

Dinamômetros hidráulico e digital: influência da ergonomia na fadiga e força de preensão

*Hydraulic and digital dynameters: influence of ergonomic
on fatigue and grip strength*

*Dinamometros hidraulicos y digitales: influencia de la
ergonomia en la fatiga y fuerza de agarre*

Narriman Issa¹, Silvana Maria Blascovi-Assis²,
Marilia Rezende Callegari³, Raquel Cymrot⁴

1.Engenheira de Produção, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, Brasil. Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-5912-5719>

2.Fisioterapeuta, Doutora, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, Brasil. Orcid:
<https://orcid.org/0000-0002-5437-891X>

3.Fisioterapeuta, Doutora, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, Brasil. Orcid:
<https://orcid.org/0000-0003-3242-0838>

4.Estatística, Mestre, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, Brasil. Orcid:
<https://orcid.org/0000-0001-9874-4507>

Resumo

Introdução. O estudo da Ergonomia, no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos, tem tido cada vez mais destaque, trazendo como premissa a busca por conforto, eficiência e segurança para os usuários. **Objetivo.** Avaliar a influência das diferenças ergonômicas e de pegadas entre dinamômetros, hidráulico e digital, na força de preensão palmar. **Método.** Foi avaliada a força de preensão de 35 indivíduos, em seis séries de medições distintas, cada série com 31 repetições de preensão, realizadas em dias diferentes, intercalando-se os modelos de aparelhos utilizados em cada série, de duas a quatro semanas. Também foram coletadas opiniões dos voluntários quanto à realização dos testes, prós e contras de cada um dos aparelhos. As informações foram comparadas em relação aos resultados por faixa etária e sexo. Foram realizadas análises estatísticas para testar as diferenças entre as medidas realizadas no mesmo indivíduo pelos dois tipos de dinamômetro e para comparação do estado de fadiga alcançado nos dois cenários. **Resultados.** Foram encontradas diferenças nos valores de força de preensão entre os dois tipos de aparelho, sendo estes maiores com o dinamômetro hidráulico para 65,7% da amostra. **Conclusão.** Existe influência da diferença de ergonomia entre dinamômetros de diferentes pegadas na força de preensão e que o dinamômetro digital pode proporcionar maior conforto para os usuários realizarem os testes sem correr o risco de derrapagem, uma vez que possuía uma empunhadura emborrachada. O estado de fadiga foi atingido de forma semelhante nos dois aparelhos.

Unitermos. Dinamômetro de Força Muscular; Ergonomia; Empunhadura

Abstract

Introduction. The study of Ergonomics, about product development, has been increasingly highlighted, bringing as a premise the search for comfort, efficiency and safety for users. **Objective.** To evaluate the influence of ergonomic and grip differences between dynamometers, hydraulic and digital, on hand grip strength. **Method.** The performance of 35 individuals was evaluated, with the information on grip strength collected in six distinct measurement series, each series with 31 repetitions of grip, being performed on different days, interspersing the models of appliances used in each one series. The period in which all series of each volunteer were collected ranged from two to four weeks. Volunteer opinions were also collected regarding the tests, pros, and cons of each device. The information was compared in relation to the results by age and gender. Statistical analyzes were performed to test the differences between the measurements made on the same individual by the two dynamometer

types and to compare the fatigue state achieved in both situations. **Results.** There is a difference in the values of grip strength between the two types of apparatus, which are higher with the hydraulic dynamometer for 65.7% of the sample. **Conclusion.** There is influence of the ergonomic difference between dynamometers of different handles in the grip strength and that the digital dynamometer can provide greater comfort for users to perform the tests without the risk of slippage as it had a rubberized grip. The state of fatigue was similarly achieved in both devices.

Keywords. Muscle Strength Dynamometer; Ergonomics; Hand Strength

Resumen

Introducción. El estudio de la Ergonomía, en lo que se refiere al desarrollo de productos, ha sido cada vez más destacado, trayendo como premisa la búsqueda de comodidad, eficiencia y seguridad para los usuarios. **Objetivo.** Evaluar la influencia de las diferencias ergonómicas y de agarre entre los dinamómetros hidráulicos y digitales en la fuerza de agarre de la mano.

Método. Se evaluó la fuerza de prensión de 35 individuos en seis series de diferentes mediciones, cada serie con 31 repeticiones de prensión, realizadas en diferentes días, intercalando los modelos de aparatos utilizados en cada serie, de dos a cuatro semanas. También se recogieron opiniones de los voluntarios respecto al desempeño de las pruebas, pros y contras de cada uno de los dispositivos. La información se comparó a los resultados por grupo de edad y sexo. Se realizaron análisis estadísticos para probar las diferencias entre las mediciones realizadas en el mismo individuo por los dos tipos de dinamómetro y para comparar el estado de fatiga alcanzado en los dos escenarios. **Resultados.** Existe diferencia en los valores de fuerza de agarre entre los dos tipos de dispositivo, siendo superiores con el dinamómetro hidráulico para el 65,7% de la muestra. **Conclusión.** Existe una influencia de la diferencia de ergonomía entre dinamómetros de diferentes empuñaduras en la fuerza de agarre y que el dinamómetro digital puede brindar mayor comodidad a los usuarios para realizar las pruebas sin correr el riesgo de resbalar, ya que contaba con un engomado agarre. El estado de fatiga se alcanzó de manera similar en ambos dispositivos.

Palabras clave. Dinamómetro de Fuerza Muscular; Ergonomía; empuñadura

Trabalho realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo-SP, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 31/10/2022

Aceito em: 21/12/2022

Endereço para correspondência: Marília Rezende Callegari. Rua Martinico Prado 242 ap 81. São Paulo-SP, Brasil. Tel: (11) 982598337. Email: marilia.callegari@mackenzie.br

INTRODUÇÃO

A avaliação da força de preensão manual é realizada nas mais diversas circunstâncias, com o intuito de mensuração da força dos músculos da mão e do antebraço. Na prática clínica pode ser parâmetro para controle de programas de intervenção com pacientes neurológicos, ortopédicos, idosos ou atletas, além de ser considerada um excelente indicador de força global e funcionalidade^{1,2}. A força de preensão e antropometria da mão são variáveis utilizadas para projetar diferentes equipamentos com

funções variadas, havendo constante preocupação na confecção dessas ferramentas, buscando-se maior eficiência e menor sobrecarga dos músculos da mão³.

Nesse contexto, a força de preensão tem sido tema de diversos estudos que realizam a medição da força isométrica máxima com uso de um dinamômetro, em inúmeros padrões de empunhadura ou pegada. Os dinamômetros são equipamentos que permitem a mensuração da força aplicada em um sistema baseado em células de carga e podem ser do tipo isométrico e isocinético. As medidas de força de preensão têm sido registradas em pesquisas com uso dos dinamômetros isométricos, de característica analógica ou digital e têm se mostrado de interesse para pesquisadores, médicos, terapeutas e engenheiros^{2,4}.

Diante da importância do uso de força manual nas mais diversas atividades presentes no dia a dia, observa-se que boa parte das causas de acidentes com equipamentos e lesões por esforços repetitivos estão relacionadas com a falta de ergonomia e de parâmetros no desenvolvimento de produtos que levem em conta a força de preensão manual⁵.

Por ser a ergonomia responsável por oferecer soluções e propostas para alcance de melhorias no trabalho, cabe a ela possuir um amplo campo de atuação, que estude e aborde os mais diferentes aspectos e segmentos que fazem parte do dia a dia do ser humano, uma vez que este é seu elemento central de estudo⁶.

O desenvolvimento de novas tecnologias preza, muitas vezes, pela redução de custos de fabricação ou de economia

de material, em detrimento da melhoria da qualidade dos produtos⁷, podendo priorizar a diminuição de custo prejudicando os aspectos ergonômicos.

Embora existam parâmetros de forças manuais para que o *design* propicie um uso mais satisfatório e seguro, tais parâmetros foram desenvolvidos com o uso de posições padronizadas que nem sempre correspondem às utilizadas na realização de tarefas cotidianas, não refletindo a real interação do indivíduo com o produto utilizado⁸.

Diversos produtos de uso cotidiano se utilizam da preensão palmar em atividades funcionais, tais como escova de cabelo, escova de dente, barbeador, alça de mala, andador, bengala, entre outros. Portanto, estudos sobre diâmetro da pega, acabamento superficial e desenho do produto devem ser foco de pesquisadores a exemplo das pesquisas sobre força de preensão⁹.

Os critérios ergonômicos estabelecidos para os produtos compreendem a segurança em curto e longo prazo, com propósito de garantir a prevenção de riscos de acidentes; a eficácia relacionada à função do produto e seus objetivos para o usuário; a utilidade, no sentido de atender as necessidades funcionais que os usuários buscam no produto, entre outros. Deve-se ainda considerar a relevância do primeiro contato na boa impressão do usuário e o conforto, garantindo que a concepção do produto não cause efeitos danosos à saúde a curto e longo prazo¹⁰.

Todavia, a posição mais confortável nem sempre corresponde à posição que apresenta maior força, sugerindo-

se, a partir dessa constatação, que mais estudos são necessários para investigar as variáveis que influenciam a força de preensão manual e outros padrões ligados à posição corporal. Além do conforto, a facilidade de manuseio depende ainda de outros fatores, como sexo, postura, lateralidade funcional, forma do objeto^{5,11}.

Estudos realizados, principalmente, no que se refere à aplicação de forças manuais em interfaces de acionamento manual, nas mais diversas faixas etárias, afirmam que é factível projetar dispositivos de acordo com as capacidades físicas de cada um, de modo a também prevenir lesões musculoesqueléticas⁹.

O dinamômetro é um aparelho utilizado na mensuração da força de preensão manual como instrumento indicador de talento esportivo (sobretudo em modalidades que fazem uso das mãos), além de auxiliar na montagem de treinamentos específicos e na detecção de algum tipo de enfermidade ou limitação¹². Além disso, este equipamento é bastante utilizado na área de terapias, uma vez que a avaliação objetiva da força de preensão pode ajudar o profissional na elaboração do planejamento de tratamento, permitindo o registro de mudanças resultantes de procedimentos terapêuticos¹³.

Diversas marcas e modelos de dinamômetros que avaliam a força de preensão manual apareceram no mercado nacional nos últimos anos. Todavia, poucos estudos são focados na validade e a confiabilidade destes instrumentos. Observa-se a necessidade eminente em investigar se tais

instrumentos, tão frequentemente utilizados na prática clínica, podem ser considerados válidos e confiáveis do ponto de vista da ciência¹⁴.

O dinamômetro hidráulico possui duas alças paralelas, sendo uma delas móvel para propiciar melhor adequação para realização do teste de acordo com o tamanho da mão do usuário, podendo ser ajustado em cinco posições diferentes. Em decorrência do esforço exercido sobre as alças, a força é registrada em quilogramas ou libras por meio de um sistema hidráulico fechado¹³.

O dinamômetro digital funciona de modo semelhante ao hidráulico, possuindo, entretanto, outro *design* e uma empunhadura mais emborrachada. Poucos estudos abordam a comparação de exatidão e a precisão das medidas entre diferentes tipos de dinamômetros, as quais podem não ser concordantes, merecendo atenção para futuros estudos. Além disso são referidas influências dos formatos das empunhaduras na medição da força muscular de preensão¹⁵.

Por estar presente em grande parte dos processos que envolvem o desenvolvimento de produtos, a pega ou empunhadura destes é relevante uma vez que sua forma e material permitem melhorias no uso e desempenho de equipamentos de acordo com as necessidades do usuário, proporcionando maior conforto, segurança e eficiência¹⁶.

Considerando a literatura sobre o tema, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência das diferenças de ergonômicas entre dinamômetros de diferentes pegas na

força de preensão e verificar a similaridade dos parâmetros de registro em kgf para os dinamômetros hidráulico e digital.

MÉTODO

Amostra

O estudo contou com a participação de 35 pessoas, de ambos os sexos, sendo 28 adultos, com idades entre 20 e 57 anos e sete idosos com idade entre 60 e 71 anos, por amostra de conveniência. A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa – Humanos da Universidade Presbiteriana Mackenzie por meio da Plataforma Brasil, sendo aprovada com parecer nº 2.301.356.

Os critérios de exclusão da amostra englobaram: possuir dores crônicas nos membros superiores e coluna ou ter prática de atividades físicas com ênfase nos membros superiores. Para tanto, os candidatos responderam a um questionário que abordava as seguintes variáveis: idade, sexo, se sente dores crônicas nos membros superiores e coluna e se pratica atividade física com ênfase nos membros superiores. Com base nessas respostas, uma vez não estando dentro do critério de exclusão, o possível voluntário poderia fazer parte da amostra.

Procedimento

Os instrumentos utilizados foram dois dinamômetros: a) um do tipo hidráulico (Jamar®), cuja leitura não fornece casas decimais e; b) um do tipo digital (TKK-5401), cuja leitura fornece uma casa decimal. Ambos os dinamômetros

foram cedidos pelo Curso de Fisioterapia da Universidade e passam por calibragem regularmente.

A coleta dos dados foi realizada em seis ocasiões distintas, com cada participante, em locais com boa iluminação, com cadeira e mesa disponíveis e propiciando ambiente confortável e tranquilo, no período de duas a quatro semanas, para que a fadiga resultante de uma série de medidas consecutivas não interferisse nas demais séries, e para que fossem evitadas influências derivadas de fatores externos, caso o período se prolongasse demais.

Para cada participante, todas as medidas de força de preensão foram sempre realizadas com a mão dominante do voluntário, sendo sorteado com qual dinamômetro este faria as medidas no primeiro dia (1ª série), sendo a partir deste dia realizadas medidas com o dinamômetro distinto ao utilizado na ocasião anterior.

Em cada ocasião, o voluntário fez uma série de 31 medidas consecutivas, tendo como descanso, apenas, o tempo necessário para zerar o aparelho, sendo no máximo de 15 segundos, uma vez que também era desejado verificar o efeito da fadiga. As medições foram realizadas com apoio bipodal, com os dois pés paralelos e com distância igual à largura dos quadris e o membro superior flexionado a frente a 90º, pouco afastado do corpo, de modo a evitar possível apoio, conforme a padronização recomendada pela Sociedade Americana dos Terapeutas da Mão, seguida em todos os estudos que envolvem coleta de dados com dinamometria¹⁷.

Análise Estatística

Após a coleta dos dados, foram realizadas, com auxílio do programa Minitab® v. 17, análises estatísticas em duas frentes distintas: a primeira delas avaliou se as diferenças entre as pegadas dos aparelhos realmente influenciavam os valores obtidos de força de preensão manual. A segunda avaliou se o efeito da fadiga obtido foi o mesmo para os dois dinamômetros ou se a ergonomia distinta dos dinamômetros gerou fadigas médias diferentes.

Devido ao Teorema do Limite Central, todas as comparações de médias para dados pareados, bem como todos os testes de hipótese para média, com amostras de tamanho no mínimo 30, foram realizadas utilizando-se o teste t de Student¹⁸. Quando os tamanhos das amostras foram inferiores a 30, para comparação de médias optou-se pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney¹⁹.

Para teste de independência entre duas variáveis de interesse, devido ao pequeno tamanho da amostra, realizou-se o teste de independência exato de Fisher¹⁹.

Todos os testes de hipótese foram feitos adotando-se um nível de significância de 5%, sendo assim rejeitadas as hipóteses com nível descritivo (valor-p) inferior a 0,05.

RESULTADOS

A coleta de dados da pesquisa ocorreu período de dezembro de 2017 a março de 2018, sendo que os testes foram realizados em um período de duas, três e quatro semanas para respectivamente 80,00%, 14,29% e 5,71%

dos participantes. A amostra total foi de 35 indivíduos, sendo: 16 adultos do sexo feminino, 12 adultos do sexo masculino, 3 idosos do sexo feminino e 4 idosos do sexo masculino.

Para melhor explicação dos testes realizados, foi tomado como exemplo o voluntário 1, adulto, do sexo feminino. Neste caso o modelo de dinamômetro sorteado para a realização da primeira série de medidas foi o digital. As cinco séries subsequentes foram realizadas em duas semanas, alternando-se sempre o tipo do aparelho. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das três medidas realizadas pelo voluntário 1 com os dois tipos de dinamômetro, nos 31 momentos analisados (unidade em kgf).

| MEDIDA | DIGITAL (20/12/17) | HIDRÁULICO (21/12/17) | DIGITAL (25/12/17) | HIDRÁULICO (28/12/17) | DIGITAL (01/01/18) | HIDRÁULICO (03/01/18) |
|--------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 | 13,8 | 22,0 | 20,0 | 20,0 | 14,0 | 26,0 |
| 2 | 17,2 | 20,0 | 18,5 | 23,0 | 14,9 | 23,0 |
| 3 | 16,7 | 22,0 | 17,5 | 21,0 | 12,2 | 22,0 |
| 4 | 16,7 | 22,0 | 16,8 | 20,0 | 12,1 | 22,0 |
| 5 | 16,1 | 20,0 | 17,5 | 19,0 | 9,3 | 22,0 |
| 6 | 13,9 | 20,0 | 17,8 | 20,0 | 9,5 | 21,0 |
| 7 | 13,6 | 18,0 | 13,5 | 20,0 | 10,7 | 20,0 |
| 8 | 13,5 | 18,0 | 16,0 | 19,0 | 12,5 | 21,0 |
| 9 | 13,9 | 17,0 | 11,8 | 20,0 | 8,0 | 20,0 |
| 10 | 12,9 | 18,0 | 12,1 | 21,0 | 8,7 | 20,0 |
| 11 | 13,6 | 17,0 | 11,4 | 19,0 | 10,0 | 20,0 |
| 12 | 12,5 | 17,0 | 20,7 | 20,0 | 8,8 | 20,0 |
| 13 | 13,8 | 18,0 | 19,6 | 17,0 | 9,1 | 18,0 |
| 14 | 11,8 | 18,0 | 18,3 | 20,0 | 7,5 | 20,0 |
| 15 | 11,5 | 18,0 | 17,1 | 18,0 | 6,9 | 19,0 |
| 16 | 10,4 | 18,0 | 15,6 | 18,0 | 13,7 | 20,0 |
| 17 | 11,5 | 16,0 | 16,3 | 19,0 | 13,3 | 21,0 |
| 18 | 10,8 | 19,0 | 14,6 | 17,0 | 14,3 | 20,0 |
| 19 | 10,8 | 19,0 | 13,6 | 18,0 | 13,9 | 20,0 |
| 20 | 9,9 | 14,0 | 13,5 | 17,0 | 12,8 | 18,0 |
| 21 | 9,2 | 16,0 | 13,5 | 17,0 | 11,5 | 18,0 |
| 22 | 10,4 | 15,0 | 12,1 | 18,0 | 11,5 | 19,0 |
| 23 | 10,1 | 15,0 | 12,8 | 18,0 | 10,0 | 18,0 |
| 24 | 9,9 | 16,0 | 17,5 | 16,0 | 10,8 | 18,0 |
| 25 | 8,0 | 18,0 | 16,8 | 19,0 | 10,3 | 20,0 |
| 26 | 11,3 | 18,0 | 16,8 | 16,0 | 11,3 | 20,0 |
| 27 | 8,5 | 16,0 | 14,3 | 18,0 | 11,1 | 16,0 |
| 28 | 8,0 | 16,0 | 12,6 | 18,0 | 11,3 | 18,0 |
| 29 | 8,7 | 14,0 | 13,1 | 16,0 | 8,4 | 19,0 |
| 30 | 9,3 | 16,0 | 11,0 | 17,0 | 9,2 | 17,0 |
| 31 | 8,9 | 16,0 | 10,1 | 16,0 | 8,1 | 18,0 |

A seguir foram calculadas as 31 medianas, tanto para o modelo hidráulico quanto para o digital em todos os participantes. Por exemplo, para o voluntário 1, a mediana 1 para o modelo digital, igual a 14,0, é o valor central das três medidas obtidas nas séries realizadas com o dinamômetro digital no momento 1, a saber: 13,8, 20,0 e 14,0 (Tabela 2). Este mesmo processo de cálculo foi realizado com as medidas coletadas de todos os voluntários. A seguir foram calculadas as diferenças, para cada indivíduo e momento, entre as medianas das medidas obtidas com os dinamômetros digital e hidráulico.

Foi realizado um teste t de Student para dados pareados para verificar se houve diferença significativa entre as médias das medianas das forças de preensão quando utilizados os dois tipos de dinamômetro. A Tabela 3 apresenta, para cada participante, seu sexo, faixa etária, o nível descritivo (valor-p) do teste realizado e a respectiva resposta para a pergunta se a média da mediana foi maior utilizando-se o dinamômetro hidráulico de todos os participantes. Ressalta-se que no caso do valor-p ser menor que 0,05, a resposta "Não" a esta pergunta significa que a média da mediana foi superior utilizando-se o dinamômetro digital.

Tabela 2. Medianas do voluntário 1 para as três medidas com o dinamômetro digital e hidráulico e sua respectiva diferença, nos 31 momentos analisados (unidade em kgf).

| Mediana | Mediana Digital (D) | Mediana Hidráulico (H) | Diferença (D-H) |
|---------|---------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 14,0 | 22,0 | -8,0 |
| 2 | 17,2 | 23,0 | -5,8 |
| 3 | 16,7 | 22,0 | -5,3 |
| 4 | 16,7 | 22,0 | -5,3 |
| 5 | 16,1 | 20,0 | -3,9 |
| 6 | 13,9 | 20,0 | -6,1 |
| 7 | 13,5 | 20,0 | -6,5 |
| 8 | 13,5 | 19,0 | -5,5 |
| 9 | 11,8 | 20,0 | -8,2 |
| 10 | 12,1 | 20,0 | -7,9 |
| 11 | 11,4 | 19,0 | -7,6 |
| 12 | 12,5 | 20,0 | -7,5 |
| 13 | 13,8 | 18,0 | -4,2 |
| 14 | 11,8 | 20,0 | -8,2 |
| 15 | 11,5 | 18,0 | -6,5 |
| 16 | 13,7 | 18,0 | -4,3 |
| 17 | 13,3 | 19,0 | -5,7 |
| 18 | 14,3 | 19,0 | -4,7 |
| 19 | 13,6 | 19,0 | -5,4 |
| 20 | 12,8 | 17,0 | -4,2 |
| 21 | 11,5 | 17,0 | -5,5 |
| 22 | 11,5 | 18,0 | -6,5 |
| 23 | 10,1 | 18,0 | -7,9 |
| 24 | 10,8 | 16,0 | -5,2 |
| 25 | 10,3 | 19,0 | -8,7 |
| 26 | 11,3 | 18,0 | -6,7 |
| 27 | 11,1 | 16,0 | -4,9 |
| 28 | 11,3 | 18,0 | -6,7 |
| 29 | 8,7 | 16,0 | -7,3 |
| 30 | 9,3 | 17,0 | -7,7 |
| 31 | 8,9 | 16,0 | -7,1 |

Proporcionalmente o número de voluntários com maior média de apreensão no dinamômetro hidráulico foi igual tanto para os sexos ($p=0,694$), quanto para as faixas etárias adulto e idoso ($p=0,314$), não se rejeitando as hipóteses de independência entre tipo do dinamômetro com maior média na força de apreensão e as variáveis sexo e faixa etária.

Tabela 3. Sexo, Faixa Etária, valor descritivo do teste de igualdade para as médias das forças de preensão medianas com os dois dinamômetros e resposta à indagação se o valor médio da força de preensão mediana foi maior quando do uso do dinamômetro hidráulico (unidade em kgf).

| Voluntário | Sexo | Faixa etária | Valor-p | H > D |
|------------|------|--------------|---------|-------|
| 1 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 2 | F | Adulto | 0,000 | Não |
| 3 | F | Adulto | 0,084 | — |
| 4 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 5 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 6 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 7 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 8 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 9 | F | Adulto | 0,028 | Sim |
| 10 | F | Adulto | 0,000 | Não |
| 11 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 12 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 13 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 14 | F | Adulto | 0,000 | Não |
| 15 | F | Adulto | 0,000 | Não |
| 16 | F | Adulto | 0,000 | Sim |
| 1 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 2 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 3 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 4 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 5 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 6 | M | Adulto | 0,001 | Não |
| 7 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 8 | M | Adulto | 0,075 | — |
| 9 | M | Adulto | 0,000 | Não |
| 10 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 11 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 12 | M | Adulto | 0,000 | Sim |
| 1 | F | Idoso | 0,000 | Não |
| 2 | F | Idoso | 0,000 | Não |
| 3 | F | Idoso | 0,000 | Sim |
| 1 | M | Idoso | 0,000 | Sim |
| 2 | M | Idoso | 0,443 | — |
| 3 | M | Idoso | 0,000 | Sim |
| 4 | M | Idoso | 0,000 | Não |

Verificou-se que 65,7% dos participantes apresentaram a média da força de preensão superior quando do uso do dinamômetro hidráulico, para 8,6% dos participantes a média da força de preensão foi igual para os dois

dinamômetros e 25,7% dos participantes tiveram a força de preensão superior quando do uso do dinamômetro digital.

Para verificar a fadiga, analisou-se a perda de força de duas formas. Para cada indivíduo calculou-se a diferença da força de preensão inicial e final segundo a diferença entre elas, conforme equação: (força de preensão final – força de preensão inicial); e a para a taxa de mudança ocorrida, conforme a equação: (força de preensão final – força de preensão inicial)/força de preensão inicial.

A força de preensão inicial foi definida como a mediana da segunda, terceira e quarta medida e a força de preensão final foi definida como a mediana da antepenúltima, penúltima e última medida. A exclusão da primeira mediana se deu como medida de precaução, pois para cerca de 70% dos voluntários, no processo de conhecimento do aparelho, acabavam por apresentar valores discrepantes na primeira medida. Exemplificando, novamente com o voluntário 1 e retomando-se a Tabela 2, excluiu-se a mediana 1 e tomou-se para análise as medianas 2, 3 e 4 e, depois, as medianas 29, 30 e 31. Para essas duas frentes de análise, foi determinado o valor central inicial e final iguais a respectivamente 16,7 e 8,9. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para os 35 voluntários.

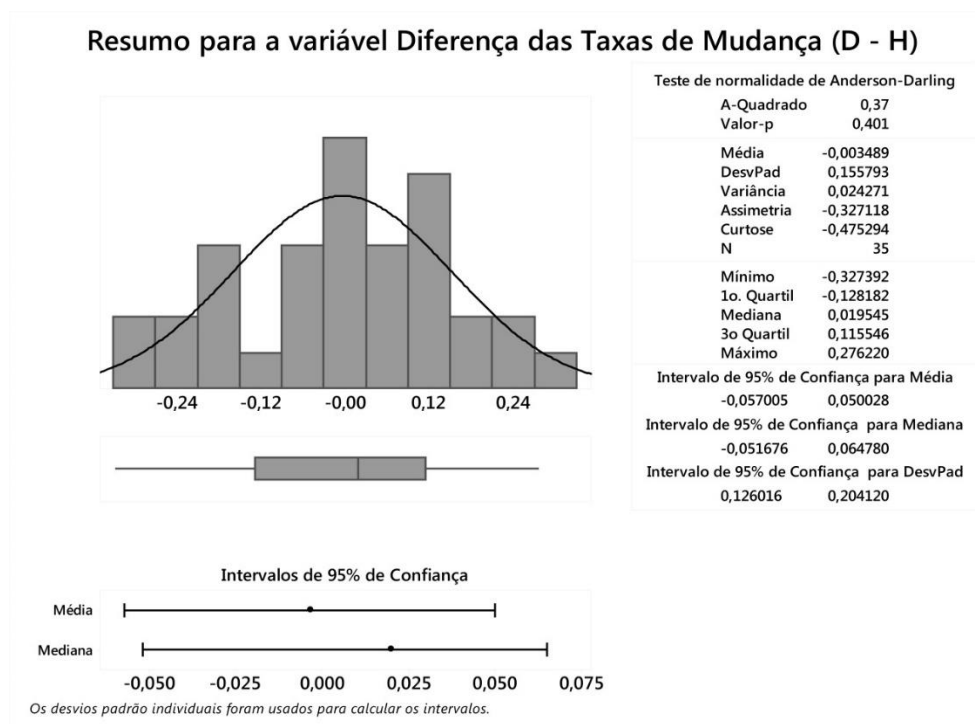
Tabela 4. Mediana da força de prensão inicial, final, diferença entre elas, taxa de mudança para os dois tipos de dinamômetro e diferença destas taxas para os 35 participantes da pesquisa (unidade em kgf).

| DIGITAL | | | | | HIDRAULICO | | | | | Diferença das Taxas de Mud. D - H |
|-----------|--------|--------------------|--------------------|---------|------------|--------|--------------------|--------------------|---------|---|
| Indivíduo | Início | Fim (Fim - Início) | Taxa de Mudança | | Indivíduo | Início | Fim (Fim - Início) | Taxa de Mudança | | |
| 1 | 16,70 | 8,90 | -7,80 | -0,4671 | 1 | 22,00 | 16,00 | -6,00 | -0,2727 | -0,1943 |
| 2 | 28,50 | 21,80 | -6,70 | -0,2351 | 2 | 22,00 | 18,00 | -4,00 | -0,1818 | -0,0533 |
| 3 | 21,20 | 15,00 | -6,20 | -0,2925 | 3 | 18,00 | 16,00 | -2,00 | -0,1111 | -0,1813 |
| 4 | 27,50 | 17,10 | -10,40 | -0,3782 | 4 | 28,00 | 21,00 | -7,00 | -0,2500 | -0,1282 |
| 5 | 12,80 | 5,90 | -6,90 | -0,5391 | 5 | 17,00 | 9,00 | -8,00 | -0,4706 | -0,0685 |
| 6 | 11,20 | 9,30 | -1,90 | -0,1696 | 6 | 12,00 | 13,00 | 1,00 | 0,0833 | -0,2530 |
| 7 | 16,00 | 10,60 | -5,40 | -0,3375 | 7 | 21,00 | 10,00 | -11,00 | -0,5238 | 0,1863 |
| 8 | 19,70 | 15,90 | -3,80 | -0,1929 | 8 | 28,00 | 16,00 | -12,00 | -0,4286 | 0,2357 |
| 9 | 15,30 | 10,20 | -5,10 | -0,3333 | 9 | 15,00 | 11,00 | -4,00 | -0,2667 | -0,0667 |
| 10 | 22,40 | 17,20 | -5,20 | -0,2321 | 10 | 26,00 | 19,00 | -7,00 | -0,2692 | 0,0371 |
| 11 | 19,00 | 17,20 | -1,80 | -0,0947 | 11 | 23,00 | 18,00 | -5,00 | -0,2174 | 0,1227 |
| 12 | 20,80 | 10,80 | -10,00 | -0,4808 | 12 | 24,00 | 17,00 | -7,00 | -0,2917 | -0,1891 |
| 13 | 10,70 | 8,90 | -1,80 | -0,1682 | 13 | 18,00 | 10,00 | -8,00 | -0,4444 | 0,2762 |
| 14 | 24,40 | 13,20 | -11,20 | -0,4590 | 14 | 24,00 | 7,00 | -17,00 | -0,7083 | 0,2493 |
| 15 | 12,80 | 12,50 | -0,30 | -0,0234 | 15 | 16,00 | 19,00 | 3,00 | 0,1875 | -0,2109 |
| 16 | 17,80 | 15,60 | -2,20 | -0,1236 | 16 | 21,00 | 18,00 | -3,00 | -0,1429 | 0,0193 |
| 17 | 27,60 | 23,40 | -4,20 | -0,1522 | 17 | 25,00 | 29,00 | 4,00 | 0,1600 | -0,3122 |
| 18 | 22,10 | 19,40 | -2,70 | -0,1222 | 18 | 28,00 | 22,00 | -6,00 | -0,2143 | 0,0921 |
| 19 | 22,80 | 20,30 | -2,50 | -0,1096 | 19 | 30,00 | 23,00 | -7,00 | -0,2333 | 0,1237 |
| 20 | 30,20 | 27,00 | -3,20 | -0,1060 | 20 | 39,00 | 32,00 | -7,00 | -0,1795 | 0,0735 |
| 21 | 41,20 | 35,50 | -5,70 | -0,1383 | 21 | 38,00 | 32,00 | -6,00 | -0,1579 | 0,0195 |
| 22 | 45,60 | 36,70 | -8,90 | -0,1952 | 22 | 50,00 | 38,00 | -12,00 | -0,2400 | 0,0448 |
| 23 | 27,00 | 22,00 | -5,00 | -0,1852 | 23 | 30,00 | 20,00 | -10,00 | -0,3333 | 0,1481 |
| 24 | 29,30 | 23,20 | -6,10 | -0,2082 | 24 | 26,00 | 20,00 | -6,00 | -0,2308 | 0,0226 |
| 25 | 22,80 | 20,20 | -2,60 | -0,1140 | 25 | 30,00 | 22,00 | -8,00 | -0,2667 | 0,1526 |
| 26 | 30,00 | 21,50 | -8,50 | -0,2833 | 26 | 34,00 | 26,00 | -8,00 | -0,2353 | -0,0480 |
| 27 | 31,40 | 23,50 | -7,90 | -0,2516 | 27 | 35,00 | 26,00 | -9,00 | -0,2571 | 0,0056 |
| 28 | 47,10 | 35,30 | -11,80 | -0,2505 | 28 | 60,00 | 46,00 | -14,00 | -0,2333 | -0,0172 |
| 29 | 18,70 | 10,50 | -8,20 | -0,4385 | 29 | 18,00 | 16,00 | -2,00 | -0,1111 | -0,3274 |
| 30 | 28,90 | 28,30 | -0,60 | -0,0208 | 30 | 31,00 | 29,00 | -2,00 | -0,0645 | 0,0438 |
| 31 | 19,90 | 15,10 | -4,80 | -0,2412 | 31 | 28,00 | 21,00 | -7,00 | -0,2500 | 0,0088 |
| 32 | 28,90 | 16,10 | -12,80 | -0,4429 | 32 | 28,00 | 13,00 | -15,00 | -0,5357 | 0,0928 |
| 33 | 20,30 | 12,90 | -7,40 | -0,3645 | 33 | 18,00 | 11,00 | -7,00 | -0,3889 | 0,0244 |
| 34 | 20,40 | 17,90 | -2,50 | -0,1225 | 34 | 21,00 | 16,00 | -5,00 | -0,2381 | 0,1155 |
| 35 | 17,80 | 10,60 | -7,20 | -0,4045 | 35 | 21,00 | 16,00 | -5,00 | -0,2381 | -0,1664 |

Ambos os aparelhos despertaram um estado de fadiga ao longo do tempo, tomando como base tanto a diferença das medidas (valor-p=0,000 para os dois dinamômetros) quanto pela taxa de mudança (valor-p=0,000 para os dois dinamômetros), utilizando-se para análise o teste t de Student para diferenças de médias.

Como a taxa de variação é adimensional, utilizou-se esta variável para fazer a comparação entre os tipos de dinamômetro, utilizando-se para isto um teste t de Student. A hipótese nula de igualdade das taxas de mudança não foi rejeitada ($p=0,895$), sendo as taxas médias de mudança respectivamente iguais a $-0,2480$ e $-0,2445$ para os dinamômetros digital e hidráulico. Desta forma concluiu-se que o nível médio de fadiga despertado por ambos os aparelhos é semelhante. O Gráfico 1 apresenta uma análise descritiva da variável diferença das taxas de mudança, intervalos com 95% de confiança para média e mediana, no qual verifica-se que a diferença é desprezível, uma vez que ambos os intervalos contêm o número zero.

Gráfico 1 – Análise descritiva da variável diferença das taxas de mudança (digital – hidráulico).



Para comparação das médias de mudança por gênero e por faixa etária, tanto para o dinamômetro digital quanto para o hidráulico, utilizou-se o teste de Mann-Whitney, sendo todas as hipóteses de igualdade comprovadas: no dinamômetro digital obteve-se, respectivamente os níveis descritivos $p=0,101$ e $p=0,421$, e no dinamômetro hidráulico obteve-se, respectivamente os níveis descritivos $p=0,154$ e $p=0,951$.

Diante dos comentários realizados pelos voluntários com relação a cada uma das empunhaduras com as quais realizaram os testes, ambos os aparelhos apresentaram prós e contras, ou seja, nenhum dos modelos foi meticulosamente projetado para gerar o conforto dos usuários.

Em relação ao dinamômetro hidráulico, o principal ponto levantado foi que, em razão da melhor distribuição do peso pelo corpo do aparelho, foi mais fácil manuseá-lo quando comparado ao dinamômetro digital, que possuía a maior parcela de seu peso projetada na parte da frente do aparelho.

Quanto aos materiais das pegas, no entanto, a vantagem foi para o modelo digital, pelo fato de ser emborrachado e evitar que pessoas com sudorese aguda tirassem as mãos da posição adequada em razão da derrapagem, o que não acontecia no uso do modelo hidráulico, visto que sua superfície metalizada acabava por ser mais escorregadia.

Outro ponto mencionado fazia referência ao momento em que a força era aplicada: enquanto no digital é possível

sentir o deslocamento da alça, o hidráulico praticamente não se mexe, gerando dúvidas nos participantes se realmente o teste estava sendo realizado corretamente, se deveriam aplicar mais força ou se o aparelho apresentava algum problema.

DISCUSSÃO

A avaliação da força de preensão integra o campo de interesse de diferentes grupos, incluindo pesquisadores e profissionais da saúde e educação⁴. A influência dessa variável no manuseio de equipamentos diversos vem norteando estudos que envolvem aspectos como conforto e facilidade de manuseio, considerando-se a investigação de diferenças desde características da amostra estudada até os tipos de pegas e formato dos objetos^{5,11}.

No presente estudo, a amostra ficou restrita a 35 participantes, possivelmente pela dificuldade em encontrar pessoas dispostas a realizarem os testes em seis ocasiões distintas. Houve maior concentração de adultos e pouca participação de idosos, uma vez que esses ficavam receosos de sentirem dores agudas, mesmo sendo informados sobre os mínimos riscos aos quais estariam expostos, sendo a recusa nesta faixa etária em participar dos testes muito superior à dos adultos.

Levando-se em consideração a opinião dos participantes, para que, reunindo seus prós e contras fosse possível indicar mudanças referentes à ergonomia de produtos e sugestões de melhorias, visando assegurar maior

conforto e melhor utilização dos usuários, tem-se uma ideia inicial do que deveria ser considerado no desenvolvimento de um produto desse gênero. Pegas mais emborrachadas, desenhadas de forma adaptada ao encaixe das mãos, de forma leve, são os primeiros passos a se seguir quando do desenvolvimento destes produtos. Tais sugestões atendem às referências encontradas na literatura referentes ao conforto e boa impressão do usuário¹⁰.

Outro ponto descrito pelos participantes foi o fato de durante a aplicação da força o digital se deslocar e o hidráulico não se deslocar. De acordo com os participantes o deslocamento das alças durante a força facilitaria a percepção de que o movimento estava sendo realizado de maneira correta. No entanto, ressalta-se que o não deslocamento da alça durante a manipulação no hidráulico pode aumentar a força de preensão, uma vez que o indivíduo gera um movimento isométrico, e este aumenta a tensão muscular interna, podendo gerar maior força uma vez que não gera o deslocamento, reforçando a ideia de que outros estudos são necessários para o conhecimento de variáveis que podem influenciar a força de preensão manual^{5,11}.

Além da opinião dos participantes em relação as questões ergonômicas, outro ponto a ser considerado é a adaptação dos instrumentos aos diferentes tamanhos de mãos. Considerando que, a forma e o tamanho têm efeito direto na força de preensão e na sobrecarga biomecânica do membro superior, ou seja, ao segurar o aparelho com grande abertura da mão, as forças do tendão podem ser duas vezes

maiores do que a força aplicada na região proximal dos dedos, e por outro lado se for muito pequeno os dedos não conseguirão aplicar uma força a ele porque os músculos flexores já estarão muito encurtados²⁰.

Um estudo realizado em 2011, correlacionou a força de preensão palmar em dinamômetro hidráulico em adultos com variáveis antropométricas da mão, e concluiu-se que existe correlação significativa da força de preensão com a largura da mão e ao maior trofismo da mão em homens, e ao maior comprometimento longitudinal da mão para mulheres¹². Ou seja, o ajuste de posição da pega para avaliação deve ser baseado nestas medidas. Portanto, considerando o dinamômetro hidráulico, o fato de possuir cinco tipos de ajuste na pega, realizados de acordo com a mão de cada participante, influencia de maneira positiva o resultado final das avaliações.

A perda de força muscular em função do tempo de uso dos equipamentos foi observada para os dois tipos de dinamômetros avaliados, hidráulico e digital. Observou-se a fadiga em proporções semelhantes, tendo havido quedas significantes entre os valores iniciais e finais obtidos.

É possível considerar que um único sistema de avaliação de força de preensão não atenda aos interesses e especificidades de diversas áreas que estudam preensão²⁰. No entanto, torna-se ainda mais importante que as diferenças sejam reconhecidas a fim de melhorar a utilização dentre as diferentes áreas clínicas, na avaliação de padrões funcionais de preensão com relação a situação de

intervenção, ou intervenções ergonômicas envolvendo produção de novos equipamentos ou mesmo o uso adequado dos mesmos.

CONCLUSÕES

A partir da pesquisa realizada, concluiu-se que existe influência da diferença de ergonomia entre dinamômetros de diferentes pegadas na força de preensão. A diferença na pega acarretou diferença nos valores médios da força de preensão manual obtidos quando comparados os dois aparelhos.

O dinamômetro hidráulico, de peso mais uniformemente distribuído, apresentou os maiores valores para a mediana da força de preensão palmar para 65,7% da amostra podendo indicar que tal distribuição de peso facilita o uso do produto. Por outro lado, o dinamômetro digital, que apresentava o peso do seu corpo concentrado na parte anterior do aparelho, possuía uma empunhadura emborrachada, que trouxe maior conforto para os usuários realizarem os testes sem correr o risco de escorregar a mão. Pode-se sugerir que na prática clínica, indivíduos que supostamente tenham maior fraqueza se beneficiariam mais no uso do dispositivo hidráulico.

A maior limitação do presente estudo foi o número reduzido de participantes que compuseram a amostra, o que impede a generalização dos resultados. Entretanto, esta pesquisa deve ser encarada como exploratória, cujo valor está pautado em uma análise estatística realizada com dados

pareados, gerando resultados significantes para cada indivíduo pesquisado.

Sabe-se que o dinamômetro é um instrumento de aplicação específica, utilizado em situações que envolvem desde a avaliação de pessoas em treinamentos esportivos, medição de aptidão física, até pacientes em recuperação ortopédica ou neurológica. Desta forma, a ideia de que empunhaduras diferentes e materiais distintos podem acarretar diferenças significativas para uso do equipamento e comparação de dados, mostra a necessidade de novas pesquisas no tema, buscando atender, cada vez mais, às necessidades dos usuários.

REFERÊNCIAS

- 1.Mattioli RA, Cavalli AS, Ribeiro JAB, Silva MC. Associação entre força de preensão manual e atividade física em idosos hipertensos. Rev Bras Geriatr Gerontol 2015;18:881-91. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-9823.2015.14178>
- 2.Dias JA, Ovando AC, Kulkamp W, Borges Junior NG. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2010;12:209-16. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n3p209>
- 3.Fernandes L, Martinho FR, Bertoncello D, Pinheiro NM, Drumond LC. Correlação entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. Fisioter Pesqui 2011;18:151-6. <https://doi.org/10.1590/S1809-29502011000200009>
- 4.Irwin CB, Towles, JD, Radwin, RG. Multiaxis Grip Characteristics for Varying Handle Diameters and Effort. Hum Factors 2015;57:227-37. <https://doi.org/10.1177/0018720814544212>
- 5.Lucio CC, Paschoarelli LC, Razza BM. Forças manuais e o design de produtos: uma revisão. Rev Tecnol 2009;18:37-52. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v18i1.8371>
- 6.Soares M. Ergonomia: soluções e propostas para um trabalho melhor. Rev Prod 2009;19:Editorial. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000300001>
- 7.Guimarães MRN, Lara FF, Trindade ROP. A relação entre a estratégia de produção e a prática da inovação tecnológica: um estudo em uma empresa produtora de alumínio. Rev Adm Mackenzie 2015:Edição Especial:109-35. <http://doi.org/10.1590/167869712015/administracao.v16n3p109-135>
- 8.Razza MM, Paschoarelli LC. Avaliação de forças de preensão digital: parâmetros para o design ergonômico de produtos. In: Paschoarelli LC,

- Menezes MS. Design e ergonomia: aspectos tecnológicos. São Paulo: Editora UNESP; 2009; p.73-96.
<http://static.scielo.org/scielobooks/yjxnr/pdf/paschoarelli-9788579830013.pdf>
- 9.Campos LFA. Usabilidade, percepção estética e força de preensão manual: influência no design ergonômico de instrumentos manuais – um estudo com tesouras de poda (Tese). Bauru: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação; 2014.
http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_5d6587916f1f87ff7b727ac2afac3428
- 10.Dejean PH, Nael M. Ergonomia do produto. In: Falzon P (ed.). Ergonomia. São Paulo: Editora Blucher; 2007; p.393-405.
- 11.Tavares GC. Empunhadura do dinamômetro na força de preensão manual (Trabalho de Conclusão de Curso). Brasília: Universidade de Brasília; 2016.
<http://bdm.unb.br/handle/10483/21367>
- 12.Fernandes AA, Marins JCB. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. Fisioter Mov 2011;24:567-78.
<https://doi.org/10.1590/S0103-51502011000300021>
- 13.Figueiredo IM, Sampaio RF, Mancini MC, Silva FCM, Souza MAP. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. Acta Fisiatr 2007;14:104-10. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20070002>
- 14.Reis MM, Arantes PMM. Medida da força de preensão manual: validade e confiabilidade do dinamômetro Saehan. Fisioter Pesqui 2011;18:176-81.
<https://doi.org/10.1590/S1809-29502011000200013>
- 15.Amaral JF, Mancini M, Novo Júnior JM. Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. Rev Bras Fisioter 2012;16:216-24.
<https://doi.org/10.1590/S1413-35552012000300007>
- 16.Silva JCP, Silva JCRP. A importância da ergonomia para a concepção de equipamentos fotográficos profissionais. Ergotrip Design 2015;1:190-7.
<https://doi.org/10.34624/etd.v0i1.1393>
- 17.Priosti PA, Blascovi-Assis SM, Cymrot C, Vianna DL, Caromano FA. Força de preensão e destreza manual na criança com Síndrome de Down. Fisioter Pesq 2013;20:278-85. <https://doi.org/10.1590/S1809-29502013000300013>
- 18.Montgomery DC, Runger GC. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- 19.Siegel S, Castellan JR NJ. Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento. Métodos de Pesquisa. 2a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- 20.Sande LAP, Coury HJCG. Aspectos biomecânicos e ergonômicos associados ao movimento de preensão: uma revisão. Rev Fisioter Univ São Paulo 1998;5:71-82. <https://doi.org/10.1590/fpusp.v5i2.77288>