque durante os procedimentos de coleta, para isto ele foi introduzido em uma embalagem previamente preparadas e pode capturar a força de prensão do conjunto tampa e corpo da embalagem.

Figura 13 – À esquerda, Dinamômetro digital. Ao centro, paquímetro. À direita, Transdutor de torque móvel.

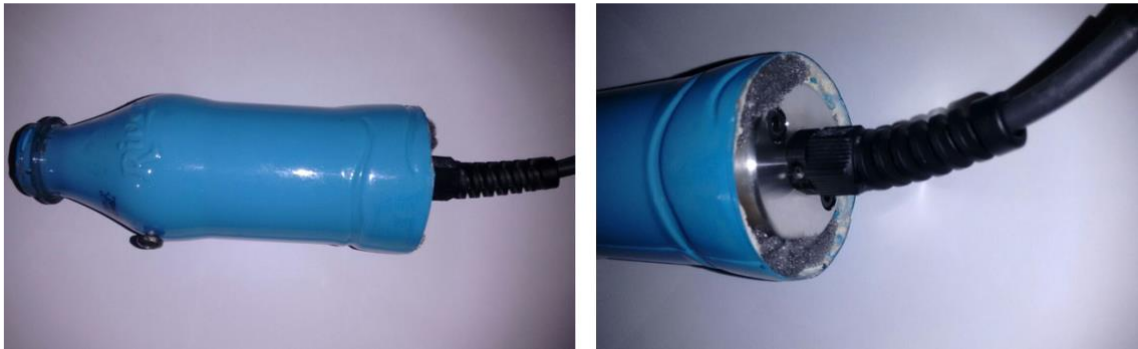


Fonte: Próprio autor.

Foi selecionada uma Garrafa PET de água mineral com tampa de rosca, sem gás, pois há muita diferença nas embalagens com e sem gás. O rótulo foi retirado para que a marca não fosse identificada pelo entrevistado, evitando respostas tendenciosas.

A Preparação das embalagens foi feita com a escolha da embalagem, sendo o critério de seleção uma garrafa de 250 ml, pois devido às suas dimensões essa garrafa possibilitou o bom encaixe do transdutor de torque. Para permitir o acoplamento do transdutor de torque (STS) foi necessário esvaziar as embalagens e remover o fundo e parte da região não rosqueada onde se encaixavam as tampas, a parte interna da embalagem foi pintada com tinta spray para que o transdutor não fosse visualizado durante o teste. Foi colocado um cano PVC, de 9 cm, que serviu como canal para o transdutor de torque (STS) e o espaço entre o cano e embalagem foi preenchido com espuma expansível de poliuretano. Acoplou - se então o transdutor de torque pela parte inferior da embalagem, usando-se um parafuso para deixá-lo fixo durante a aplicação do teste (Figura 14).

Figura 14 – Embalagem de garrafa Pet com o fundo removido e transdutor de torque acoplado.



Fonte: Próprio Autor.

As Tampas foram selecionadas conforme o trabalho de Pereira (2017), na qual se avaliou somente embalagens de água sem gás, com base na percepção de maior nível de desconforto/dor para a aplicação dos testes (figura 15).

Figura 15 – Tampas selecionadas para o experimento.

TAMPAS SELECIONADAS PARA A TERCEIRA ETAPA			
Tampa 13	Tampa 15	Tampa 17	Tampa 21
			
Apresentou ranhuras diferenciadas comparadas às demais garrafas analisadas.	Maior LPD no testes de percepção de Desconforto da Segunda etapa.	Permitiu maior área de contato para o percentil 05 no Teste de Erick.	Permitiu maior área de contato para o percentil 95 no Teste de Erick.

Fonte: Próprio Autor.

Na parte interna das tampas foi preenchida com massa plástica para sustentar os soquetes metálicos (Figura 16) que se encaixaram no transdutor de torque, conforme Bonfim (2014) e Silva (2012).

Figura 16 – Tampas modificadas para o teste de mensuração de força.



Fonte: Próprio Autor.

3.4 PROTOCOLOS DE PESQUISA

Todos os participantes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice A), conforme recomendações do Conselho Nacional de Saúde (1996) e o protocolo de registro de força (apêndice B), para registro dos dados de força coletados durante os testes.

3.5 PROCEDIMENTOS

Os sujeitos, após abordagem individual, participaram da coleta de dados, no qual aconteceram no Núcleo de Ergonomia em Processos e Produtos - NEPP. Na sequência, iniciou-se os procedimentos para teste de acionamento das interfaces manuais, sendo apresentados os equipamentos e procedimentos, e só então iniciada a simulação e coleta do torque manual.

Os testes de aferição de força foram realizados individualmente. O participante leu o TCLE e preencheu o Protocolo de Recrutamento e Identificação (apêndice C). Em seguida, a embalagem foi apresentada ao sujeito; informava-se que na parte interna da embalagem havia um transdutor de torque e que as tampas não seriam abertas, mas que ele deveria realizar a tarefa como se fosse abrir a garrafa aplicando o máximo de força e utilizando a mão dominante

(Figura 17). O indivíduo ficava na posição sentada para facilitar a manutenção da postura fixa, dado um descanso mínimo de 30 segundos, para realizar a medida das outra tampa, ou até que o voluntário se sentisse capaz de realizar o teste com a próxima tampa. A ordem de uso das tampas foi determinada por sorteio randômico.

Em cada uma das medidas, os sujeitos foram orientados a realizar sua força voluntária máxima (Armstrong; Oldham, 1999; Voorbij; Steenbekkers, 2001; Chaffin et al., 2001; Edgren et al., 2004; Dias et al., 2010).

Quanto ao posicionamento dos voluntários, baseou-se nas recomendações de Daams (1993), sendo solicitado que sujeitos mantivessem a postura livre e habitual no uso das interfaces.

Figura 17 – Teste de mensuração de força manual (torque).



Fonte: Próprio autor.

3.6 QUESTÕES ÉTICAS

Quanto aos aspectos éticos nas ciências sociais e humanas, Paschoarelli et al. (2008) enfatiza sua relevância nas pesquisas científicas dessas áreas do conhecimento. Na prática, o

“[...] objetivo da ética na pesquisa é assegurar que ninguém seja prejudicado ou sofra consequências adversas devido às atividades de pesquisa” (Cooper; Schindler, 2003, p. 110, apud Paschoarelli, et al., 2008).

Por envolver a participação de seres humanos, o presente projeto de pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFMA, para apreciação, em cumprimento ao que determina a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 1996). Quanto aos itens ressaltados na Resolução 196/96 explicitam-se os itens referentes a esta pesquisa a seguir.

3.7 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram considerados critérios de inclusão:

Possuir no mínimo 18 anos de idade;

Quanto ao estado de saúde, estar apto a preencher os questionários de pesquisa e não apresentar deficiência física na extremidade dos membros superiores ou qualquer incapacidade permanente ou temporária para participação nas atividades simuladas;

Não fazem parte dos critérios de inclusão a cor, as classes ou grupos sociais específicos uma vez que os estudos da influência destas variáveis não serão contemplados.

Foram excluídos os indivíduos que apresentaram sintomas de problema musculoesquelético nos membros superiores (Petersen et al., 1989; Armstrong; Oldham, 1999; Kong; Lowe, 2005a, 2005b;); e/ou aqueles sujeitos que apresentem histórico desses problemas nos últimos seis meses ou mais (Imrhan; Loo, 1989; Young et al., 1989; Nicolay; Walker, 2005). Esta condição foi aplicada, pois os dados coletados com esses sujeitos podem “comprometer” o conjunto de dados que envolvam a participação de sujeitos saudáveis. Além disso, e mais importante ainda, foram considerados os critérios éticos envolvidos com a participação desses sujeitos.

Para as pesquisas que envolvem sujeitos idosos, foram utilizados critérios menos rigorosos, como não possuir limitações de movimentos e/ou não apresentar doenças severas nos membros superiores (Mathiowetz et al., 1985; Imrhan; Loo, 1989).

3.8 QUANTO AOS RISCOS

Entende-se por risco a probabilidade de ocorrência de um evento desfavorável (inconveniente ou desconforto) decorrente da participação de um sujeito em determinada pesquisa (Bioethics Thesaurus, 1999).

Uma das classificações de risco em pesquisas é o “Risco mínimo”, o qual segundo Shaughnessy et. al. (2012, p. 79) refere-se ao risco de pesquisas cujos “procedimentos ou atividades do estudo são semelhantes aos que os participantes encontram em suas vidas cotidianas”. Segundo os autores, “o risco mínimo significa que o perigo ou desconforto que os sujeitos podem experimentar em suas vidas cotidianas ou durante testes físicos ou psicológicos de rotina” (SHAUGHNESSY et. al., 2012, p. 79).

Portanto, considerando esta pesquisa os riscos foram mínimos aos participantes e estão relacionados ao desconforto emocional frente à simulação das atividades.

3.9 MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS

Segundo a Resolução 466/12 (CNS, 2012), toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e gradações variados. Quanto maiores e mais evidentes os riscos, maiores devem ser os cuidados para minimizá-los.

Segundo Shaughnessy et al (2012, p. 79) independentemente de estarem em risco mínimo os sujeitos da pesquisa devem ser protegidos, portanto recomendam:

Mesmo que o risco potencial seja pequeno os participantes devem tentar minimizar o risco e proteger os participantes, por exemplo, para reduzir o estresse emocional no preenchimento de questionários, informar que os testes não visam avaliar a inteligência ou a personalidade.

Para proteger os participantes de danos sociais, a coleta de dados manteve as respostas dos participantes anônimas, pedindo que não utilizem seus nomes ou outra forma de identificação, quando isso não foi possível, as respostas dos participantes foram mantidas em confidencialidade.

No presente estudo os riscos foram minimizados através de esclarecimentos prévios sobre a pesquisa, pela aplicação de pré-testes e por reuniões explicativas anteriores ao

preenchimento dos questionários, considerando o grau de formação dos indivíduos a serem pesquisados. Além disso, a garantia do anonimato foi assegurada.

3.10 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados ocorreu através de estatística descritiva e inferencial para verificação das diferenças significativas entre os gêneros e faixas etárias, e as diferentes interfaces. O software utilizado para esse tratamento dos dados foi o SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences), que é um software da IBM.

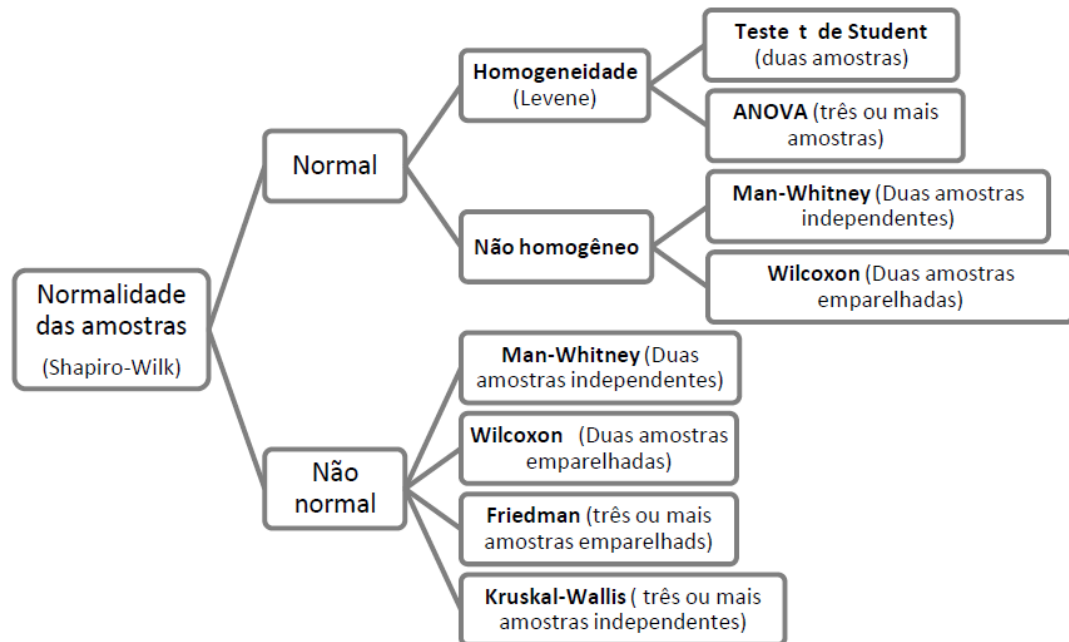
Para se proceder com estas análises, inicialmente se deve indicar quais as variáveis analisadas. Como variáveis são os elementos constitutivos das hipóteses (Lakatos; Marconi, 1991), que são divididas em dependentes e independentes (Tullis; Albert, 2008). No presente estudo temos como variáveis independentes sexo, idade e a tampa, enquanto o torque é a nossa variável dependente.

Para Beiguelman (2002) e Morettin e Bussab (2010), a estatística inferencial é a maneira de obter afirmações sobre dada característica da população, na qual estamos interessados, a partir de uma amostra, sendo possível tirar conclusões através de valores numéricos.

Para essa fase de predição é importante a coleta e a descrição sucinta dos dados amostrais, a conhecida *Estatística Descritiva*, (Beiguelman, 2002).

A seleção dos testes estatísticos para cada uma das análises foi baseada nas referências em estatística Triola (1999), Morettin e Bussab (2010), Campos (2010). Na figura 18 abaixo temos um resumo da análise utilizada.

Figura 18 – Diagrama dos procedimentos para análise estatística.



Fonte: Campos (2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

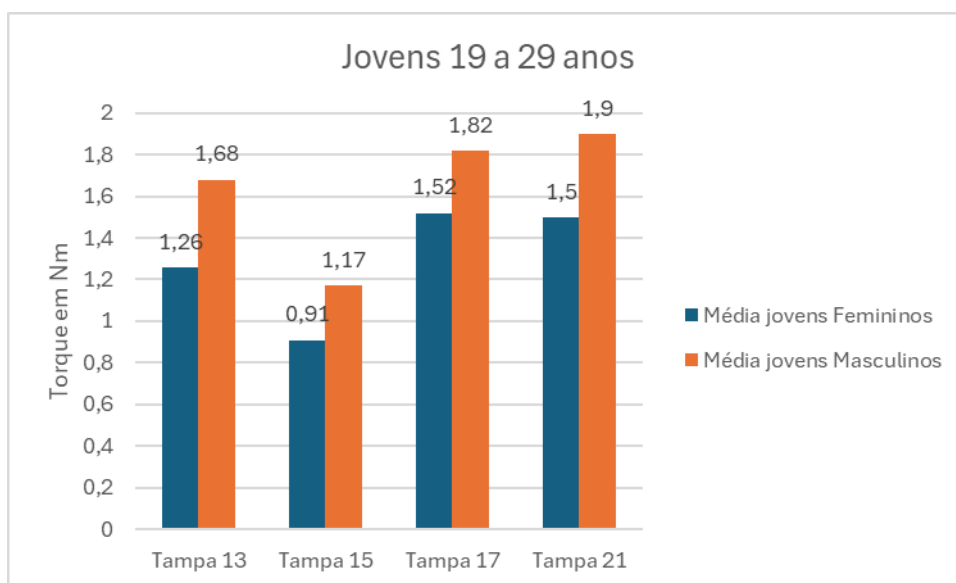
4.1 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS JOVENS

Os primeiros dados analisados foram relativos à estatística descritiva, no qual se obteve que os participantes do sexo masculino realizaram um valor de torque maior do que as participantes do sexo feminino. O maior torque médio masculino ficou para a tampa 21, com o valor de 1,90 Nm, e o menor torque médio masculino ficou para a tampa 15, com o valor de 1,17 Nm. Já para as mulheres o maior valor de torque médio foi para a tampa 17, com o valor de 1,52 Nm, enquanto o menor valor de torque médio foi também para a tampa 15, com um valor de 0,91 Nm.

Estes resultados corroboram os dados apontados na literatura de força de preensão manual, no qual se observa que o sexo feminino apresenta valores de força menores que o sexo masculino (Budziareck, Duarte, Barbosa-Silva, 2008; Caporrino et al. 1998; Tomkinson et al, 2025).

Logo a seguir, tem-se um gráfico para melhor comparação dos dados dos valores médios dos torques para os participantes jovens (figura 19), e a tabela com todos os dados referente a estatística descritiva (tabela 1).

Figura 19 – Comparação entre as médias de força dos participantes jovens.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1 – Dados descritivos do torque para participantes jovens.

Sexo	CATEGORIA	N	Média	Desvio p.
FEMININO	JOVEM			
	Garrafa_15	24	0,91	,288349
	Garrafa_17	24	1,52	,396257
	Garrafa_21	24	1,50	,325317
MASCULINO				
	Garrafa_13	24	1,26	,246056
	Garrafa_15	24	1,17	,268008
	Garrafa_17	24	1,82	,380986
	Garrafa_21	24	1,90	,473744
	Garrafa_13	24	1,68	,361532

Fonte: Próprio autor.

Ao se analisar os valores dos desvios padrões (dp) dos dados obtidos, percebeu-se que o menor valor obtido foi para a tampa 15 (0,29 para o sexo feminino e 0,27 para o masculino), indicando que os valores no conjunto de dados desta tampa são os dados mais agrupados próximo da média, em relação as outras, principalmente em comparação com as tampas 21 (para o sexo masculino $dp=0,47$) e a tampa 17 do sexo feminino ($dp=0,40$).

A tabela 2 mostra o comparativo das forças obtidas pelos usuários e as dimensões das tampas e é possível notar que independente do gênero a tampa 15 (menor dimensão) gerou menor aplicação de força de torque, enquanto a tampa 21 (maior dimensão) gerou a maior aplicação de força de torque com relação às outras tampas.

Tabela 2 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida para os jovens.

Tampa	Média de aplicação de força		Altura (mm)	Diâmetro (mm)
	Masculino	Feminino		
Tampa 13	1,68	1,26	12	23
Tampa 15	1,17	0,91	8	29
Tampa 17	1,82	1,52	11	30
Tampa 21	1,90	1,50	14	30

Fonte: Próprio autor.

4.2 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS ADULTOS

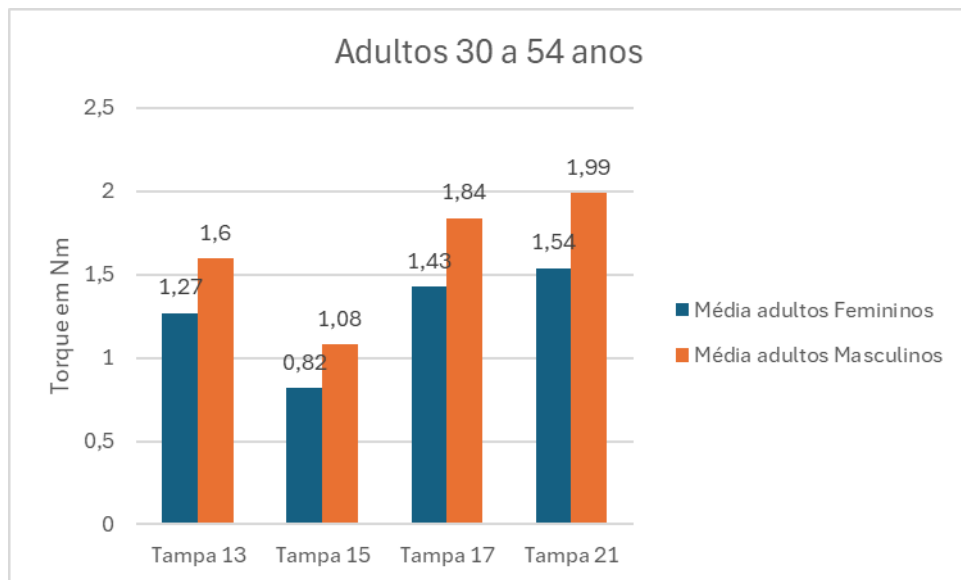
Inicialmente, também foram analisados os dados referentes à estatística descritiva, no qual se obteve que os participantes adultos do sexo masculino realizaram, também, um valor de torque maior do que as participantes do sexo feminino. O maior torque médio masculino ficou para a tampa 21, com o valor de 1,99 Nm, e o menor torque médio masculino ficou para a tampa

15, com o valor de 1,08 Nm. Já para as mulheres o maior valor de torque médio foi para a tampa 21, com o valor de 1,54 Nm, enquanto o menor valor de torque médio foi também para a tampa 15, com um valor de 0,82 Nm.

Os resultados obtidos para o público adulto, também são corroborados pela literatura de força de preensão manual, no qual se observa que o sexo feminino apresenta valores de força menores que o sexo masculino (Budziareck, Duarte, Barbosa-Silva, 2008; Caporrino et al. 1998; Tomkinson et al, 2025).

A seguir, tem-se um gráfico para melhor comparação dos dados dos valores médios dos torques para os participantes jovens (figura 20), e a tabela com todos os dados referente a estatística descritiva (tabela 3).

Figura 20 – comparação entre as médias de força para os adultos.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 3 – Dados descritivos do torque para participantes Adultos.

Sexo	CATEGORIA		N	Média	Desvio p.
FEMININO	ADULTOS	Garrafa_15	24	0,82	,331011
		Garrafa_17	24	1,43	,491433
		Garrafa_21	24	1,54	,510828
		Garrafa_13	24	1,27	,431050
MASCULINO		Garrafa_15	24	1,08	,420197
		Garrafa_17	24	1,84	,743137
		Garrafa_21	24	1,99	,740254
		Garrafa_13	24	1,60	,529527

Fonte: Próprio autor.

Ao se analisar os valores dos desvios padrões (dp) dos dados obtidos, percebeu-se que o menor valor obtido foi para a tampa 15 (0,33 para o sexo feminino e 0,42 para o masculino), indicando que os valores no conjunto de dados desta tampa são os dados mais agrupados próximo da média, em relação as outras, principalmente em comparação com as tampas 21 e 17 (para o sexo masculino $dp=0,47$) e a tampa 21 do sexo feminino ($dp=0,51$).

Comparando-se as forças obtidas pelos usuários e as dimensões das tampas, nota-se que independente do gênero a tampa 15 (menores dimensões) possibilitou menor aplicação de força de torque, enquanto a tampa 21 (maiores dimensões) permitiu a maior aplicação de força se comparada às demais (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida.

Tampa	Média de aplicação de força		Altura (mm)	Diâmetro (mm)
	Masculino	Feminino		
Tampa 13	1,54	1,24	12	23
Tampa 15	1,02	0,89	8	29
Tampa 17	1,77	1,33	11	30
Tampa 21	1,96	1,48	14	30

Fonte: Próprio autor.

4.3 RESULTADO DO TESTE DE FORÇA COM OS IDOSOS

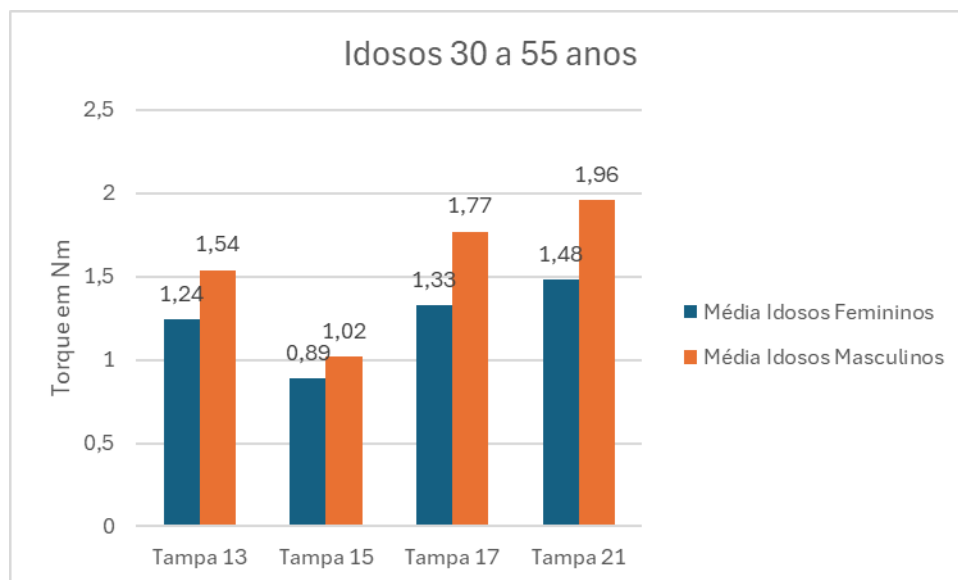
Prosseguiu-se com as análises de estatística descritiva, no qual se obteve que os participantes idosos do sexo masculino realizaram, também, um valor de torque maior do que as participantes do sexo feminino. O maior torque médio masculino ficou para a tampa 21, com o valor de 1,96 Nm, e o menor torque médio masculino ficou para a tampa 15, com o valor de

1,02 Nm. Os resultados para as mulheres apontaram como maior valor de torque médio foi para a tampa 21, com o valor de 1,48 Nm, enquanto o menor valor de torque médio foi também para a tampa 15, com um valor de 0,89 Nm.

Igualmente aos resultados obtidos para o público jovem e adultos, foram corroborados pela literatura de força de preensão manual, no qual se observa que o sexo feminino apresenta valores de força menores que o sexo masculino (Budziareck, Duarte, Barbosa-Silva, 2008; Caporrino et al. 1998; Tomkinson et al, 2025).

A seguir, tem-se um gráfico para melhor comparação dos dados dos valores médios dos torques para os participantes jovens (figura 21), e a tabela com todos os dados referente a estatística descritiva (Tabela 5).

Figura 21 – comparação entre as médias de força para os idosos.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 – Dados descritivos do torque para participantes Idosos.

Sexo	CATEGORIA		N	Média	Desvio p.
FEMININO	IDOSOS	Garrafa_15	24	0,89	,246888
		Garrafa_17	24	1,33	,440452
		Garrafa_21	24	1,48	,496770
		Garrafa_13	24	1,24	,383391
MASCULINO		Garrafa_15	24	1,02	,340021
		Garrafa_17	24	1,77	,680319
		Garrafa_21	24	1,96	,658472
		Garrafa_13	24	1,54	,606957

Fonte: Próprio autor.

Ao se analisar os valores dos desvios padrões (dp) dos dados obtidos, percebeu-se que o menor valor obtido foi para a tampa 15 (0,24 para o sexo feminino e 0,34 para o masculino), indicando que os valores no conjunto de dados desta tampa são os dados mais agrupados próximo da média, em relação as outras, principalmente em comparação com as tampas 17 (para o sexo masculino $dp=0,68$) e a tampa 21 do sexo feminino ($dp=0,49$).

Comparando-se as forças obtidas pelos usuários e as dimensões das tampas, nota-se que independente do gênero a tampa 15 (menores dimensões) possibilitou menor aplicação de força de torque, enquanto a tampa 21 (maiores dimensões) permitiu a maior aplicação de força se comparada às demais (Tabela 6).

Tabela 6 – Comparação da altura, diâmetro e média de força obtida idosos.

Tampa	Média de aplicação de força		Altura (mm)	Diâmetro (mm)
	Masculino	Feminino		
Tampa 13	1,27	1,60	12	23
Tampa 15	0,82	1,08	8	29
Tampa 17	1,43	1,84	11	30
Tampa 21	1,54	1,99	14	30

Fonte: Próprio autor.

4.4 ANÁLISES ENTRE OS GÊNEROS POR FAIXA ETÁRIA

Para proceder com a análise de comparação entre as faixas, primeiramente se calculou a normalidade de cada um grupo de dados, e montou-se uma tabela, no qual se pode definir exatamente que teste estatístico poderia ser aplicado em cada um dos casos.

Como resultado dos testes de normalidade com base em Shapiro-Wilk, tivemos os seguintes resultados (tabela 7).

Tabela 7 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada.

Tampa_13						
	<i>p</i> MASC	<i>p</i> FEM	NORMAL Shapiro-wilk	Homogeneidade Levene	ANÁLISE	"p"
JOVENS	0,464	0,895	S+S=S	0,188	t student	0,01
ADULTOS	0,634	0,997	S+S=S	0,171	t student	0,01
IDOSOS	0,274	0,043	S+N=N	DISPENSÁVEL	Man-Whitney	0,07

Tampa_15						
	<i>p</i> MASC	<i>p</i> FEM	NORMAL Shapiro-wilk	Homogeneidade Levene	ANÁLISE	"p"
JOVENS	0,004	0,550	N+S=N	DISPENSÁVEL	Man-Whitney	0,001
ADULTOS	0,352	0,201	S+S=S	0,673	t student	0,01
IDOSOS	0,267	0,164	S+S=S	0,038	Man-Whitney	0,12

Tampa_17						
	<i>p</i> MASC	<i>p</i> FEM	NORMAL Shapiro-wilk	Homogeneidade Levene	ANÁLISE	"p"
JOVENS	0,915	0,032	S+N=N	DISPENSÁVEL	Man-Whitney	0,004
ADULTOS	0,192	0,174	S+S=S	0,005	Man-Whitney	0,077
IDOSOS	0,262	0,974	S+S=S	0,013	Man-Whitney	0,032

Tampa_21						
	<i>p</i> MASC	<i>p</i> FEM	NORMAL Shapiro-wilk	Homogeneidade Levene	ANÁLISE	"p"
JOVENS	0,869	0,007	S+N=N	DISPENSÁVEL	Man-Whitney	0,006
ADULTOS	0,052	0,637	S+S=S	0,046	Man-Whitney	0,024
IDOSOS	0,111	0,272	S+S=S	0,034	Man-Whitney	0,024

Fonte: Próprio autor.

Ao analisarmos os dados de normalidade para a tampa 13, percebeu-se que o valor de *p* tanto para jovens, quanto para adultos se mostraram com valores acima de 0,05, que segundo o teste de Shapiro-Wilk confirmam um conjunto de dados que segue uma distribuição normal. Somente para os dados do público de idosas (feminino) que se obteve no teste de Shapiro um valor de *p*=0,043, que denota uma distribuição não normal.

Segundo Bussab e Morettin (2017), para realizar o teste indicado para comparar variáveis utilizando o teste t-student, devemos preceder com o teste de homogeneidade dos

dados, que no presente estudo foi o teste de Levene. Como o resultado para o valor de p foi de 0,188 para os dados dos participantes jovens e de 0,171 para os participantes adultos, temos que esses dados apresentam homogeneidades em suas variâncias, assim foi prosseguido com o teste de t-student.

O teste t independente mostrou que, em média, os participantes do sexo masculino jovens e adultos apresentaram um valor de torque com diferença estatística significativa em comparação aos participantes do sexo feminino jovens e adultas, com $p = 0,01$ em ambos os casos. Como resultado temos para os jovens ($t(45) = -2,351$; $p < 0,05$) e para os adultos ($t(46) = -4,694$; $p < 0,05$).

Para os idosos, a análise estatística foi a Man-Whitney, no qual o valor de $p = 0,07$, mostrando que não houve diferença entre os sexos para a faixa dos participantes idosos ($U=201,000$; $p > 0,5$).

Os resultados de normalidade para a tampa 15 mostrou que somente para as jovens do sexo feminino que se obteve um valor de $p < 0,05$ ($p = 0,004$), levando a análise a ser realizada o teste não paramétrico de Man-Whitney diretamente. Os dados dos adultos e dos idosos apresentaram uma distribuição normal ($p > 0,05$), com os seguintes valores $p = 0,352$ (adulto masculino), $p = 0,267$ (idoso masculino), $p = 0,201$ (adulto feminino) e $p = 0,164$ (idoso feminino).

Ao avaliar a homogeneidade dos dados, percebeu-se que houve divergência nas variâncias para os valores dos participantes idosos $p = 0,038$, sendo assim realizado o teste de Man-Whitney. Já para os adultos os dados apresentaram homogêneos $p = 0,673$, procedendo-se então com o teste t.

O resultado dos testes de Man-Whitney para os participantes jovens mostrou que existe diferença entre as forças realizadas entre os sexos ($U = 134,000$; $p < 0,001$), enquanto para os participantes idosos, não houve diferença significativa entre os sexos com o valor de $p > 0,05$ ($p = 0,12$).

O resultado do teste de t de student para os participantes adultos foi de $p = 0,01$, mostrando que neste caso, os dados em média, apresentaram diferença entre os sexos masculino e feminino ($t(45) = -2,380$; $p < 0,05$).

A análise da normalidade da tampa 17 mostrou que apenas os dados dos participantes jovens não apresentaram uma distribuição normal, referente aos valores obtidos as jovens do

sexo feminino. Dessa forma a análise estatística recomendada para o caso dos jovens é o teste não paramétrico de Man-Whitney.

Os resultados da normalidade para cada um dos casos são os seguintes, jovens masculinos $p = 0,915$ (normal), jovens femininos $p = 0,032$ (não normal), adultos masculinos $p = 0,192$ (normal), adultos femininos $p = 0,174$ (normal), idosos masculinos $p = 0,262$ e idosos femininos $p = 0,974$ (normal).

Como houve normalidade nos dados dos participantes adultos e idosos, procedeu-se com a análise da homogeneidade com o teste de Levene. Os resultados apontaram para não homogeneidade nos dois casos, com os seguintes valores, adultos $p = 0,005$ e idosos $p = 0,013$, assim se procedeu com teste não paramétrico de Man-Whitney.

O resultado da análise dos participantes jovens, mostrou que o valor do teste de Man-Whitney foi $p = 0,004$, o que demonstra a existência de diferença entre as forças realizadas entre os sexos ($U = 134,000$; $p < 0,05$). Enquanto o resultado da análise dos participantes adultos teve como $p = 0,077$, o que demonstra que não há diferença entre as forças realizadas entre os sexos ($U = 193,000$; $p > 0,05$). Por fim o resultado dos idosos teve como $p = 0,032$, o que demonstra a existência de diferença entre as forças realizadas entre os sexos ($U = 184,000$; $p < 0,05$).

Os dados de normalidade da tampa 21 mostraram que apenas os participantes adultos e idosos apresentaram uma distribuição normal, enquanto os participantes jovens do sexo feminino não apresentaram os dados segundo uma distribuição normal. Assim a análise estatística recomendada para o caso dos jovens é o teste não paramétrico de Man-Whitney.

Os resultados da normalidade para cada um dos casos são os seguintes, jovens masculinos $p = 0,869$ (normal), jovens femininos $p = 0,007$ (não normal), adultos masculinos $p = 0,052$ (normal), adultos femininos $p = 0,637$ (normal), idosos masculinos $p = 0,111$ (normal) e idosos femininos $p = 0,272$ (normal).

Procedendo-se com os testes de Levene para a homogeneidade do caso dos adultos e idosos, obtiveram-se os seguintes valores: adultos $p = 0,046$ e idosos $p = 0,034$, sendo assim confirmando que a eles não apresentam homogeneidades, sendo realizado o teste não paramétrico de Man-Whitney.

Ao realizar o teste dos participantes jovens, o teste de Man-Whitney foi $p = 0,006$, o que demonstra a existência de diferença entre as forças realizadas entre os sexos ($U = 156,000$;

$p < 0,05$). Para os adultos temos que $p = 0,024$, e para os idosos $p = 0,024$, mostrando que há diferenças significativas entre homens e mulheres.

Os resultados obtidos ao se realizar as comparações entre os gêneros por faixa etária mostram conformidade com outros estudos similares, tal como o trabalho de Crawford, Wanibe e Nayak (2002), no qual se obteve que os homens produziram valores de torques mais elevados que as mulheres para abrir embalagens, o que consequentemente indica que elas apresentam mais dificuldades para abri-las.

No estudo realizado por Bonfim (2014), foi verificado que, também o gênero feminino, teve maiores dificuldades na abertura das embalagens, mas que isso se apresentou de forma acentuada a partir dos 30 anos, no qual os participantes do sexo feminino apresentaram valores de torque significativamente menores que dos participantes do sexo masculinos.

No presente estudo os valores obtidos não foram significativamente diferentes, mas foi observado que o torque diminui ao se comparar os valores dos jovens e dos idosos.

Na pesquisa de Yang, Hu E Xu (2020), o sexo, altura, peso e comprimento da mão influenciaram significativamente o torque de aperto, sendo o torque dos homens maior do que o das mulheres ao abrir a tampa. Tais achados corroboram os dados que foram obtidos no presente estudo. Um fator não considerado foram as dimensões antropométricas na mensuração do valor do torque, fato que fica como sugestão para trabalhos futuros.

4.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FAIXA ETÁRIA NA FORÇA MANUAL

O resultado do teste de Kruskal-Wallis para a tampa de número 13 está apresentado na tabela 8.

Tabela 8 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada.

Tampa_13							
	<i>p</i> JOVEM	<i>p</i> ADULTO	<i>p</i> IDOSO	NORMAL	HOMOGENEIDADE	ANÁLISE	"p"
FEMININO	0,895	0,997	0,043	S+S+N=N	DESNECESSÁRIA	Kruskal-Wallis	0,960
MASCULINO	0,464	0,634	0,274	S+S+S=S	0,005	Kruskal-Wallis	0,803
Tampa_15							
	<i>p</i> JOVEM	<i>p</i> ADULTO	<i>p</i> IDOSO	NORMAL	HOMOGENEIDADE	ANÁLISE	"p"
FEMININO	0,550	0,201	0,164	S+S+S=S	0,321	Kruskal-Wallis	0,430
MASCULINO	0,004	0,352	0,267	N+S+S=N	DESNECESSÁRIA	Kruskal-Wallis	0,308
Tampa_17							
	<i>p</i> JOVEM	<i>p</i> ADULTO	<i>p</i> IDOSO	NORMAL	HOMOGENEIDADE	ANÁLISE	"p"
FEMININO	0,032	0,174	0,974	N+S+S=N	DESNECESSÁRIA	Kruskal-Wallis	0,445
MASCULINO	0,915	0,192	0,262	S+S+S=S	0,004	Kruskal-Wallis	0,938
Tampa_21							
	<i>p</i> JOVEM	<i>p</i> ADULTO	<i>p</i> IDOSO	NORMAL	HOMOGENEIDADE	ANÁLISE	"p"
FEMININO	0,007	0,637	0,272	N+S+S=N	DESNECESSÁRIA	Kruskal-Wallis	0,992
MASCULINO	0,869	0,052	0,111	S+S+S=S	0,004	Kruskal-Wallis	0,702

Fonte: Próprio autor.

Na tabela percebemos que após todas as análises da normalidade e da homogeneidade de Levene, o teste estatístico aplicado deveria ser o de Kruskal-Wallis.

O resultado do teste mostrou que não há efeito da idade em nenhuma das tampas analisadas, pois todos os valores de $p > 0,05$. Como não se teve diferença significativa entre as faixas etárias, em tanto para mulheres como para homens, ou seja, eu posso comparar as tampas usando todo o banco de dados dos participantes divididos por sexo, pois como foi visto anteriormente, houve diferença significativa entre os sexos.

4.6 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO DESIGN NA FORÇA MANUAL

O resultado da força exercida comparada com os dos designs das tampas está sintetizado na tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Análise de normalidade, homogeneidade e estatística aplicada para comparação dos designs das tampas.

		Garrafa_13	Garrafa_15	Garrafa_17	Garrafa_21	ESF.	LEVENE	ANÁLISE	p
		NORMALIDADE							
18 - 29	JOVENS FEM	0,895	0,550	0,032	0,007	----	----	FRIEDMAN	0,001
	JOVENS MAS	0,464	0,004	0,915	0,869	----	----	FRIEDMAN	0,001
30 - 55	ADULTOS FEM	0,997	0,201	0,174	0,637	----	NÃO	FRIEDMAN	0,001
	ADULTOS MAS	0,634	0,352	0,192	0,052	0,186	SIM	ANOVA	0,001
> 55	IDOSOS FEM	0,043	0,164	0,974	0,272	----	----	FRIEDMAN	0,001
	IDOSOS MAS	0,274	0,267	0,262	0,111	----	NÃO	FRIEDMAN	0,001

Fonte: Próprio autor.

Ao analisar os dados da normalidade, percebeu-se que somente os dados dos participantes adultos e dos idosos do sexo masculino que apresentavam normalidade nos seus dados. Desta forma, todos os demais foram analisados conforme Friedman, enquanto se fez necessário avaliar a homogeneidade dos dados dos supracitados.

O resultado do teste de Levene para os dados dos idosos do sexo masculino ($p = 0,001$) e para os adultos do sexo masculino ($p = 0,001$), demonstraram que não há homogeneidade para esses dados. Contudo o resultado para os dados dos adultos do sexo feminino ($p = 0,457$), mostrou que os dados são homogêneos, portanto, a análise aplicada foi a anova.

A tabela também apresenta o resultado do p dos testes realizados, e em todos os casos foi verificado que havia diferença estatística entre pelo menos uma das quatro tampas analisadas, desta forma, procedeu-se com a análise a,b, por pares para que se verificasse qual valor de torque (força) é significativo para cada design.

Para as análises de pares, foram considerados algumas mudanças na nomenclatura, devido a saída das análises dos dados realizados no SPSS®, segundo a quadro 1.

Quadro 1 – Troca de nomenclatura por causa da saída do SPSS.

Tampa 13	Garrafa 13	1
Tampa 15	Garrafa 15	2
Tampa 17	Garrafa 17	3
Tampa 21	Garrafa 21	4

Fonte: Próprio autor.

O primeiro conjunto de dados a serem analisados foram das jovens do sexo feminino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (garrafa 15), entre todos os outros modelos (tampa 13, tampa 17 e tampa 21), conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – jovens fem.

Comparações por Método Pairwise					
Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
Garrafa_15-Garrafa_13	1,417	,373	3,801	<,001	,001
Garrafa_15-Garrafa_17	-1,917	,373	-5,143	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_21	-2,167	,373	-5,814	<,001	,000
Garrafa_13-Garrafa_17	-,500	,373	-1,342	,180	1,000
Garrafa_13-Garrafa_21	-,750	,373	-2,012	,044	,265
Garrafa_17-Garrafa_21	-,250	,373	-,671	,502	1,000

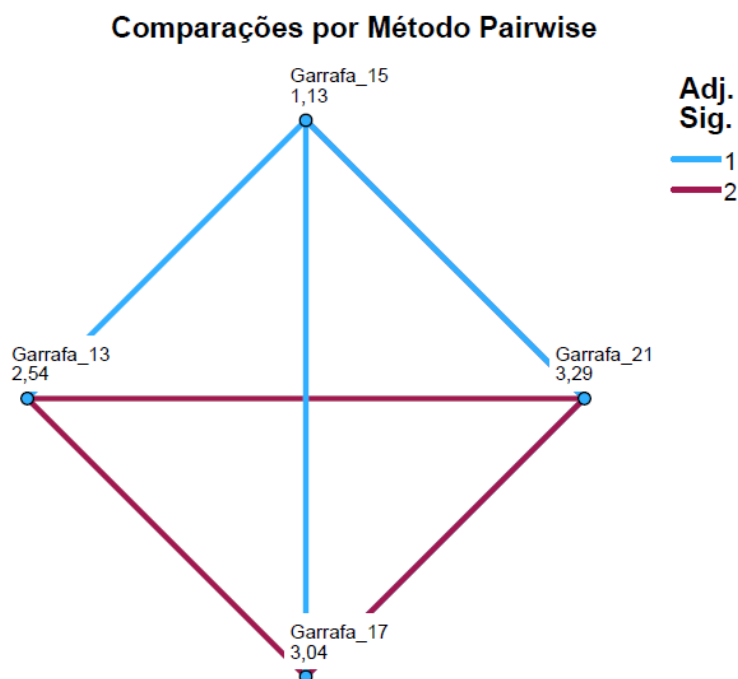
Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 22). Ao observar o gráfico, temos que as linhas azuis (claras) representam diferenças significativas entre os objetos estudados, e as linhas vermelhas (escuras) representam que não houve diferenças significativas.

Figura 22 – Gráfico de comparação por pares jovem feminino.



Fonte: Próprio autor.

O segundo conjunto de dados a serem analisados foram os jovens do sexo masculino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (garrafa 15), entre todos os outros modelos (tampa 13, tampa 17 e tampa 21), conforme a tabela 11.

Tabela 11 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – jovens masc.

Comparações por Método Pairwise

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
Garrafa_15-Garrafa_13	1,625	,373	4,360	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_17	-1,833	,373	-4,919	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_21	-2,042	,373	-5,478	<,001	,000
Garrafa_13-Garrafa_17	-,208	,373	-,559	,576	1,000
Garrafa_13-Garrafa_21	-,417	,373	-1,118	,264	1,000
Garrafa_17-Garrafa_21	-,208	,373	-,559	,576	1,000

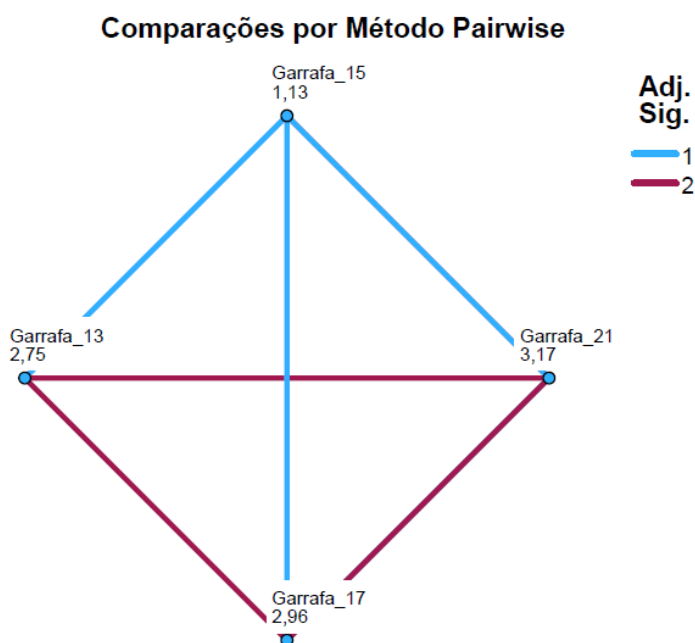
Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 23).

Figura 23 – Gráfico de comparação por pares jovem masculino.



Fonte: Próprio autor.

O terceiro conjunto de dados a serem analisados foram os adultos do sexo feminino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (garrafa 15), entre todos os outros modelos (tampa 13, tampa 17 e tampa 21), e da tampa 13 (garrafa 13) com a 21, conforme a tabela 12.

Tabela 12 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – adultos fem.

Comparações por Método Pairwise					
Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
Garrafa_15-Garrafa_13	1,217	,381	3,198	,001	,008
Garrafa_15-Garrafa_17	-1,652	,381	-4,340	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_21	-2,261	,381	-5,939	<,001	,000
Garrafa_13-Garrafa_17	-,435	,381	-1,142	,253	1,000
Garrafa_13-Garrafa_21	-1,043	,381	-2,741	,006	,037
Garrafa_17-Garrafa_21	-,609	,381	-1,599	,110	,659

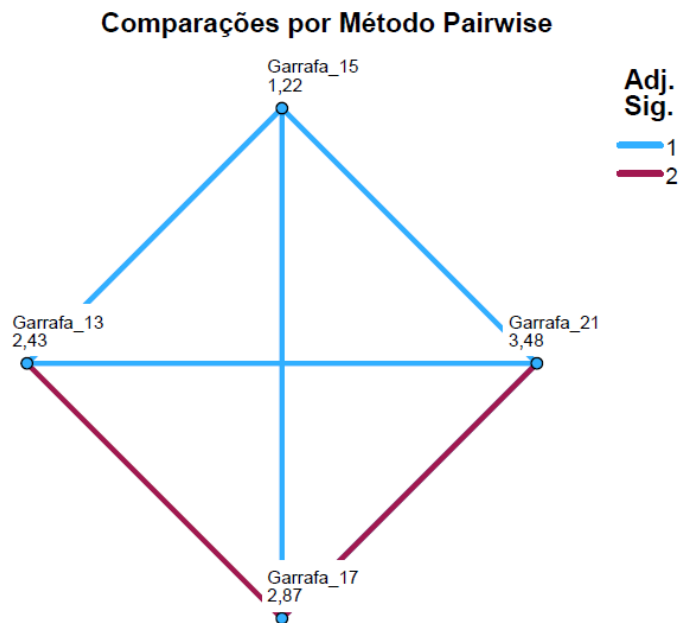
Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 24).

Figura 24 – Gráfico de comparação por pares adulto feminino.



Fonte: Próprio autor.

O quarto conjunto de dados a serem analisados foram os adultos do sexo masculino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (2) entre todos os outros modelos (tampa 13 (1), tampa 17 (3) e tampa 21(4)), e da tampa 13 (1) com a tampa 15 (2) e a tampa 21 (4), conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – adultos masc.

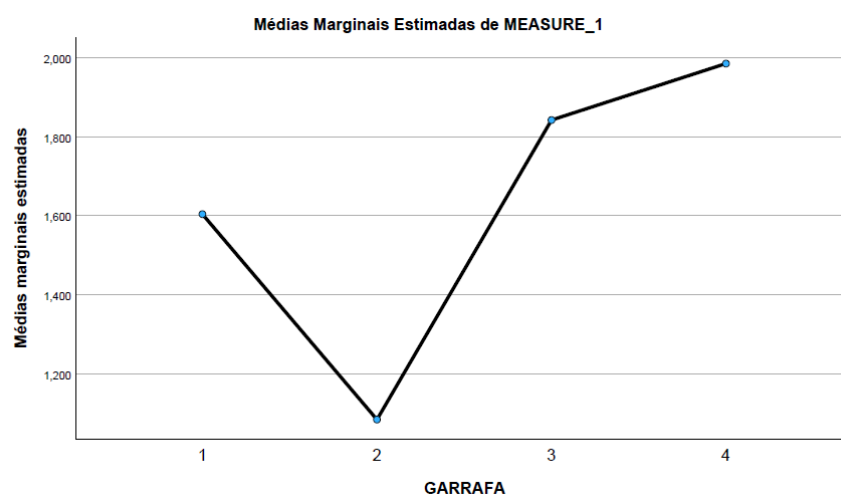
Comparações por Método Pairwise

Medida: MEASURE_1

(I) GARRAFA	(J) GARRAFA	Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para .. Limite inferior
1	2	,520 [*]	,064	<,001	,336
	3	-,238	,088	,075	-,493
	4	-,382 [*]	,101	,006	-,671
2	1	-,520 [*]	,064	<,001	-,705
	3	-,759 [*]	,090	<,001	-1,019
	4	-,902 [*]	,107	<,001	-1,210
3	1	,238	,088	,075	-,016
	2	,759 [*]	,090	<,001	,498
	4	-,143	,091	,568	-,406
4	1	,382 [*]	,101	,006	,092
	2	,902 [*]	,107	<,001	,594
	3	,143	,091	,568	-,119

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 25). No gráfico, observa-se que quanto mais distante os pontos, mais diferentes são os resultados em termos de significância, por exemplo, tem-se uma diferença significativa entre a tampa 15 (2) e a tampa 21 (4).

Figura 25 – Gráfico de comparação por pares adulto masculino.

Fonte: Próprio autor.

O quinto conjunto de dados a serem analisados foram os idosos do sexo feminino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (garrafa 15), entre todos os outros modelos (tampa 13, tampa 17 e tampa 21), e da tampa 13 (garrafa 13) com a 21, conforme a tabela 14.

Tabela 14 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – idosos fem.

Comparações por Método Pairwise					
Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
Garrafa_15-Garrafa_13	1,333	,373	3,578	<,001	,002
Garrafa_15-Garrafa_17	-1,833	,373	-4,919	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_21	-2,167	,373	-5,814	<,001	,000
Garrafa_13-Garrafa_17	-,500	,373	-1,342	,180	1,000
Garrafa_13-Garrafa_21	-,833	,373	-2,236	,025	,152
Garrafa_17-Garrafa_21	-,333	,373	-,894	,371	1,000

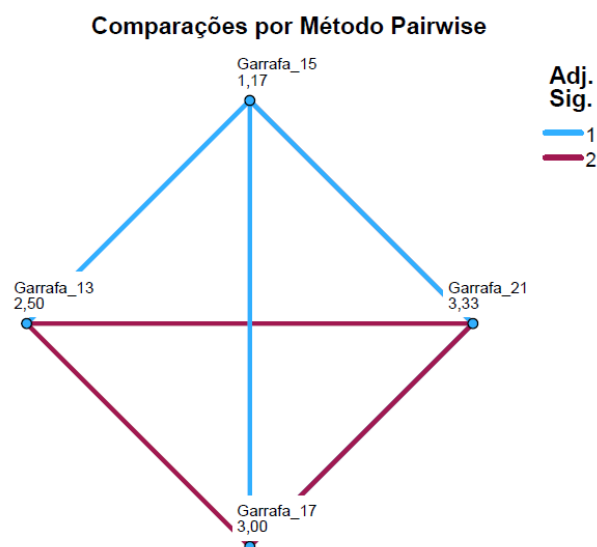
Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 26).

Figura 26 – Gráfico de comparação por pares idoso feminino.



Fonte: Próprio autor.

O sexto conjunto de dados a serem analisados foram os idosos do sexo masculino, no qual se obteve diferenças significativas entre a tampa 15 (garrafa 15), entre todos os outros modelos (tampa 13, tampa 17 e tampa 21), e da tampa 13 (garrafa 13) com a 21, conforme a tabela 15.

Tabela 15 – Comparação por pares da força por cada par das tampas – idosos masc.

Comparações por Método Pairwise					
Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
Garrafa_15-Garrafa_13	1,104	,373	2,963	,003	,018
Garrafa_15-Garrafa_17	-1,875	,373	-5,031	<,001	,000
Garrafa_15-Garrafa_21	-2,354	,373	-6,317	<,001	,000
Garrafa_13-Garrafa_17	-,771	,373	-2,068	,039	,232
Garrafa_13-Garrafa_21	-1,250	,373	-3,354	<,001	,005
Garrafa_17-Garrafa_21	-,479	,373	-1,286	,199	1,000

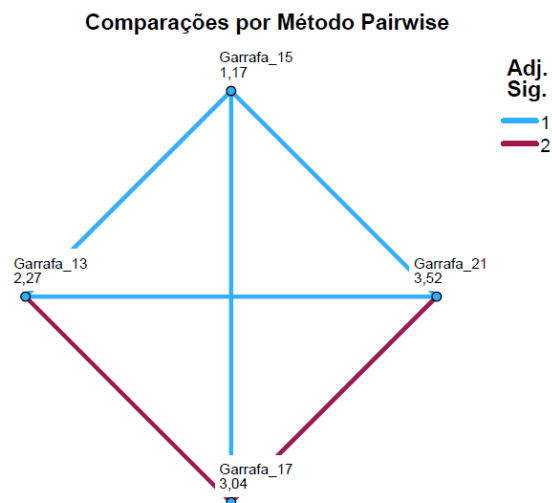
Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: Próprio autor.

O gráfico a seguir resume o resultado da comparação entre os designs e a força de torque realizada (figura 27).

Figura 27 – Gráfico de comparação por pares idoso masculino.



Fonte: Próprio autor.

Ao realizar uma comparação entre todos os designs e as faixas etárias avaliadas, percebeu-se que a tampa número 15, que possui a menor altura e que proporciona uma menor área de contato pluridigital, foi a embalagem que proporcionou um menor valor de torque (força) de preensão manual, por sua vez com uma diferença significativa em comparação com as tampas de número 13, 17 e 21.

Este resultado é corroborado conforme o trabalho de Crawford, Wanibe E Nayak (2002), no qual a análise das peças de teste circulares mostrou que, o torque tinha uma relação com a altura e com o diâmetro das tampas, assim como temos que a área da superfície das peças de teste apresentou alta correlação com o nível de torque exercido.

Em termos das idades, observou-se que a tampa 15 foi a que apresentou o pior desempenho independentemente da faixa etária que foi analisada, dessa forma fica evidente que um mal design pode gerar piores níveis de desconforto e dificuldade de abertura, principalmente pelo fato de as diferenças ficarem mais acentuadas com um público jovem e com idosos, assim como com sujeitos do sexo feminino (Bonfim, 2014).

A tampa 21 e a tampa 17 apresentaram maiores valores médio de torque em todas as faixas etárias investigadas, visto que são as tampas com o maior diâmetro (30 mm). Isto também foi observado no trabalho de Yang, Hu E Xu (2020), no qual os resultados mostraram que quanto maior o diâmetro da tampa, maior o torque de aperto necessário, e que sexo, altura, peso e comprimento da mão influenciaram significativamente o torque da força de preensão manual.

Ao analisar o resultado da tampa 13 com a tampa 15, percebe-se que o pior desempenho ficou com a tampa de maior diâmetro, mas de menor altura, isto pode estar decorrendo da dificuldade apresentada em ter uma maior área de contato devida a altura da tampa. Este fato pode ser explicado conforme indica o estudo de Nagashima e Konz (1986), no qual se investigou o efeito do diâmetro da tampa, do recartilhamento e do material de aderência na força de torque aplicada ao abrir potes. Os resultados indicaram que diâmetros maiores e o uso de extratores de borracha facilitaram um maior torque, ao passo que o recartilhamento não demonstrou diferença significativa. Os autores propuseram que o torque aplicado pode ser previsto combinando a força de preensão, o raio da tampa e o coeficiente de fricção do material de contato.

Um ponto interessante a se ressaltar sobre possíveis problemas que podem ocorrer a usuários que possuem limitações, além da idade, é apresentado no trabalho de Saito e Saito

(2017), no qual eles investigam a força necessária para abrir garrafas plásticas em indivíduos com fratura do rádio distal. O estudo identificou que o período após a lesão, a dor, a força de preensão e a força de pinça da mão afetada, além do valor de torque, são fatores preditivos significativos para a capacidade de abrir uma garrafa plástica. Isto pode ser um fator complicador em embalagens que possuem tampas pequenas, como a de número 13 e 15.

Ao se analisar as tampas 13 e 21, percebeu-se que somente para os sujeitos idosos e os adultos femininos que se obteve uma diferença significativa entre elas, tal fato pode ser resultante da redução da força com o envelhecimento, tal como aponta Voorbij e Steenbekkers (2001), no qual, apesar dos homens geralmente ter valores absolutos maiores de força, a proporção de perda de força ao longo dos anos segue tendência parecida para homens e mulheres.

Esses resultados reforçam a ideia de que o projeto deve ter critério de inclusão de usuários com necessidades, pessoas idosas e as crianças, levando em consideração as diferenças antropométricas em seus projetos, além de questões de formato e texturas, não visando somente os aspectos econômicos de fabricação, que provoquem uma péssima interação com usuário.

Por fim, como diz Silvia (2012), estudos como este evidenciam a importância de considerar fatores antropométricos e biomecânicos no projeto de embalagens, de forma a torná-las mais acessíveis a usuários com diferentes capacidades físicas, visto que uma parte considerável da população enfrenta dificuldades ou necessita fazer grande esforço para realizar a abertura, indicando problemas de usabilidade e acessibilidade no design de tais embalagens.

5 CONCLUSÃO

Ao se realizar pesquisas e estudos envolvendo embalagens, muito se pensa nos aspectos mercadológicos e técnicos de armazenamento, entretanto, temos uma das etapas do uso que passa despercebido, mas é extremamente importante ao usuário, que é a abertura da embalagem, um momento chave de interação com o que se quer consumir.

Pensando assim que se estruturou o presente estudo, como um desdobramento de um projeto de pesquisa intitulado “Avaliação de forças manuais em embalagens com tampas de rosca: aspectos do design ergonômico de produtos de uso cotidiano”, no qual se deu prosseguimento com o objetivo de realizar uma avaliação física de forças manuais (torque) em atividades simuladas, com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias, com a finalidade de verificar se o desenho de tampas de rosca de embalagens de água mineral, influencia na transmissão de força pelo usuário.

Para realizar a verificação da força manual (torque), procedeu-se com a medida desse valor através de um transdutor de torque, acoplado a uma embalagem de água mineral, no qual se pode avaliar como o sexo, a idade e o formato da tampa, influenciavam no valor da força obtida.

A perspectiva do estudo foi de encontrar resultados com similaridade com a literatura de biomecânica e de design e/ou ergonomia (Crawford; Wabine; Nayak, 2002; Tomkinson et al, 2025; Caldwell et al., 1974; Chaffin, 1975; Kroemer et al., 1994; Chaffin et al, 2001; Silva, 2012; Bonfim, 2014), no qual deveríamos encontrar diferenças significativas entre homens e mulheres, entre os jovens adultos e idosos e nos elementos dos designs das tampas avaliadas.

As primeiras análises sobre o valor de força obtida em comparação com o sexo, observou-se que em todos os casos tivemos similaridade com a literatura científica, no qual os homens tiveram maior média em todas as faixas etárias, assim como que a faixa dos Adultos representou um valor de força médio um pouco maior que a dos idosos e do que dos jovens.

Esse resultado ao ser analisado estatisticamente, para verificar se a diferença era significativa, percebeu-se que não houve, neste estudo, diferença significativa para as faixas estudadas, fato que denota que o design deve ser o fator preponderante no caso do estudo de abertura de embalagens com tampas de rosca.

Essa consideração fica mais forte, ao se realizar a última análise, no qual comparamos os dados obtidos por cada tampa, avaliando a influência do design nos resultados obtidos para a força manual.

Nesta etapa, percebeu-se que a tampa de menor altura obteve valor de média menor de força manual (torque), e significativamente diferente de todas as outras tampas avaliadas, sendo um indício de que este fator realmente influencia na abertura das garrafas de água mineral. Outro elemento percebido como que influencia no valor da força é o diâmetro no qual as duas tampas avaliadas com o mesmo diâmetro, e altura superiores a 11 mm, obtiveram resultados semelhantes.

Estes resultados contribuem para a literatura científica da área da ergonomia e do design de embalagens, principalmente por reforçar a necessidade de estudos sobre interfaces do cotidiano que muitas vezes são negligenciados os aspectos de usabilidade e ergonomia.

Abrir uma garrafa de água parece ser uma tão banal, que determinados fatores são priorizados, tal como as diferenças antropométricas e a condição biomecânica pessoal, principalmente devido a fatores como a idade, pessoas jovens ou idosas, e limitações físicas (pessoas deficientes ou lesionadas) que acabam se tornando dependentes de outra para executar tal ação.

Tais considerações são essenciais para o projeto de embalagens, visto que podem estar associados a soluções de variação do tipo e do formato da superfície tampa, questões de acabamento para promover um maior atrito, ou até mesmo a percepção da força a ser aplicada na abertura implicando na escolha ou não dele na gôndola, que podem levar ao encarecimento ou barateamento do produto, assim como o equilíbrio entre receita e despesas com a fabricação e venda.

Do ponto de vista do designer e do usuário, temos que o presente estudo tem implicações para o projeto da embalagem e até de ferramentas para auxiliar a abertura, recomendações para o dimensionamento, textura e forma de abertura, e uma maneira de reduzir o esforço, facilitar a interação e usabilidade, aumentando a segurança e eficiência.

Diante disso, destaca-se não tivemos como avaliar a relação dos dados antropométricos dos participantes, versus a relação deles com o torque, assim como questões de lateralidade, ficando como sugestão para trabalhos futuros essas avaliações, assim como determinar através um valor adequado, ou cálculo das dimensões adequadas para uma tampa de embalagem de água mineral e a relação do número de filetes da tampa com o valor do torque obtido.

REFERÊNCIAS

ABIPET. **Resina PET – o que é PET?** Disponível em: <https://abipet.org.br/o-que-e-pet/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9198: **Embalagem e acondicionamento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABRE — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA EMBALAGEM. **Estudo abre macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo**. Mar. 2025. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2024-2/#:~:text=VALOR%20BRUTO%20DA%20PRODU%C3%87%C3%83%C2%83%C3%AA%20F%C3%8DSICA,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20ano%20de%202023..> Acesso em: 12 nov. 2025.

ADAMS, S. K.; PETERSON, P. J. Maximal voluntary handgrip torque for circular electrical connectors. **Human Factors**, v. 30, n. 6, p. 733–745, 1988.

AMARAL, C. A.; PORTELA, M. C.; MUNIZ, P. T.; FARIAS, E. S.; ARAÚJO, T. S.; SOUZA, O. F. Association of handgrip strength with self-reported diseases in adults in Rio Branco, Acre State, Brazil: a population-based study. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 6, p. 1313–1325, jun. 2015. PMID: 26200378.

ARMSTRONG, C. A.; OLDFHAM, J. A. A comparison of dominant and non-dominant hand strengths. **Journal of Hand Surgery (British and European Volume)**, v. 4, n. 24B, p. 421–425, 1999.

BASTOS, H. B. **Avaliação de sistema de fechamento para embalagens de polietileno e PET na retenção de CO₂**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BEIGUELMAN, Bernardo. **Curso prático de bioestatística**. 5. ed. rev. Ribeirão Preto: Funpec, 2002. 231 p.

BERNS, T. The handling of consumer packaging. **Applied Ergonomics**, v. 12, n. 3, p. 153–161, 1981.

BIOETHICS THESAURUS. Kennedy Institute of Ethics, 1999.

BONFIM, G. H. C. **Avaliação de força de preensão manual e teste de usabilidade em embalagens com tampas de segurança: parâmetros para o design ergonômico**. 2014. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2014.

BORDALO, A. A. Estudo transversal e/ou longitudinal. **Revista Paraense de Medicina**, v. 20, n. 4, 2006.

BUDZIARECK, M. B.; DUARTE, R. R. P.; BARBOSA-SILVA, M. C. G. Valores de referência e determinantes da força de preensão manual em indivíduos saudáveis. **Clinical Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 357–362, jun. 2008. PMID: 18455840.

BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K.; BUMAN, M. P.; CARDON, G.; CARTY, C.; CHAPUT, J. P.; CHASTIN, S.; CHOU, R.; DEMPSEY, P. C.; DIPIETRO, L.; EKELUND, U.; FIRTH, J.; FRIEDENREICH, C. M.; GARCIA, L.; GICHU, M.; JAGO, R.; KATZMARZYK, P. T.; ... WILLUMSEN, J. F. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

CAMPOS, L. F. de A. **Avaliação de forças manuais em atividades manuais simuladas com indivíduos adultos brasileiros de diferentes gêneros e faixas etárias: aspectos do design ergonômico**. 2010. Dissertação (Mestrado) — UNESP, Bauru, 2010.

CAMPOS, L. F. de A. **Tópicos de Estatística Aplicada à Ergonomia**. Notas de Aula. UFMA: São Luís, 2013.

CALDWELL, L. S.; et al. A proposed procedure for static muscle strength testing. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 35, p. 201–206, 1974.

CAPORRINO, F. A.; FALOPPA, F.; SANTOS, J. B. G.; RÉSSIO, C.; SOARES, F. H. do C.; NAKACHIMA, L. R.; et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 33, n. 2, p. 150–154, fev. 1998.

CARVALHO, Maria Aparecida. **Engenharia de embalagens: uma abordagem técnica do desenvolvimento de projetos de embalagens**. São Paulo: Novatec, 2008. 284 p.

CHAFFIN, D. B. Ergonomics guide for the assessment of human strength. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 36, p. 505–510, 1975.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. **Biomecânica Ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001.

CHENGALUR, S. N.; RODGERS, S.; BERNARD, T. E. **Kodak's: ergonomics design for people at work**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

CNS — CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Resolução nº 196**, de 10 out. 1996. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/docs/Resolucoes/Reso196.doc>. Acesso em: 08 abr. 2010.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (CNS). **Resolução nº 466/12**, 2012. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

COCHRAN, D. J.; RILEY, M. W. The effects of handle shape and size on exerted forces. **Human Factors**, v. 28, n. 3, p. 253–265, 1986.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CRAWFORD, J. O.; WABINE, E.; NAYAK, L. The interaction between lid diameter, height and shape on wrist torque exertion in younger and older adults. **Ergonomics**, v. 45, n. 13, p. 922–933, nov. 2002.

CROSBY, C. A.; WEHBÉ, M. A.; MAWR, B. Hand strength: normative values. **The Journal of Hand Surgery**, v. 4, n. 19A, p. 665–670, 1994.

DAAMS, B. J. Static force exertion in postures with different degrees of freedom. **Ergonomics**, v. 36, n. 4, p. 397–406, 1993.

DAHROUJ, L. S. **Avaliação de força de torção manual infantil: o design ergonômico aplicado ao desenvolvimento de tampas seguras para embalagens de domissanitários**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Artes e Comunicação) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, 2009.

DEINAVAYAGAM, S.; WEAVER, T. Effects of handle length and bolt orientation on torque strength applied during simulated maintenance tasks. In: AGHAZADEH, F. (Ed.). **Trends in Ergonomics / Human Factors**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 827–833.

DIAS, J. A.; et al. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 3, n. 12, p. 209–216, 2010.

DODDS, R. M.; SYDDALL, H. E.; COOPER, R.; KUH, D.; COOPER, C.; SAYER, A. A. Global variation in grip strength: a systematic review and meta-analysis of normative data. **Age and Ageing**, v. 45, n. 2, p. 209–216, mar. 2016. PMID: 26790455.

EDGREN, C. S.; RADWIN, R. G.; IRWIN, C. B. Grip force vectors for varying handle diameters and hand sizes. **Human Factors**, v. 46, n. 2, p. 244–251, 2004.

FERNANDES, Luciane Fernanda Rodrigues Martinho et al. Correlações entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 18, n. 2, p.151-156, 2011.

FERREIRA, Andréa Campos de Carvalho et al. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos saudáveis entre 6 e 19 anos. **Acta Ortopédica Brasileira**, São Paulo, v. 19, n. 2, p.9297, mar. 2011.

FRANSSON, C.; WINKEL, J. Hand strength: the influence of grip span and grip type. **Ergonomics**, v. 34, n. 7, p. 881–892, 1991.

GERALDES, Amandio A. R. et al. A Força de Preensão Manual é Boa Preditora do Desempenho Funcional de Idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.12-16, fev. 2008.

HANTEN, W. P.; et al. Maximum grip strength in normal subjects from 20 to 64 years of age. **Journal of Hand Therapy**, n. 12, p. 193–200, 1999.

HÄRKÖNEN, R.; PIIRTOMAA, M.; ALARANTA, H. Grip strength and hand position of the dynamometer in 204 Finnish adults. **Journal of Hand Surgery** (British and European Volume), v. 18B, n. 1, p. 129–132, 1993.

HENDRIK, H. W. Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life. In: **Anais do VI Congresso Brasileiro e II Congresso Latino-americano de Ergonomia**. Florianópolis, ABERGO, p. 39–58, 1993.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2016.

IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K. Flexion-extension hand torque strengths: applications in maintenance tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 23, n. 4, p. 359–371, 1999.

IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K.; TOWNES, M. The effect of forearm orientation on wrist-turning strength. In: KUMAR, S. (Ed.). **Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV**. London: Taylor & Francis, 1992. p. 687–691.

IMRHAN, S. N.; LOO, C. H. Modelling wrist-twisting strength of the elderly. **Ergonomics**, v. 31, n. 12, p. 1807–1819, 1989.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE (ILSI). **Packaging Materials 3: Polypropylene as a Packaging for Food and Beverages**. Brussels: ILSI Europe, 2002. 36 p.

JORDAN, P. W. **An Introduction to Usability**. London: Taylor & Francis, 1998.

JORGE, Neuza. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. 194 p.

KAPANDJI, A.i.. **Fisiologia articular: Esquemas comentados de mecânica humana**. 5. ed. São Paulo: Panamericana, 2000. 550 p.

KONG, Y.; LOWE, B. D. Evaluation of handle diameters and orientations in a torque task. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 1073–1084, 2005a.

KONG, Y. K.; LOWE, B. D. Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 495–507, 2005b.

KROEMER, K. H.; KROEMER, H.; KROEMER-ELBERT, K. Ergonomics: how to design for exertions. **Human Factors**, v. 12, n. 3, p. 297–313, 1994.

KROEMER, K.H.E.; E.GRANDJEAN. **Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 327 p. 327 f. Tradução de Lia Buarque de Macedo Guimarães.

- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- MARIANO, M. J.; FROEMMING, L. M. S. Considerações sobre a história da embalagem de alimentos: a evolução de uma poderosa ferramenta de marketing. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (6.: 2004: São Paulo). **Anais...** São Paulo: P&D Design, 2004.
- MATHIOWETZ, V.; KASHMAN, N.; VOLLAND, G.; WEBER, K.; DOWE, M.; ROGERS, S. Grip and pinch strength: normative data for adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, p. 69–74, 1985.
- MATHIOWETZ, V.; WIEMER, D. M.; FEDERMAN, S. M. Grip and pinch strength: norms for 6 to 19-year-olds. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 40, n. 10, p. 705–711, 1986.
- MESTRINER, F. **Design de embalagem: curso básico**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2002.
- MITAL, A. Effect of body posture and common hand tools on peak torque exertion bottlecapabilities. **Applied Ergonomics**, v. 17, n. 2, p. 87–96, 1986.
- MITAL, A.; CHANNAVEERAIHAH, C. Peak volitional torques for wrenches and screw drivers. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 3, p. 41–46, 1988.
- MONTOYE, H. J.; LAMPHIYER, D. E. Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. **Research Quarterly**, v. 48, n. 1, p. 107–120, 1977.
- MORETTIN, Luiz Pedro; BUSSAB, Wilton de Oliveira. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- NAGASHIMA, K.; KONZ, S. Jar lids: effect of diameter, gripping material and knurling. **Proceedings of the Human Factors Society — 30th Annual Meeting**, p. 672–674, 1986.
- NEGRÃO, C.; CAMARGO, E. **Design de embalagem: do marketing à produção**. São Paulo: Novatec Editora, 2008.
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press, 1993.
- NICOLAY, C. W.; WALKER, A. L. Grip strength and endurance: influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 605–618, 2005.
- OLIVEIRA, M. G.; GOMES, A. S. **Polímeros**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2013.
- PAULSEN, F.; WASCHKE, J. **Sobotta: Atlas Prático de Anatomia Humana**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultrassonografia: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto**. 2003. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2003.

PASCHOARELLI, L. C. **Design Ergonômico: Avaliação e Análise de Instrumentos Manuais na Interface Usuário X Tecnologia**. 2009. Tese (Livre-Docência) — UNESP, Bauru, 2009.

PASCHOARELLI, L. C.; LUCIO, C. C.; RAZZA, B. M.; SILVA, J. C. P.; SILVA, D. C. Questões éticas na pesquisa em design: uma abordagem sobre os relatos da produção. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 16, 2008.

PEEBLES, L.; NORRIS, B. Filling 'gaps' in strength data for design. **Applied Ergonomics**, v. 34, p. 73 - 88, 2003.

PEREIRA, D. C. dos S. **Avaliação de forças manuais em embalagens com tampas de rosca: um estudo com garrafas de água mineral**. 2017. 113 f. Monografia (Bacharelado em Design) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

PETERSEN, P.; PETRICK, M.; CONNOR, H.; CONKLIN, D. Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 43, n. 7, p. 444–447, 1989.

PHEASANT, S. T.; O'NEILL, D. Performance in gripping and turning – a study of hand/handle effectiveness. **Applied Ergonomics**, v. 6, p. 205–208, 1975.

RAZZA, Bruno Montanari. **Avaliação de forças manuais em atividades funcionais cotidianas: uma abordagem ergonômica**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2007.

ROBERTS, H. C. et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. **Age and Ageing**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 423–429, 2011. DOI: doi.org. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21624928/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

ROHLES, F. H.; MOLDRUP, K. L.; LAVIANA, J. E. Opening jars: an anthropometric study of wrist-twisting forces of children and the elderly. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 27, n. 1, p. 112–116, 1983.

SAITO, K.; SAITO, Y. Strength required for opening plastic bottles in individuals with distal radius fracture. **Biology and Medicine (Aligarh)**, v. 9, p. 413, 2017.

SANDE, L. A. P.; COURRY, H. J. C. G. Aspectos biomecânicos e ergonômicos associados ao movimento de preensão: uma revisão. **Revista Fisioterapia Universidade de São Paulo**, v. 5, n. 2, p. 71–82, jul./dez. 1998.

SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. **Human factors in engineering and design**. New York: McGraw-Hill, 1993.

SARANTÓPOULOS, Claire Isabel G. L. et al. **Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL/CETEA, 2002. 380 p.

SCHLÜSSEL, M. M.; ANJOS, L. A.; VASCONCELLOS, M. T. L.; KAC, G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. **Clinical Nutrition**, v. 27, n. 4, p. 601–607, ago. 2008. PMID: 18547686.

SHAUGHNESSY, J. J.; ZECHMEISTER, E. B.; ZECHMEISTER, J. S. **Metodologia de pesquisa em psicologia**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2012.

SILVA, D. C. **A influência do design na aplicação de forças manuais para abertura de embalagens plásticas de refrigerantes**. 2012. Dissertação (Mestrado) — UNESP, Bauru, 2012.

SMITH, S. A.; SHERMAN, M. S.; KOPPA, R. J. Hand torque capabilities for generic connecting devices. In: **PROCEEDINGS OF THE IEA 2000/HFES 2000 CONGRESS**, 14., 2000, San Diego. Proceedings [...]. San Diego: Human Factors and Ergonomics Society, 2000. p. 703-706.

SOYSAL, P. et al. Handgrip strength and health outcomes: Umbrella review of systematic reviews with meta-analyses of observational studies. **Journal of Sport and Health Science**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 290–295, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.009>. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 29 out. 2025.

TOMKINSON, G. R.; LANG, J. J.; RUBÍN, L.; MCGRATH, R.; GOWER, B.; BOYLE, T.; KLUG, M. G.; MAYHEW, A. J.; BLAKE, H. T.; ORTEGA, F. B.; CADENAS-SANCHEZ, C.; MAGNUSSEN, C. G.; FRASER, B. J.; KIDOKORO, T.; LIU, Y.; CHRISTENSEN, K.; LEONG, D. P.; AADAHL, M.; ABDIN, E.; ... YU, R. International norms for adult handgrip strength: a systematic review of data on 2.4 million adults aged 20 to 100+ years from 69 countries and regions. **Journal of Sport and Health Science**, v. 14, 2025. Elsevier B.V. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.101014>>. Acesso em: 21 dez 2025.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

TULLIS, Tom; ALBERT, Bill. **Measuring the User Experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. Boston: Morgan Kaufmann, 2008.

VIRTUOSO, J. F.; BALBÉ, G. P.; HERMES, J. M.; AMORIM JÚNIOR, E. E. de; FORTUNATO, A. R.; MAZO, G. Z. Força de preensão manual e aptidões físicas: um estudo preditivo com idosos ativos. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 17, n. 4, p. 775–784, 2014. <https://doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13183>

VOORBIJ, A. I. M.; STEENBEKKERS, L. P. A. The composition of a graph on the decline of total strength with age based on pushing, pulling, twisting and gripping force. **Applied Ergonomics**, v. 32, p. 287–292, 2001.

YANG, A. P.; HU, H. M.; XU, Y. N. Experimental study on tightening torque of bottle bottlecap. In: REBELO, F.; SOARES, M. (eds.). **Advances in Ergonomics in Design**. Cham: Springer, 2020. p. 222–228. (Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 1203). Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51038-1_27. Acesso em: 19 jan. 2026.

YOUNG, V. L.; PIN, P.; KRAEMER, B. A.; GOULD, R. B.; NEMERGUT, L.; PELLOWSKI, M. Fluctuation in grip and pinch strength among normal subjects. **Journal of Hand Surgery**, v. 14A, n. 1, p. 125–129, 1989.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Avaliação de forças manuais em embalagens com tampas de rosca: aspectos do design ergonômico de produtos de uso cotidiano”

Responsável pela Pesquisa: Orientadora Prof^a Dra. Livia Flávia de Albuquerque Campos.

Justificativa

A pesquisa “AVALIAÇÃO DE FORÇAS MANUAIS EM EMBALAGENS COM TAMPAS DE ROSCA: ASPECTOS DO DESIGN ERGONÔMICO DE PRODUTOS DE USO COTIDIANO” tem como objetivo avaliar tampas de rosca presentes em embalagens do cotidiano. A razão de estudar este assunto é que trabalhos apontam que os usuários necessitam realizar grandes esforços físicos para utilizar tais produtos e o projeto adequado é responsável por facilitar o uso. Na etapa atual da pesquisa objetiva-se avaliar o uso de embalagens de água mineral através da mensuração de força de torque aplicada durante a atividade de abertura, bem como o conforto, desconforto durante a simulação de uso das embalagens.

Procedimento

Sua participação será responder 1(um) questionário sobre a facilidade de uso de garrafas pet e preencher 2 (dois) protocolos sobre sua percepção de conforto e desconforto ao usar embalagens de água mineral e também fazer uma simulação no uso de embalagens de água mineral.

Riscos

Os riscos serão mínimos e haverá esclarecimentos prévios sobre a pesquisa, pela aplicação de pré-testes e por reuniões explicativas anteriores ao preenchimento dos questionários, considerando o grau de formação dos indivíduos a serem pesquisados. Além disso, a garantia do anonimato será assegurada.

Confidencialidade do Estudo

Os resultados desta pesquisa serão utilizados somente para fins científicos. O registro de sua participação será mantido confidencialmente. Nas publicações e/ou relatórios resultantes deste trabalho a identificação dos participantes não será revelada.

Participação Voluntária

A sua participação é voluntária. A recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação a forma em que é atendido pelo pesquisador.

Esclarecimentos

Você será esclarecido sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. Em caso de dúvidas pode entrar em contato com a Prof^a Livia F. de Albuquerque Campos, (DeDET-UFMA), no NEPP –Núcleo de ergonomia em Processos e Produtos, na Av. dos Portugueses, S/N, Bloco 8, Sala 104 –São Tel: 3272-8289. Ou se houver questões éticas poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa, na Avenida dos Portugueses, s/n, Campus Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho, Bloco C Sala 07. E-mail: cepufma@ufma.br. Tel: 3272-8708. Declaro que concordo em participar desse estudo e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas. São Luís, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do voluntário

Pesquisador responsável

APÊNDICE B –Protocolo de Mensuração de Força Manual.**PROTOCOLO DE MENSURAÇÃO DE FORÇA****Sujeito N°:** _____

- TAMPA 01

Força máxima atingida: _____

- TAMPA 07

Força máxima atingida: _____

- TAMPA 13

Força máxima atingida: _____

- TAMPA 15

Força máxima atingida: _____

- TAMPA 17

Força máxima atingida: _____

- TAMPA 21

Força máxima atingida: _____

APÊNCICE C - Protocolo de Recrutamento e Identificação.**PROTOCOLO DE RECRUTAMENTO E IDENTIFICAÇÃO**

NOME: _____ CODIGO _____ IDADE: _____

GÊNERO: Feminino Masculino

E-MAIL: _____ TELEFONE: _____