

THIAGO HENRIQUE DA SILVA

**Propriedades psicométricas do teste de percepção háptica  
da mão: alto relevo com formas geométricas**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação

Orientadora: Profa. Dra. Fátima Aparecida  
Caromano

(Versão corrigida. Resolução CoPGr 6018/11, de 1 de novembro de 2011. A  
versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

**São Paulo**

**2019**



THIAGO HENRIQUE DA SILVA

**Propriedades psicométricas do teste de percepção háptica  
da mão: alto relevo com formas geométricas**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação

Orientadora: Profa. Dra. Fátima Aparecida  
Caromano

**São Paulo**

**2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Silva, Thiago Henrique da  
Propriedades psicométricas do teste de percepção  
háptica da mão : alto relevo com formas geométricas  
/ Thiago Henrique da Silva. -- São Paulo, 2019.  
Dissertação (mestrado)--Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo.  
Programa de Ciências da Reabilitação.  
Orientadora: Fátima Aparecida Caromano.

Descritores: 1.Estudos de validação 2.Psicometria  
3.Percepção do tato 4.Destreza motora 5.Mãos  
6.Percepção de forma 7.Modalidades sensoriais

USP/FM/DBD-383/19

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

## **Normatização adotada**

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## **Agradecimentos**

Agradeço à Universidade de São Paulo, ao seu corpo docente e discente, pelo convívio saudável, compartilhamento de conhecimento e ideias. À minha orientadora, Professora Doutora Fátima Aparecida Caromano, pela amizade, empenho dedicado à elaboração deste trabalho e incentivo constante.

Agradeço à todos os professores pelo conhecimento, não apenas racional, sobretudo pela cordialidade e humanização em meu processo de formação

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Deixo aqui um especial agradecimento aos meus familiares e amigos pelo amor e apoio. Sem as pessoas queridas que estão ao meu redor, certamente não seria possível conduzir esta importante etapa de minha vida.

## SUMÁRIO

Lista de Siglas

Lista de Abreviaturas

Lista de Tabelas

Lista de Gráficos

Lista de Figuras

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3 JUSTIFICATIVA .....	35
4 OBJETIVOS .....	37
5 MÉTODO .....	39
6 RESULTADOS .....	53
7 DISCUSSÃO .....	65
8 CONCLUSÃO .....	77
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
ANEXOS .....	89

## LISTA DE SIGLAS

2D	Duas dimensões.....	31
3D	Três dimensões.....	31
AVDs	Atividades de vida diária.....	14
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética.....	39
HHPI	Hand Haptic Perception Instrument.....	11
HPTrg	Teste de Percepção Háptica da Mão – Alto Relevo com Formas Geométricas .....	12
ICC	Coeficiente de Correlação Intraclasse.....	50
KMO	Teste de Kaiser-Meyer-Olkin.....	56
S1	Córtex somatossensorial primário .....	13
S2	Córtex somatossensorial secundário.....	24
SNC	Sistema Nervoso Central.....	14
TCLÉ	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS

cm	centímetros.....	43
et al.	abreviatura da expressão "et alii", que significa "e outros".....	18
g	gramas.....	42
mm	milímetros.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de ICC e Alfa de Cronbach, por item e escore total.....	54
Tabela 2. Valores de ICC e Alfa de Cronbach, com itens agrupados por atividade teste (formas).....	55
Tabela 3. Valor do alfa de Cronbach de acordo com cada item do instrumento	57
Tabela 4. Cargas fatorais e comunalidades dos itens.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Caracterização da amostra em relação ao sexo.....	53
Gráfico 2. Variação dos valores de ICC de acordo com cada componente do instrumento, considerando análise intraexaminador e interexaminadores.....	56
Gráfico 3. Variação dos valores de cargas fatorais e comunalidades de cada componente do instrumento.....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica dos componentes do teste.....	44
Figura 2. Exemplo de ficha de registro preenchida.....	45
Figura.3. Exemplo das peças testes e replicação dos participantes. Gabarito de acetato, que auxilia a avaliação de localização e proporção.....	46
Figura 4. Fluxo de inclusão e exclusão de participantes.....	47
Figura 5. Fluxo de confiabilidade interexaminadores.....	48
Figura 6. Fluxo de confiabilidade intraexaminador.....	48
Figura 7. Representação gráfica do novo modelo proposto, sequencialmente..	61
Figura 8. Melhor modelo resultante da análise fatorial confirmatória do teste...	63
Figura 9. Modelo em Parede: etapas importantes para validade de testes.....	70



## Resumo

Silva TH. *Propriedades psicométricas do teste de percepção háptica da mão: alto relevo com formas geométricas* [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2019.

**Contextualização:** Testes hápticos são de difícil acesso pela importação e alto custo, fornecendo dados limitados para compreensão das atividades teste propostas do ponto de vista funcional. Apenas por meio de um instrumento de avaliação apropriado é possível identificar e quantificar alterações na percepção háptica de voluntários sadios ou com doenças que acarretem prejuízos perceptuais, contribuindo para tomada de decisão clínica pelo fisioterapeuta e oferecendo condutas de reabilitação apropriadas para corresponder às suas necessidades. O Teste de Percepção Háptica da Mão - Alto Relevo com Formas Geométricas foi desenvolvido para ser de fácil acesso e fornecer dados pertinentes para interpretação funcional da habilidade pesquisada. **Objetivos:** Realizar a validade de constructo, analisar a confiabilidade e a consistência interna do Teste de Percepção Háptica da Mão – Alto Relevo com Formas Geométricas. **Método:** Estudo psicométrico de validação de instrumentos. Foram recrutados estudantes universitários, de ambos os sexos, com idades entre 18 e 35 anos, destros e saudáveis. Os 50 primeiros voluntários avaliados, tiveram os dados provenientes de sua avaliação reanalisados para determinação da confiabilidade e consistência interna. Posteriormente, foi realizada a validade do constructo por meio de análise fatorial exploratória e confirmatória, utilizando dados da amostra total. **Resultados:** Foram avaliados 100 voluntários: 65 mulheres e 35 homens, com média de idade de 23,15 ( $\pm 4,07$ ) anos. A maior parte dos resultados indica confiabilidade excelente. Os valores do coeficiente de correlação intraclasse variaram de 0,88 a 0,99 nas análises intraexaminador e interexaminadores. Considerando todo o instrumento, o valor do alfa de Cronbach foi de 0,8, sendo um valor classificado como alto para um conjunto de componentes. As cargas fatoriais de seis componentes apresentaram valor superior a 0,60, determinando os seis componentes principais. A análise fatorial confirmatória apresentou diversos índices evidenciando uma boa estrutura interna, principalmente para o modelo do instrumento reduzido. **Conclusão:** O instrumento analisado apresenta confiabilidade e validade de constructo. Em voluntários jovens, saudáveis e com alto grau de escolaridade, torna-se viável a aplicação da versão reduzida do instrumento. A estrutura interna do teste é homogênea e seus componentes avaliam de maneira satisfatória a percepção háptica.

Descritores: Estudos de validação; Psicometria; Percepção do tato; Destreza motora; Mãos; Percepção de forma; Modalidades sensoriais.

## Abstract

Silva TH. *Psychometrics properties of hand haptic perception test: raised-line geometric shapes* [dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2019.

**Contextualization:** Haptic tests are rarely affordable, providing narrow information to understand the proposed test activities from the functional point of view. Only with an appropriate assessment instrument, is it possible to identify and quantify changes in the haptic perception of healthy individuals or those with diseases that cause perceptual impairment, which contributes to the physiotherapist's clinical decision making and offers appropriate rehabilitation treatments to adequately meet their needs. Hand Haptic Perception Test with Raised-Line Geometric Shapes was developed to be easily available and provide knowledge to functional interpretation of this ability. **Objectives:** To perform the construct validity and to analyze the reliability and internal consistency of the Hand Haptic Perception Test with Raised-Line Geometric Shapes. **Method:** Psychometric validation study. Undergraduate students of both sexes were recruited, aged between 18 and 35 years, right-handed and healthy. First 50 individuals evaluated had their evaluation data reanalyzed to determine the instrument's reliability. Subsequently, the construct validity was performed by means of exploratory and confirmatory factorial analysis, using data from total sample. **Results:** 100 subjects were evaluated: 65 women and 35 men, with a mean age of 23.15 ( $\pm$  4.07) years. Most of the results indicate excellent reliability. ICC values ranged from 0.88 to 0.99 in the intra-examiner and inter-examiner analyzes. Considering the whole instrument, the value of Cronbach's alpha was 0.8, which is a value classified as high for a set of components. Factorial charges of six components presented values higher than 0.60 – determining the six main components. Confirmatory factorial analysis presented several indices evidencing an adequate internal structure, especially for the reduced instrument model. **Conclusion:** The instrument analyzed shows reliability and construct validity. Regarding young and healthy individuals who present a high level of schooling, it becomes practicable to apply the reduced version of the test. Internal structure of the test is homogeneous, and its components accurately assess the haptic perception.

Descriptors: Validation studies; Psychometrics; Touch perception; Motor skills; Hand; Form perception; Modalities, sensorial.

## 1. INTRODUÇÃO

As mãos humanas permitem interação com objetos por meio de intrincada organização neurológica que coordena diversas habilidades motoras com versatilidade (1). A coordenação da trajetória das mãos, o manuseio de objetos e a compreensão de suas propriedades físicas, são parte de uma complexa rede neurofisiológica (2).

A percepção háptica envolve um processo tátil ativo que conecta processos sensoriais e motores para identificar características dos objetos. Em seres humanos, a mão fornece este tipo de informação por meio de receptores da pele, dos músculos e das articulações (3). A extração de informações sobre objetos e suas propriedades como tamanho, forma e textura ocorrem por meio de explorações hápticas. Ao discriminar um objeto de outro, como encontrar uma chave ou uma moeda entre uma variedade de outros objetos, a manipulação ocorre por meio de diversas estratégias motoras, que permitem compreensão sobre suas diversas características (4).

A compreensão de fenômenos clínicos por meio de medidas quantitativas é relevante, não apenas como parte essencial da pesquisa, mas também como um passo importante na tomada de decisão clínica e gestão em saúde (5). Portanto, a avaliação háptica por meio de instrumentos validados e confiáveis é fundamental para compreensão de características funcionais (6). Desde 2015 nosso laboratório vem desenvolvendo um teste geral de percepção háptica.

Previamente, estudo piloto de nosso grupo de pesquisa desenvolveu um instrumento de avaliação háptica da mão denominado *Hand Haptic Perception Instrument* (HHPI), que permite aferir as funções de diversos receptores sensório-motores da mão, gerando pontuações e registrando tempo de execução. Este instrumento agrupa 6 domínios:

baixo relevo, alto relevo, barognosia, densidade, textura e percepção de forma (6). A continuidade deste estudo está acontecendo pela ampliação de cada domínio do teste geral, incluindo análises psicométricas e de relação entre variáveis.

A avaliação do alto relevo sinaliza o início de uma linha de pesquisa na qual são realizados quatro projetos de mestrado complementares. Neste sentido, inicialmente foi realizado o estudo de desenvolvimento do instrumento, validade de face e sua usabilidade. O presente estudo é a segunda etapa, marcada pela análise psicométrica dos atributos do teste previamente desenvolvido. Em seguida, serão realizadas análises de performance, que incluem análise de desempenho de indivíduos típicos e avaliação das estratégias motoras em tarefa háptica, divididos em outros dois projetos de mestrado.

É fundamental que a função das mãos durante uma tarefa háptica seja mais bem compreendida em voluntários saudáveis, gerando respostas sobre a percepção háptica e suas características. Posteriormente, será possível realizar a análise destas variáveis em situações de disfunção motora, sensorial ou cognitiva.

No presente estudo, foram avaliadas propriedades psicométricas da versão expandida de um dos domínios deste instrumento, o Teste de Percepção Háptica da Mão – Alto Relevo com Formas Geométricas (HPTrg), com objetivo de explorar de forma mais detalhada suas características psicométricas e a avaliar a estrutura interna das atividades teste propostas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mãos humanas e sua importância

A mão é um dos traços mais marcantes da humanidade e uma das principais fontes de sua interação com o meio ambiente (7). Mamíferos de diversas espécies utilizam as mãos como uma ferramenta fundamental para alimentação, corrida, interação etc. Em primatas superiores e para os seres humanos, as mãos realizam ações exploratórias e instrumentais diariamente (8).

A mão humana pode ser distinguida da mão dos macacos pelo polegar longo em relação aos dedos (9, 10). Então, a importância das atividades manuais em humanos tem sido abordada por estudos que estabelecem uma conexão causal entre o desenvolvimento da inteligência humana, a conquista da marcha bípede e a subsequente mudança na maneira de utilização das mãos (8, 9, 11).

Devido a uma variedade de aspectos, a mão humana é um instrumento incrível que pode executar uma infinidade de funções, como preensão de precisão e preensão de força de uma ampla gama de objetos. O desempenho da mão é possibilitado devido sua estrutura altamente complexa, composta por 19 articulações, 31 músculos e mais de 25 graus de liberdade (12).

Ao apertar um objeto com as mãos, é necessário saber não apenas quais dedos estão em contato com ele, mas também quanta pressão está sendo exercida sobre ele. Adicionalmente, é necessário aplicar pressão suficiente para que o objeto não escorregue das mãos quando o pegamos, mas não tanto que o deforme. Os sinais táteis transmitem informações muito precisas sobre a pressão de contato (1). No córtex somatossensorial primário (S1), um aumento nesta pressão resulta não

somente em uma ampliação na atividade dos neurônios que são mais sensíveis à localização da pele na qual ele é aplicado, mas também no recrutamento de neurônios próximos (13). Da mesma forma, o controle de cada movimento individualizado dos dedos ou dos pulsos é alcançado não pela ativação de um território específico do córtex motor, mas pela atividade difusa de populações neuronais sobrepostas distribuídas ao longo da região da mão do córtex motor (14).

Em relação às sinergias de forças observadas nas tarefas de preensão manual, uma ideia geral é que as forças de contato são controladas hierarquicamente (15). As variáveis controladas pelo sistema nervoso central (SNC) não são simplesmente as forças individuais dos dedos, mas sim padrões de atividade motora distribuídos entre os dedos (16).

A coordenação das mãos permite que os humanos tenham um controle hábil, com muitos graus de liberdade, para executar várias atividades de vida diária (AVDs). Um importante fator que contribui para essa importante habilidade é sua complexa arquitetura biomecânica (17). Durante a tarefa de preensão palmar, diversos atos motores constituem-se de múltiplos componentes, onde cada um deles é iniciado antes do precedente ser completado. Desta maneira, os movimentos de cada articulação estão precisamente coordenados entre si (18).

A capacidade das mãos para alcançar e pegar objetos é uma importante habilidade motora ao longo da vida (19). Deste modo, a coordenação manual proporciona aos seres humanos a capacidade de controlar de forma flexível e confortável sua estrutura complexa, executando inúmeras tarefas (17). O cerebelo influencia os sistemas motores por meio da avaliação de disparidades entre a intenção e a ação por meio do ajuste da atividade dos centros motores no córtex e no tronco encefálico enquanto o movimento está acontecendo, bem como durante as repetições desse mesmo movimento (18).

Ao nível funcional, a mão é notável pela destreza e versatilidade que combina qualidade sensorial com força. Um sinal da importância da

mão para os humanos é sua notável evolução, com o desenvolvimento do polegar opositor que executa diversos procedimentos (7) e, no nível neuronal, do trato corticoespinal, que permite ao cérebro este controle de maneira muito mais direta que em outras espécies. O papel que a mão desempenha em quase todas as atividades e sua adaptabilidade a uma ampla gama de contextos comportamentais, evidencia que a mão é um executante de comandos vindos dos centros superiores do cérebro (15).

Ao contrário da maior parte dos mamíferos, seres humanos utilizam majoritariamente uma das mãos para a realização da maior parte de suas tarefas, sobretudo quando realizam tarefas unimanuais (20). Devido a infinidade de opções disponíveis para completar qualquer movimento, é de interesse particular compreender os fatores que influenciam a escolha de ação motora de um voluntário. Ao buscar objetos, a preferência manual é consistentemente observada por influenciar a seleção da mão para execução de tarefas (21, 22). Esta preferência manual, é geralmente para a mão direita, com cerca de 90% da população sendo destra (23).

As mãos integram um sistema complexo que envolve uma função perceptual (“conhecer”) e uma função instrumental (“fazer”). Considerando a percepção háptica, os bebês podem conhecer o mundo físico e as superfícies ou propriedades dos objetos com as mãos, similarmente como o fazem com os olhos. Portanto, desde o início da vida, humanos podem manipular os objetos no ambiente, modificando-os e transportando-os por meio das mãos. Também, é possível reconhecer e transformar o ambiente, tornando a percepção háptica uma característica única e original entre os sentidos (8).

## **2.2 Reconhecimento de objetos**

“Sensação” é a atividade neural disparada por um estímulo que ativa um receptor sensitivo, resultando em impulsos nervosos sensitivos que se deslocam por vias nervosas sensoriais até o cérebro. Por outro lado, “percepção” é um processo de múltiplas etapas que ocorre no cérebro, incluindo seleção, processamento, organização e integração da

informação recebida dos sentidos. De várias formas, a maior parte das ações motoras podem ser consideradas uma habilidade perceptivo-motora e o movimento humano se baseia na informação sobre o ambiente e na posição / localização de cada pessoa. Então, é fundamental ressaltar a natureza integrativa da sensação, da percepção e do movimento (19).

O reconhecimento de objetos é um processo adaptativo complexo e sua plena maturação requer a combinação de diversas experiências sensoriais e habilidades cognitivas para conectar-se a experiências anteriores, a fim de desenvolver novas percepções e, posteriormente, aprender com o ambiente. Tais habilidades amadurecem gradualmente durante a vida pós-natal e dependem tanto da maturação de vários canais sensoriais quanto da capacidade de integrá-los (24-26).

Práxis envolve a capacidade de planejamento e realização de ações motoras novas ou incomuns ao indivíduo, considerando integridade cognitiva e motora. Os componentes da práxis incluem idealização ou concepção de uma ideia de como se agiria em determinado ambiente, planejamento ou organização de uma ação, e execução da sequência da ação. As informações sensoriais são essenciais para iniciar, executar ou adaptar ações motoras (27). Gnose é a capacidade de reconhecer informações aprendidas previamente, como objetos, pessoas ou lugares. Portanto, existem diferentes tipos de gnose, um para cada modalidade sensorial. Adicionalmente, alguns tipos de gnose são integrativas, as quais combinam diferentes modalidades sensoriais (28).

A percepção de relevo em objetos não é frequentemente utilizada na prática clínica. Sua aplicabilidade em pesquisa, relaciona-se com experimentos hápticos onde objetos devem ser nomeados ou reproduzidos (29). No entanto, o reconhecimento háptico de objetos, algumas vezes chamado de gnose tátil ou estereognosia, é um componente padrão de exames neurológicos, sendo incluído nos mais completos protocolos de avaliação das mãos (30), porém sua prática ocorre de maneira limitada.



O processo de percepção sensorial se inicia quando as células sensoriais detectam estímulos no meio ambiente. Os órgãos sensoriais dos humanos são o resultado de milhões de anos de adaptação às necessidades de sobrevivência. Nesta perspectiva, é possível compreender como todos os sistemas sensoriais cumprem um claro propósito vital: a sobrevivência do indivíduo e a continuação de uma espécie (31).

Embora o reconhecimento de objetos por meio do toque não possa competir com o reconhecimento de objetos visuais em sua velocidade ou precisão, pessoas típicas são capazes de reconhecer os objetos mais comuns por meio de breves palpações. O reconhecimento tátil de objetos desempenha um papel fundamental em AVDs (32).

Estereognosia é a capacidade de reconhecer e identificar objetos comuns através da manipulação tátil sem o uso de pistas visuais (33). Por outro lado, a agnosia somatossensorial caracteriza-se pela incapacidade de reconhecimento e identificação de objetos, na presença de funções sensoriais relativamente intactas e conhecimento apropriado (34). Em geral, uma das modalidades sensoriais pode estar afetada, sendo assim, o déficit não pode ser explicado pela memória, atenção, problemas de linguagem ou falta de familiaridade com os estímulos (35). O processo de reconhecimento de um objeto é complexo e depende de várias habilidades, integrando as informações sensoriais para gerar uma representação tátil coerente do objeto, e associando a representação tátil com conhecimento semântico sobre o objeto (36). Existem 3 tipos principais de agnosia, relacionados ao tipo de sensação envolvida: visual, auditiva e tátil (35).

A literatura internacional reúne alguns termos para descrever os déficits no reconhecimento de objetos em consequência de danos corticais, incluindo astereognosia (35, 37). Mesmo com o conhecimento apropriado sobre esta habilidade, torna-se desafiador mensurar ou gerar nível de classificação para o desempenho háptico devido à escassez de instrumentos que quantifiquem de maneira precisa esses déficits.

A agnosia tátil é definida como a incapacidade no reconhecimento dos objetos após a exploração tátil, na presença de funções sensoriais intactas e habilidades cognitivas relativamente adequadas (34).

A amorfnosia é a incapacidade de identificar o tamanho e a forma dos objetos pelo toque, como um triângulo ou quadrado não identificados ao serem tocados (35).

Anosognosia é a incapacidade de identificar qualidades distintivas como textura e peso, por exemplo, um pedaço de madeira, algodão ou metal (35).

Considerando a percepção háptica, há uma grande diferença entre reconhecer os objetos reais e suas representações de relevo em elevação em duas dimensões (2-D) (38). Para o reconhecimento háptico dos objetos reais, tipicamente são encontradas latências de apenas alguns segundos(39). Por outro lado, as latências em geral duram mais de um minuto no caso de desenhos em linhas elevadas (40). Múltiplos fatores podem influenciar esta diferença de tempo para reconhecimento do material explorado. Possivelmente, as causas relacionam-se com concentração, aquisição de informações pela ponta dos dedos e experiência prévia com ações e objetos similares. Embora alguns experimentos indiquem resultados positivos neste sentido (41, 42), estes mecanismos foram pobremente descritos.

Grunwald *et al.* (2014) demonstraram estratégias envolvidas na percepção háptica, como pausas de movimento durante a exploração com dedos e mãos em participantes saudáveis (29). Estas pausas regulares durante a exploração de objetos em relevo, já havia sido descrita previamente em estudos de leitura Braille (43-45).

Embora a percepção e o movimento estejam intimamente ligados e sejam mutuamente dependentes, existem contestações consideráveis sobre como estão relacionados. As pesquisas em neurociências e motricidade ainda sustentam a relação entre percepção e movimento como um desafio (46). Desta maneira, a descrição do reconhecimento háptico de formas geométricas merece ser mais bem estudada, pois existem aspectos a este respeito que devem ser esclarecidos,

considerando variadas ações motoras e estímulos. Portanto, se faz necessário um instrumento de avaliação que inclua validade e confiabilidade como seus atributos, garantindo consistência e estabilidade ao método de avaliação (47).

### **2.3 Sistema Somatossensorial**

O sistema somestésico não é homogêneo, pois seus receptores sensoriais são vastamente dispersos e possuem grande diversidade funcional. Entretanto, este sistema é o substrato neural comum para as duas formas de percepção tátil manual: a percepção cutânea (percepção tátil passiva) e a percepção háptica (percepção tátil ativa). Portanto, é importante compreender as características do sistema somestésico para compreender as bases neurais dos processos perceptivos (48).

A sensibilidade somática apresenta quatro principais modalidades. O tato discriminativo permite o reconhecimento do tamanho, forma, textura e movimentação de objetos na pele. A propriocepção envolve a sensação de posição estática e dinâmica dos membros e do corpo. A nocicepção é a sinalização de dano tecidual ou irritação química, sendo percebida por voluntários como dor ou coceira. A sensação térmica envolve a percepção de calor ou frio (18). Seres humanos contam com informações sensoriais da pele para interagir com objetos no ambiente (49). Distintas vias neuroanatômicas e variados sistemas receptores regulam estas modalidades; porém, todas compartilham uma classe comum de neurônios sensoriais: os neurônios do gânglio da raiz dorsal, os quais respondem seletivamente a estímulos particulares devido a especializações morfológicas e moleculares de seus terminais nervosos periféricos (18). A ampla diversidade entre os receptores táteis presentes na pele e no interior do organismo contribui para a extensa capacidade de percepção tátil em humanos. Como todos estes receptores são especializações das extremidades das fibras nervosas sensoriais, estas se agrupam em nervos que se dirigem ao SNC. Então, quando

localizados abaixo da cabeça, penetram no SNC através das raízes dorsais da medula. Por outro lado, os receptores localizados na cabeça ligam-se a fibras que compõem alguns dos nervos cranianos, sobretudo o nervo trigêmeo, que penetra no SNC diretamente no tronco encefálico (50).

A somestesia pode ser compreendida como uma modalidade sensorial que reúne um amplo conjunto de informações sobre o corpo, constituída por submodalidades e com diferentes receptores em todos os órgãos do corpo, ainda que a pele seja denominada como “o órgão somestésico”, por excelência. O termo somestesia apresenta origem no latim, onde *soma* refere-se ao corpo e *aesthesia* significa sensibilidade (50).

Penfield estimulou a superfície do córtex somatossensorial primário de pessoas que sequencialmente relataram sensações táteis localizadas em locais específicos do corpo. Essas sensações induzidas eletricamente foram tipicamente descritas como dormência, formigamento e, às vezes, dor(51). É importante ressaltar que a localização projetada dessas sensações variou sistematicamente com a localização do eletrodo estimulante, levando à descoberta de que o córtex somatossensorial é organizado somatotopicamente (13).

Entre as mais complexas funções do sistema somatossensorial, está a capacidade de reconhecer objetos pelas mãos por meio do toque. Então, a estereognosia integra não apenas a capacidade do sistema do lemnisco medial (coluna dorsal) de transmitir sensações das mãos, mas também a capacidade dos processos cognitivos cerebrais para conectar estas informações (18). O toque é um dos vários sentidos que usamos para orientação e interação com o ambiente social e físico. Por meio dos sistemas visual e auditivo, é possível realizar observação e comunicação mesmo em grandes distâncias. Contrariamente, os componentes táteis estão relacionados à proximidade (52). Por meio dos receptores que codificam os estímulos, é possível gerar características sensoriais e

perceptivas distintas, processadas por classes de neurônios específicos de estímulos que se projetam em vias anatômicas para o córtex cerebral (53). Logo, os neurônios do gânglio da raiz dorsal são adaptados à transdução do estímulo e transmissão da informação codificada ao SNC, o que caracteriza suas duas principais funções (18).

O sistema somatossensorial é um componente do sistema nervoso que detecta e permite a percepção das modalidades de dor, temperatura, posição do corpo, movimentos do corpo (chamada cinestesia) e toque. Considerando o tato, deve-se incluir os sentidos de pressão, vibração e o senso de estereognose de ordem superior, que é a capacidade de reconhecer e identificar objetos baseados apenas no toque (sem visão, audição, olfação e gustação). A superfície do receptor primário para o sistema somatossensorial está localizada na pele; mas existem também componentes periféricos em músculos, tendões e órgãos internos (33).

O sistema somatossensorial consiste em diversas vias neurais que transportam esses sentidos desde o ponto inicial da pele, músculos, tendões e órgãos internos até o SNC, onde existe papel fundamental exercido pela consciência, que ocorre no neocórtex. A somatossensibilização começa com receptores ou órgãos finais com várias morfologias especializadas para detectar determinadas modalidades somatossensoriais (33).

A somatossensibilização é dividida em múltiplas modalidades, no entanto, em processos hápticos, todas essas modalidades se integram(54).

#### **2.4 Dos mecanorreceptores cutâneos e proprioceptivos ao córtex somestésico**

Na percepção cutânea, as informações da deformação mecânica de parte da pele são codificadas por mecanorreceptores cutâneos que estão localizados em suas diferentes camadas (48). As fibras aferentes

primárias individuais respondem seletivamente a tipos específicos de estímulos devido a morfologia e a especialização molecular de seus terminais periféricos (55).

A sensibilidade tátil é mais desenvolvida na pele dos dedos, nas superfícies palmar da mão, na sola dos pés e nos lábios. Nas mãos, existe uma matriz com grande número de mecanorreceptores, os quais medeiam a sensação de tato e são excitados por estímulos na pele (18). Os mecanorreceptores retransmitem o estímulo extracelular para a transdução de sinal intracelular através de canais iônicos bloqueados mecanicamente. Então, os estímulos externos são geralmente na forma de toque, pressão, alongamento e movimento. Presentes tanto na camada superficial quanto na camada mais profunda da pele, os mecanorreceptores táteis dividem-se em quatro categorias principais: os discos de Merkel, os corpúsculos de Meissner, as terminações de Ruffini e os corpúsculos de Pacini (56). Esses receptores têm um papel bem conhecido no *feedback* tátil da pele e do sistema esquelético, sendo essenciais para o desenvolvimento e percepção sensorial em humanos (57).

Os discos de Merkel são o principal tipo de órgão final tátil para sentir o toque suave, sendo essenciais para tarefas sensoriais sofisticadas, incluindo interação social, exploração ambiental e discriminação tátil (58). Configuram-se como pequenas arborizações localizadas nas extremidades receptoras de fibras sensoriais mielínicas, apresentando uma expansão em forma de disco relacionada a uma ou duas células epiteliais. Os discos de Merkel são envolvidos com informações de tato e pressão contínuas, estes receptores contribuem para a percepção estática da forma dos objetos, representando 25% da inervação das mãos (50).

Os corpúsculos de Meissner são os principais receptores de adaptação rápida das mãos. Eles respondem ao contato inicial e ao

movimento, mas não à pressão constante (59). Este tipo de receptor também é responsável por detectar o movimento de um objeto agarrado pela mão. Por exemplo, quando este objeto desliza inesperadamente na mão, são os corpúsculos de Meissner que sinalizam a ação muscular para impedir que o objeto caia (60).

Determinados mecanorreceptores associam-se a células não neurais, constituindo miniórgãos especializados, como os corpúsculos de Pacini. Estes receptores são formados por terminações nervosas envolvidas por camadas de tecido conjuntivo, que absorvem parte da estimulação mecânica, tornando-os incapazes de detectar estímulos prolongados. Entretanto, os corpúsculos de Pacini são altamente diferenciados para evidenciar a presença de estímulos vibratórios (50).

Embora estruturalmente semelhantes a outros receptores táteis, os corpúsculos de Ruffini não são completamente compreendidos. Estas especializações capsulares alongadas em forma de fuso estão localizadas profundamente na pele. O longo eixo do corpúsculo é geralmente orientado paralelamente às linhas de estiramento da pele; de tal modo, os corpúsculos de Ruffini são particularmente sensíveis ao alongamento cutâneo produzido pelos movimentos dos dedos ou dos membros. Eles são responsáveis por cerca de 20% dos receptores na mão humana e não provocam nenhuma sensação tátil em particular quando estimulados eletricamente. Embora ainda haja alguma dúvida quanto à sua função, eles provavelmente respondem principalmente aos estímulos gerados internamente (61).

Os neurônios sensoriais primários são os primeiros neurônios nos canais sensoriais, recebendo informações da periferia, tornando-se os principais elementos na transdução sensorial e na transmissão dessa informação aos centros superiores desta via (62). Os neurônios de segunda ordem alimentam informações toque leve para o tálamo através

do lemnisco medial. Finalmente, os neurônios talamocorticais ,de terceira ordem, projetam-se para o córtex somatossensorial (63).

As informações sensoriais sobre toque, dor, senso de temperatura e propriocepção são recebidas por meio de receptores e convertidas em impulsos neuronais que são conduzidos para a medula espinhal, sequencialmente aos transmissores somatossensitivos do tálamo. Do tálamo, os *inputs* transitam até o córtex somatossensorial primário, uma porção do lobo parietal. O destino seguinte é o córtex somatossensorial secundário (S2), que está localizado ventralmente ao S1. Logo, S2 recebe a maior parte de seus *inputs* de S1. Juntas, essas regiões corticais são conhecidas como o córtex somatossensorial (64).

Numerosos estudos demonstraram que a percepção tátil humana evoca atividade neuronal não apenas nas áreas corticais somatossensoriais, mas também nas áreas corticais visuais (65-67).

## **2.5 Desenvolvimento perceptivo-motor**

As primeiras sensações que experimentamos são táteis. Os receptores somatossensoriais cutâneos amadurecem por volta de 4-7 semanas de gestação (68). Dada a primazia do tato no desenvolvimento inicial, entende-se que a percepção tátil tem grande importância para o organismo em desenvolvimento (e para o maduro). De fato, acredita-se que o tempo diferencial dos sistemas sensoriais paralelamente facilita o desenvolvimento perceptivo auxiliando nos estágios iniciais do desenvolvimento, nos quais o feto deve assimilar e combinar de forma coerente uma ampla gama de informações sensoriais (69, 70).

Bebês podem perceber as propriedades de objetos na seguinte ordem: tamanho e temperatura, textura e dureza; e posteriormente, peso e formato (71). A percepção de tamanho e temperatura exige apenas agarrar, enquanto a de textura e dureza exige esfregar e bater, e a percepção de peso e formato exige movimentos de dedos, mãos e



braços. Portanto, esta ordem é a mesma na qual essas manipulações são adquiridas, fazendo com que a percepção e ação ocorram juntas (19, 71).

O tato pode ser visto como o arcabouço sensorial no qual o desenvolvimento perceptivo multissensorial é construído (72). Na primeira infância, as crianças experimentam importantes alterações na percepção, que acrescentam refinamento em suas habilidades físicas e cognitivas. Incontestavelmente, os sistemas de percepção interagem com a tarefa e com o ambiente para dar origem ao movimento, o que torna essas conexões fundamentais para o desenvolvimento (19).

Em termos de desenvolvimento motor, a maior parte dos recém-nascidos apresenta movimentos espontâneos e reflexos. No desenvolvimento típico, muitos movimentos ocorrem em ordem e tempo previsíveis, tornando essencial este conhecimento para possibilidade de reconhecer desvios do padrão típico, em progressão ou regressão (19).

Os recém-nascidos são capazes de codificar algumas propriedades táteis dos objetos com as mãos, mesmo que seus processos ativos sejam bastante limitados (reflexo palmar) (72). O reflexo palmar é modulado pelas propriedades de textura dos objetos colocados em suas mãos (73). Adicionalmente, acredita-se que os recém-nascidos possam também discriminar objetos com base em suas formas (prisma vs cilindro) (74).

É fundamental levar em consideração as três contribuições fundamentais de toque: percepção háptica (detecção tátil ativa do ambiente externo), percepção de si / corporal (o papel do toque cutâneo e da propriocepção na especificação da forma e disposição do corpo no espaço) e toque afetivo (o papel que a entrada tátil desempenha nos contextos sociais / interpessoais) (72).

Os movimentos espontâneos dos braços dos recém-nascidos evidenciam uma extensão bem coordenada das articulações dos dedos, punhos e cotovelos. Os dedos não se estendem de forma independente, ou um de cada vez, mas em sincronia com a mão, punho e cotovelo (19).

Nos primeiros 6 meses de vida, há uma forte tendência em utilizar as mãos para trazer objetos até a boca para exploração. Posteriormente, este tipo de ação é reduzida substancialmente pela preferência por exploração manual (75). O desenvolvimento da integração multissensorial pode levar muito tempo. Como o corpo e os membros continuam a crescer ao longo da infância e da adolescência, uma recalibração multissensorial é constantemente necessária, tornando este aspecto importante no desenvolvimento multissensorial durante a infância (76).

## **2.6 Sistemas de memória**

### **2.6.1 Memória explícita**

Memória declarativa ou memória explícita é um sistema de memória que é controlado de forma consciente, intencional e flexível. A memória declarativa geralmente envolve algum esforço e intenção. Neste sentido, podemos empregar estratégias de memória, como a mnemônica, para recuperar informações. Subsistemas de memória declarativa incluem a memória de trabalho, memória episódica e memória semântica (77).

O consenso geral sobre a memória de trabalho sustenta a ideia de que a memória de trabalho está amplamente envolvida em comportamentos direcionados a objetivos, nos quais as informações devem ser retidas e manipuladas para garantir a execução bem-sucedida das tarefas (78). A memória de trabalho é um sistema de memória de curto prazo que nos permite armazenar e processar quantidades limitadas de informações (77). Recentemente, há um fluxo constante de estudos que desafia a visão amplamente aceita de que o córtex pré-frontal (PFC) armazena informações relevantes da tarefa na memória de trabalho. As primeiras evidências contra essa abordagem vieram principalmente de estudos de ressonância magnética em humanos, evidenciando que as informações sensoriais são mantidas na memória de trabalho pelos mesmos neurônios sensoriais que representam essas informações quando presentes no ambiente sensorial. Então, o papel do PFC não é armazenar informações na memória de trabalho, mas focar ativamente a

atenção na representação sensorial relevante, selecionar informações e acionar funções executivas necessárias para controlar o processamento cognitivo das informações. Existem crescentes evidências neurofisiológicas e de lesões em apoio a essa abordagem (79-81).

A capacidade de codificar e recuperar nossas experiências pessoais diárias, compõe a memória episódica, que é relacionada ao circuito do lobo temporal medial, incluindo o hipocampo, que interage extensivamente com várias estruturas corticais e subcorticais (82). A memória semântica é um sistema de memória de longo prazo que armazena conhecimentos gerais (77). Como na memória episódica, a aquisição de memórias semânticas depende das estruturas mediais do lobo temporal, incluindo a região hipocampal e neocórtex circundante (83).

### **2.6.2 Memória implícita**

A memória não declarativa é também frequentemente chamada de memória implícita, pois resulta diretamente da experiência (84). Se trata de um sistema de memória que influencia nossas percepções e comportamentos sem nosso conhecimento, consciência ou intenção. Portanto, a memória implícita não é usada intencionalmente e não envolve nenhum esforço(77). As estruturas de importância especial para esses tipos de memória incluem os gânglios da base, o cerebelo, a amígdala e o neocórtex(85). Subsistemas de memória não declarativa incluem: *priming*, condicionamento clássico e memória processual (77).

O *priming* é um processo automático ou inconsciente que pode aumentar a velocidade e a precisão de uma resposta como resultado de experiências prévias. Diferentes pistas acionam a recuperação deste tipo de memória. Sabe-se que as memórias são armazenadas como uma série de conexões que podem ser ativadas por diferentes tipos de pistas; não existe um único local no cérebro associado a um rastreamento de memória específico. O *priming* ajuda a acionar conceitos ou memórias associadas, tornando o processo de recuperação mais eficiente (77).

O condicionamento clássico é a memória para associações formadas entre dois estímulos (77). Este subsistema envolve a associação entre um estímulo que evoque uma resposta mensurável e um segundo estímulo que, normalmente, não evoca essa resposta (84). Então, o condicionamento clássico relaciona-se com o aprendizado associativo, no qual o comportamento é alterado pela formação de associações entre eventos; isso contrasta com a resposta alterada a um único estímulo no aprendizado não associativo (84).

A memória processual é acionada quando há envolvimento de habilidades, hábitos e comportamentos. Este tipo de memória envolve o aprendizado de uma resposta motora (“procedimento”) a um estímulo sensorial. A formação de memórias processuais pode se dar mediante duas classes de aprendizado: não associativo ou associativo (77).

### **2.6.3 Sentidos e sistemas de memória**

A memória pode ser classificada de diferentes maneiras, inclusive de acordo com o tipo de estímulo codificado (visual, auditivo, tátil, gustativo ou olfativo) (86). As modalidades primárias dos sentidos, incluindo visão e toque, são geralmente consideradas distintas. No entanto, as imagens visuais estão implicadas na percepção tátil habitual de determinadas propriedades dos objetos, como orientação, forma e tamanho (65, 87).

Enquanto o aprendizado é a aquisição de novos conhecimentos ou habilidades, a memória é a retenção da informação aprendida. Existe grande variação na forma de aprender e lembrar de diversas informações, sendo importante notar que essas informações podem não ser processadas e armazenadas pela mesma maquinaria neural. Não existe uma única estrutura encefálica ou apenas um mecanismo celular capaz de, individualmente, conglomerar tudo que se aprende. Além do mais, a forma como determinado tipo de informação é armazenada pode mudar com o tempo (84).

O cérebro humano apresenta um complexo sistema de memória tátil para executar as atividades diárias associadas ao armazenamento e recuperação de informações táteis, facilitando o reconhecimento preciso de objetos que foram explorados manualmente previamente (88). As células de memória têm sido relatadas quase que exclusivamente no córtex de associação, há indícios de que elas podem ser encontradas também no córtex somatossensorial (89) e visual (90). Sua presença nesta topografia pode refletir o papel da memória de curto prazo na percepção sensorial, incluindo a percepção háptica (91). O reconhecimento de um objeto por palpação requer a integração de características táteis distintas, o que requer algum grau de memória de curto prazo já nos estágios iniciais do sistema sensorial somático (92).

É fundamental a compreensão de como ocorre a recuperação das informações codificadas previamente sob evocação implícita e explícita. Também é relevante compreender se os estímulos visuais ou hápticos podem ser uma medida de memória implícita ou explícita. Resultados de experimentos comportamentais em conjunto com outros achados recentes de imagens cerebrais podem informar sobre áreas cerebrais envolvidas na memória háptica, implícita e explícita em situações típicas ou considerando aspectos variados, como o envelhecimento (93).

## **2.7 Avaliação e Percepção Háptica**

O controle motor e o aprendizado motor são fundamentais para pesquisas em reabilitação. O *feedback* sensitivo e háptico também merecem ser mais bem avaliados pois apresentam diversas implicações em reabilitação (94).

O sistema háptico desempenha um papel fundamental no desenvolvimento cognitivo e perceptivo em humanos (48). Portanto, este sistema representa uma modalidade alternativa à visão para a avaliação

psicométrica das habilidades cognitivas e perceptivo-motoras, podendo ser especificamente adequado para avaliar voluntários com deficiência visual, onde a experiência perceptiva é háptica, e não visual (95).

Considerando o aprendizado háptico, há uma hierarquia de tarefas complexas que envolvem de forma gradativa as influências de circuitos periféricos, processamento cortical com diferentes demandas cognitivas e tarefas, incluindo aspectos motores, como desempenho motor fino. De tal modo, o aprendizado háptico pode ter como alvo tarefas específicas sem necessariamente alterar toda esta hierarquia. A investigação de aspectos relacionados ou não relacionados ao desempenho háptico pode desvendar mecanismos relacionados ao desempenho háptico ainda não esclarecidos (96).

A habilidade de nomear objetos explorados pelo toque é um passo importante no desenvolvimento. Sendo assim, instrumentos hápticos também podem identificar possíveis déficits de aprendizagem (95).

Existem dois métodos principais para testar a habilidade háptica de reconhecer os objetos. O mais comum é por meio da colocação do objeto na mão do voluntário (cegado), onde o avaliador solicita o nome do objeto (37). Desta maneira, o tempo para reconhecer o objeto pode ser gravado além do número de objetos identificados. Logo, o tempo pode ser comparado ao esperado para participantes sadios reconhecerem objetos comuns, em geral de 1 a 2 segundos (39).

O segundo método trata de um procedimento por correspondência háptica para avaliar o reconhecimento de objetos, assim, a voluntário realiza a exploração com uma mão tentando encontrar uma réplica dele em uma série de objetos. Este método é mais difícil do que simplesmente nomear o objeto e tem sido usado principalmente em estudos de função da mão em participantes com limitações para nomeação dos objetos (37, 97, 98). Embora estes procedimentos sejam eventualmente utilizados na

prática clínica, não apresentam validação ou padronização metodológica e são meramente classificatórios, o que dificulta seu uso em pesquisa.

Os testes hápticos representam uma área em desenvolvimento, seu uso está concentrado em estudos de populações com deficiência visual. Curiosamente, os testes podem dividir-se em duas categorias principais: testes onde o toque ativo é usado como substituto da visão para avaliar a inteligência não-verbal e testes especializados, onde o toque ativo é usado per se para avaliar a qualidade do sistema háptico. Independentemente do tipo, os testes avaliam predominantemente participantes adultos e geralmente estão confinados a interações hápticas com materiais em três dimensões (3D), em oposição a materiais em duas dimensões (2D) (99).

Há variedade entre a forma de validação dos instrumentos hápticos e em geral, as evidências de validação apresentam limitações. O *Functional Tactile Object Recognition Test*, que desenvolvido para voluntários acometidos por acidente vascular cerebral (AVC), foi submetido à validade discriminante (100). O *Byl-Cheney-Boczai Sensory Discriminator Test* (BCBI) foi submetido ao mesmo tipo de validação, além de análise de confiabilidade e responsividade, sendo um teste desenvolvido para medir a estereognosia objetivamente no ambiente clínico (101). O teste *Tactual Profile* avalia o tato de crianças com deficiências visuais graves entre zero e 16 anos de idade, apresenta validade convergente e confiabilidade (102).

Um teste com análises psicométricas amplas, o *Haptic-2D* foi desenvolvido para crianças e adolescentes com deficiências visuais, o qual apresenta validade de constructo, confiabilidade e consistência interna satisfatórias (103).

Desenvolvido por um grupo de fisioterapeutas, o *Minnesota Haptic Function Test* é um instrumento eficaz para avaliar a percepção háptica da curvatura, sendo válido, confiável e clinicamente praticável (104).

No geral, os testes hápticos carecem de validação transcultural, dados de comparação com pares avaliados e índices psicométricos robustos (99).

## **2.7 Instrumentos de avaliação e suas propriedades psicométricas**

A Psicometria compreende procedimentos usados para estimar e avaliar os atributos dos testes. Concentra-se em avaliar o tipo de informação (na maioria dos casos, escores) gerada pelo uso de testes, a confiabilidade dos dados dos testes e questões relativas à validade dos dados obtidos pelos testes (105).

Frequentemente, os termos “variável latente”, “traço latente” ou “constructo” são utilizados para nomear variáveis não observáveis diretamente. A pesquisa em ciências da saúde, comumente mede variáveis latentes por meio de ferramentas de múltiplos itens (escalas). Geralmente, estes instrumentos são validados com muitos detalhes em estudos psicométricos (106). Testes multidimensionais oferecem uma variedade de opções, os avaliadores podem usar qualquer uma ou todas as pontuações dos subtestes, dependendo de sua relevância para pesquisa ou clinicamente (105).

Análise de confiabilidade é uma forma de dimensionar se um método é capaz de fornecer resultados consistentes e precisos relacionados ao seu objetivo (107, 108). Para a determinação se um instrumento é confiável ou não, em geral são avaliados três aspectos: consistência interna (coerência dos itens dentro de uma medida), equivalência (o grau de concordância entre dois ou mais observadores) e estabilidade (comparação de resultados de dois momentos diferentes) (107, 109). Ou seja, a análise da confiabilidade de um instrumento determina sua capacidade em reproduzir os mesmos resultados por meio de avaliadores diferentes, o que informa aspectos sobre sua acurácia,



estabilidade, coerência e homogeneidade. Também ilustra que um mesmo resultado também se apresenta de forma constante considerando diferentes momentos (110).

O conceito de validade é simples e foi perfeitamente formulado por Kelley em 1927, descrevendo que um teste é válido se mede aquilo que se propõe (111). Assim, torna-se fundamental que para um teste ser válido ele avalie um fenômeno de fato existente e ainda, que variações no atributo causem variações nos resultados da avaliação (112). A validade de constructo é uma extensão em que um conjunto de variáveis medidas realmente representa o construto latente teórico que elas são projetadas para medir (113).

A padronização, elaboração de manuais e roteiros para aplicação de métodos de avaliação tornam os resultados mais confiáveis. Portanto, diversos aspectos devem ser levados em consideração em um instrumento, pois as estimativas de confiabilidade são influenciadas por inúmeros aspectos do ambiente de avaliação e pelo método estatístico adotado para análise (114).

Os processos de validação devem utilizar uma amostra representativa, demonstrando confiabilidade e validade adequadas(115). Validade é a consideração mais fundamental em desenvolvimento de testes e avaliação de testes. O processo de validação envolve acumular evidências para fornecer uma base científica sólida para as interpretações de pontuação propostas (116).

A consistência interna descreve a extensão em que todos os itens em um teste medem o mesmo construto, trazendo respostas sobre inter-relação dos itens dentro do instrumento. Portanto, a consistência interna deve ser determinada antes que um teste possa ser empregado para fins de pesquisa ou avaliação, trazendo evidências de validade (117). Em um conjunto de itens, a consistência interna é uma condição necessária, mas

não suficiente, para medir sua homogeneidade ou unidimensionalidade (118, 119).

Existem diversos obstáculos relacionados ao processo de adaptação transcultural de instrumentos, pois se trata de um processo complexo (120). O desenvolvimento de novos instrumentos torna-se prático e viável para o pesquisador, sendo possível detalhar aspectos a serem avaliados não apontados previamente.

O conhecimento científico sobre o sistema háptico continua avançando nos últimos anos. Entretanto, diversos aspectos merecem ser investigados e esclarecidos, o que requer instrumentos de avaliação precisos e confiáveis. Os estudos psicométricos são pertinentes para tornar métodos de avaliação válidos, permitindo seu uso clínico e em pesquisa. Por meio de novos métodos de avaliação é possível documentar características ainda não descritas de maneira detalhada, considerando a percepção háptica. Sequencialmente, por meio de um rico conhecimento deste espectro será possível executar a reabilitação com qualidade e especificidade, por meio de intervenções centradas no desempenho háptico das mãos.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Este estudo contribui de maneira significativa para compreensão do teste em construção, o HPTrg, pois a partir da análise psicométrica do instrumento será possível torná-lo válido e confiável com ferramenta de medida.

Demonstrar por meio de métodos psicométricos que um instrumento apresenta validade de constructo, confiabilidade e consistência interna, permite seu uso clínico e em pesquisa.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo Principal**

Analisar a validade de constructo e a confiabilidade do HPTrg, utilizando as pesquisas de análise da reprodutibilidade de dados por um mesmo examinador, da repetibilidade de dados interexaminadores e da consistência interna (coerência dos itens mensurados).

### **4.2 Objetivos Intermediários**

Descrever a confiabilidade considerando cada componente do teste e ainda, considerando a divisão de figuras geométricas por formas (triângulos, círculos e trapézios).

Investigar se existe homogeneidade no instrumento, por meio de avaliação da consistência interna do instrumento todo e de cada componente.

Identificar por meio da análise fatorial exploratória quais componentes do instrumento avaliam de maneira mais precisa a variável latente.

Determinar a possibilidade de uma versão reduzida do teste de acordo com os achados da análise fatorial.

Descrever quais são os componentes principais do teste.



## **5. MÉTODO**

### **5.1 Tipo de estudo**

Trata-se de um estudo psicométrico de validação de instrumentos, com delineamento prospectivo.

### **5.2 Aspectos Éticos**

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Posteriormente à sua aprovação, CAAE: 89792218.5.0000.0065 (ANEXO 1), teve início da coleta dos dados.

Os voluntários que participaram do estudo receberam orientações sobre os procedimentos, objetivos, riscos e benefícios da pesquisa. Logo, assinaram livremente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, foi esclarecido sobre possibilidade de desistência da pesquisa e anonimato de seus dados. Ao término destas orientações, o participante da pesquisa assinou duas vias do TCLE, ficando com uma delas.

### **5.3 Local do estudo**

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Fisioterapia e Comportamento, do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

## **5.4 Amostra**

Inicialmente, foi estimado o tamanho da amostra, considerando a proporção de 10 voluntários analisados por componente do instrumento, sendo este o valor mais aceitável para fatorabilidade (113). Por se tratar de uma ferramenta com 9 atividades teste, foi estabelecido que a amostra seria composta minimamente por 90 voluntários para validação do constructo.

A determinação do perfil da população avaliada considerou a carência literária em relação à parâmetros clínicos de referência, considerando pessoas típicas, relacionados a percepção háptica. Assim, ficou estabelecido que a amostra seria composta por voluntários jovens e saudáveis, com ensino superior em andamento.

O estudo tem amostra de conveniência, que foi composta por 100 participantes para avaliação da validade do constructo e destes, 50 voluntários (os que foram inicialmente examinados) foram selecionados para estudo de confiabilidade e consistência interna. Foram recrutados estudantes universitários de cursos da área da saúde, destros, de ambos os sexos, com idades entre 18 e 35 anos.

## **5.5 Critérios de elegibilidade**

Foram incluídos na pesquisa participantes jovens, saudáveis, destros, com faixa etária de 18 a 35 anos, sem histórico de doença musculoesquelética, metabólica, vascular ou neurológica e dermatológicas, incluindo histórico de queimaduras na mão. Foi realizada anamnese para inclusão do voluntário na amostra, de acordo com os critérios inclusão. Foi realizada avaliação de lateralidade para a confirmação da dominância manual.

A avaliação de destros é frequentemente aplicada em estudos de neurociências a fim de reduzir a variação de dados clínicos (121). Aproximadamente 10% dos humanos preferem usar a mão esquerda para



ações manuais (122), de tal modo, a avaliação de destros torna-se relevante também pela majoritária representatividade da população geral.

### **5.6 Critérios de exclusão**

Os participantes que desistissem de participar seriam excluídos da pesquisa, conforme sua intenção. Assim como aqueles que recusassem executar as atividades propostas. As perdas amostrais foram registradas pelos pesquisadores.

Não foram incluídos na amostra os voluntários que na anamnese relataram o uso contínuo de substâncias psicoativas. Também não foram incluídos aqueles que apresentaram déficit sensorial identificado. Os voluntários desconheciam o teste e não poderiam ter participado de nenhum estudo do gênero anteriormente.

### **5.7 Fontes e método de seleção dos participantes**

Houve divulgação em redes sociais sobre o protocolo de avaliação em diversas universidades da cidade de São Paulo, incluindo particulares e públicas. Também, foram fixados cartazes em murais de universidades para divulgação da pesquisa.

Em seguida, a partir de contato telefônico, os participantes demonstravam interesse em participar do estudo, caso se enquadrassem nos critérios de elegibilidade.

Conforme a agenda dos pesquisadores responsáveis era reservado o horário para realização da avaliação. Um dia antes da realização da coleta de dados, um dos pesquisadores enviava mensagem de texto para os participantes para confirmação de presença.

## 5.8 Procedimentos

- **Anamnese e testes realizados**

Inicialmente, foi realizada anamnese, com preenchimento de dados dos participantes (nome, endereço eletrônico, data de nascimento). A dominância manual foi confirmada por meio de simulação de atividades funcionais (alimentar-se e pentear-se) e com o preenchimento do inventário de Edimburgo. A avaliação sensorial foi aplicada por meio do teste de monofilamentos de Semmes-Weinstein. Após esta triagem, os voluntários aptos foram submetidos a avaliação pelo Teste de Percepção Háptica da Mão: Alto Relevo com formas geométricas. As rotinas de aplicação dos instrumentos são descritas seguidamente:

- **Monofilamentos de Semmes-Weinstein**

Originalmente, este instrumento de avaliação sensorial compõe 20 monofilamentos, porém, geralmente são utilizados cinco ou seis destes para registros de sensibilidade, sendo diferenciados por cores(123). No presente estudo, a sensibilidade tátil dos voluntários foi avaliada por meio de um conjunto de seis monofilamentos de náilon de Semmes-Weinstein (0,05g, 0,2g, 2,0g, 4,0g, 10,0g e 300,0g). Inicialmente houve esclarecimento sobre o instrumento e como seria aplicado este teste. A compreensão das orientações foi confirmada e havendo necessidade as informações foram repetidas. Secundariamente, o voluntário foi vendado para realização da avaliação. O participante foi orientado a sinalizar assim que sentisse o toque, por mais leve que fosse. O estímulo tátil foi realizado três vezes em cada uma das áreas determinadas pelo teste, sempre na mão dominante, nas regiões dorsal e ventral, totalizando sete áreas testadas. Cada estímulo durou aproximadamente um segundo e meio, sendo fundamental a realização de pressão do monofilamento na pele até que eles se dobrasse.

- **Inventário de Edimburgo**

Trata-se de um método de simples aplicação. É realizada uma autoavaliação por meio de um *check-list* (ANEXO 2) composto por dez

itens com tarefas motoras do cotidiano: escrever, desenhar, arremessar uma bola com apenas uma mão, acender um fósforo, abrir uma caixa, usar uma faca, uma escova de dentes, uma vassoura, uma tesoura e uma esponja(23). Por meio destas atividades são inferidas as preferências laterais manuais. O participante deve indicar sua preferência no uso das mãos nas atividades pela colocação do sinal “+” na coluna apropriada. Após a avaliação do inventário, é determinado o índice de lateralidade pela equação:  $(D - E) / (D + E) \times 100$ . São considerados os pontos de cada coluna da mão direita menos o número de pontos na coluna esquerda. O valor é obtido é então dividido pelo número de pontos de cada coluna da mão direita somado aos pontos da coluna da mão esquerda. Finalmente, o resultado desta equação é multiplicado por cem. Conforme demonstrado previamente, são considerados altamente destros voluntários com score acima de +40 no inventário. O presente estudo selecionou apenas voluntários destros (Edimburgo > 40) (23, 124).

- **Teste de percepção háptica da mão: alto relevo com formas geométricas**

A percepção háptica foi avaliada por meio da graduação da percepção háptica manual de alto relevo. O instrumento é composto por 9 estruturas quadradas de 13 cm em placas de madeira MDF de 3 mm para a base da peça, contendo desenhos de formas geométricas confeccionadas em vinil branco fosco de 0.1mm, 0.2mm e 0.3mm de espessura.

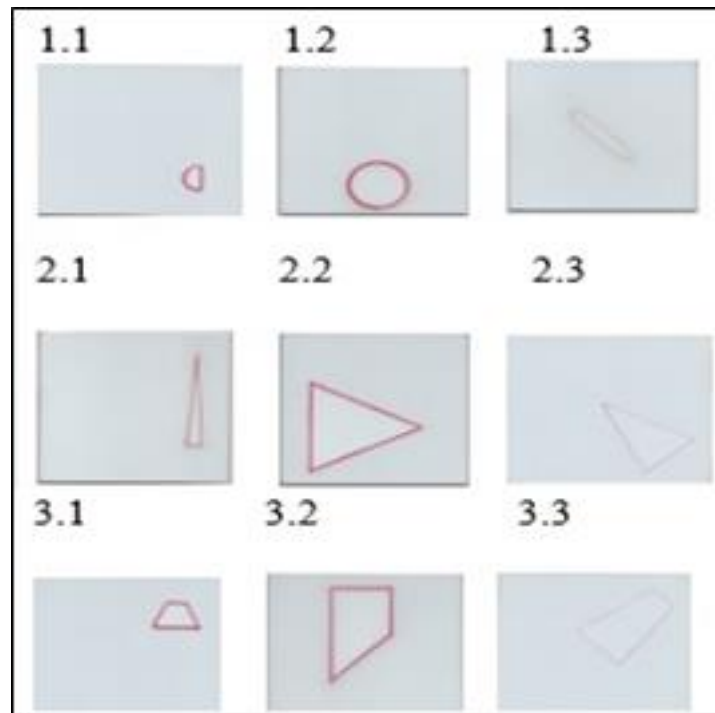


Figura 1. Representação gráfica dos componentes do teste, sendo que a grossura dos traços indica a altura do relevo.

Fonte: Própria

O teste é realizado em mesa de escritório e cadeiras sem braços que possibilitem o posicionamento dos membros superiores, com flexão dos cotovelos em ângulo de 90°, permitindo a padronização postural do participante. Neste mobiliário, o examinador deve sempre ficar na frente do avaliado.

O instrumento também é composto por uma ficha de registro, bloco de replicação, gabarito para avaliação, suporte antiderrapante, venda, cronômetro, venda para os olhos, prancheta e estojo com lápis (tipo HB, número 2). Previamente, o examinador informa quanto aos critérios de avaliação presentes na ficha de registro (replicação, proporção, localização e direção), com o intuito de que o possa reproduzir o conteúdo explorado de modo mais preciso possível, por meio de desenho. A aplicação do teste seguiu um roteiro de aplicação padronizado.

A peça do teste fica posicionada com o desenho para cima, centralizada em cima de um antiderrapante, evitando o deslizamento da peça durante a exploração.

Cada componente do instrumento é uma atividade teste, onde é possível manipular o objeto (peça teste) por até um minuto. É permitido ao voluntário avaliado o uso das estratégias motoras que achar melhor, desde que, o objeto seja manipulado sempre pela mão dominante e a peça teste seja mantida em posição fixa (sendo sustentada pela mão não dominante). Cabe ao avaliador a contagem do tempo e uso dos comandos verbais preconizados pelo teste, devendo consultar o manual do instrumento sempre que necessário.

Após a exploração da peça teste, o participante retira a venda para reproduzir a figura reconhecida da maneira mais precisa possível. A reprodução é realizada em uma das folhas do bloco de replicação, que possuem as mesmas dimensões das peças teste.

Após o examinador recolher a folha com a replicação da figura, ele avalia quatro critérios: replicação, proporção, localização e direção. Cada um destes critérios é avaliado com um (1) ponto em caso de acerto ou zero (0) em caso de erro. Sendo assim, cada componente (atividade teste: são nove no total) pode totalizar o escore máximo de 4. O escore máximo do HPTrg é 36 pontos





Teste Háptico de Figuras Geométricas			
ATIVIDADE TESTE 01		1 = acertou	0 = ñ acertou
0,030mm de altura	0,020mm de altura	0,010mm de altura	Tempo Total das Atividades
Sub teste 1.1	Sub teste 1.2	Sub teste 1.3	0:06:13
			<b>Somatória Atividade</b>
			11,0
Replicação	Replicação	Replicação	
Nota 1,0	Nota 1,0	Nota 1,0	
Proporção	Proporção	Proporção	
Nota 1,0	Nota 0,0	Nota 1,0	
Localização	Localização	Localização	
Nota 1,0	Nota 1,0	Nota 1,0	
Direção	Direção	Direção	
Nota 1,0	Nota 1,0	Nota 1,0	
Tempo (exploração)	Tempo (exploração)	Tempo (exploração)	<b>Tempo Total Atividade 01</b>
0:01:00	0:00:38	0:00:35	0:02:30
Tempo (replicação)	Tempo (replicação)	Tempo (replicação)	
0:00:06	0:00:04	0:00:07	
<b>Total dos parâmetros</b>	<b>Total dos parâmetros</b>	<b>Total dos parâmetros</b>	
4,0	3,0	4,0	

Figura 2. Exemplo de ficha de registro preenchida

Fonte: Própria

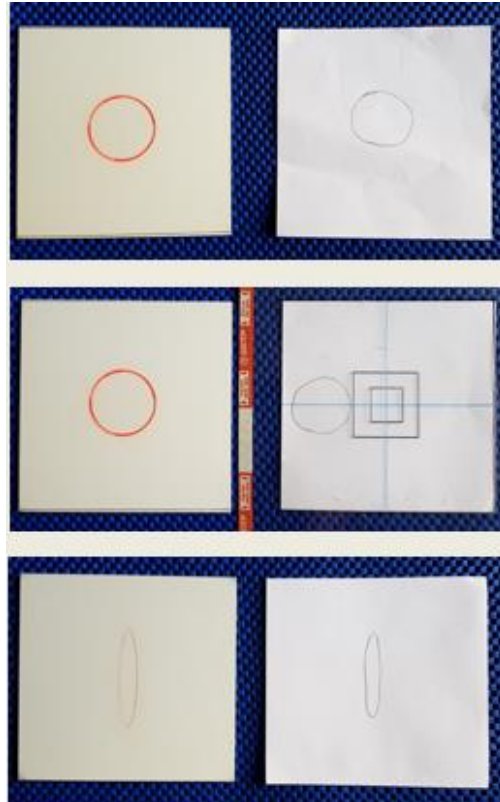


Figura 3. Exemplo das peças teste e replicação dos participantes. A figura central direita mostra o gabarito de acetato, que auxilia a avaliação de localização e proporção.

A ordem de avaliação do protocolo de pesquisa seguiu o fluxo descrito na Figura 4.

Para avaliação da validade de constructo, os voluntários realizaram o teste uma única vez.

Para análise de confiabilidade, que também gerou dados de consistência interna, os examinadores avaliaram a replicação das figuras do HPTrg em três momentos diferentes.

A confiabilidade interexaminadores foi realizada por meio de uma segunda avaliação. Os dados provenientes da análise, isto é, os desenhos reproduzidos em papel foram reavaliados por outro pesquisador

em um segundo momento. Foi preconizado o tempo de trinta minutos entre uma etapa e outra.

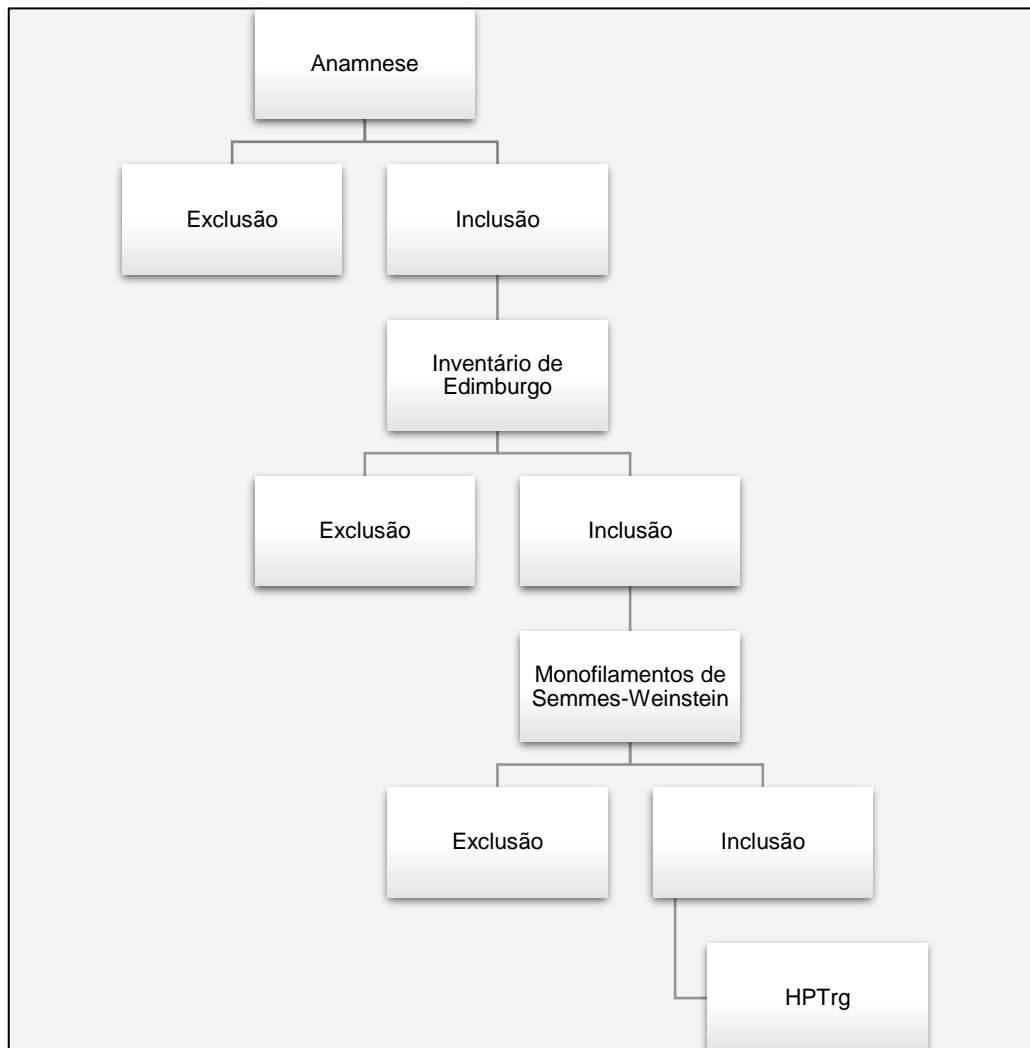


Figura 4. Fluxo de inclusão e exclusão de participantes

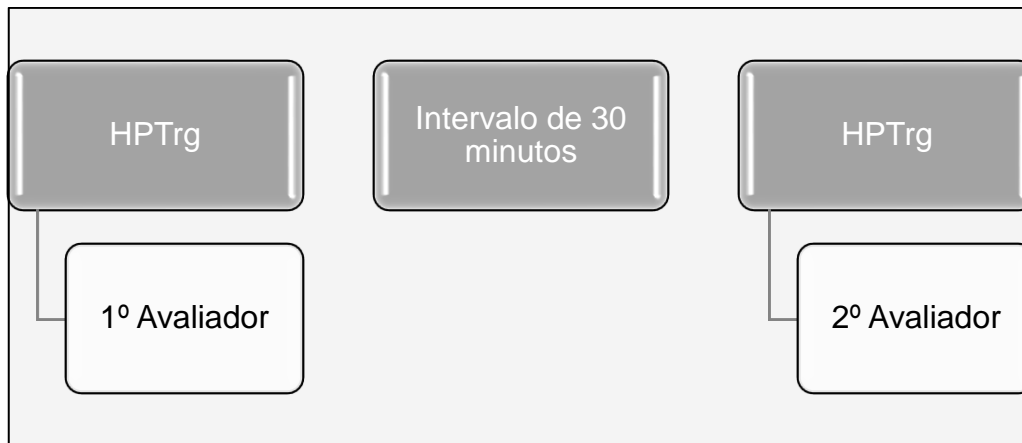


Figura 5. Fluxo de confiabilidade interexaminadores

A confiabilidade intraexaminador foi realizada por meio de uma segunda avaliação executada pelo primeiro pesquisador. Após intervalo de 15 dias, os desenhos realizados pelos participantes na primeira avaliação foram reavaliados

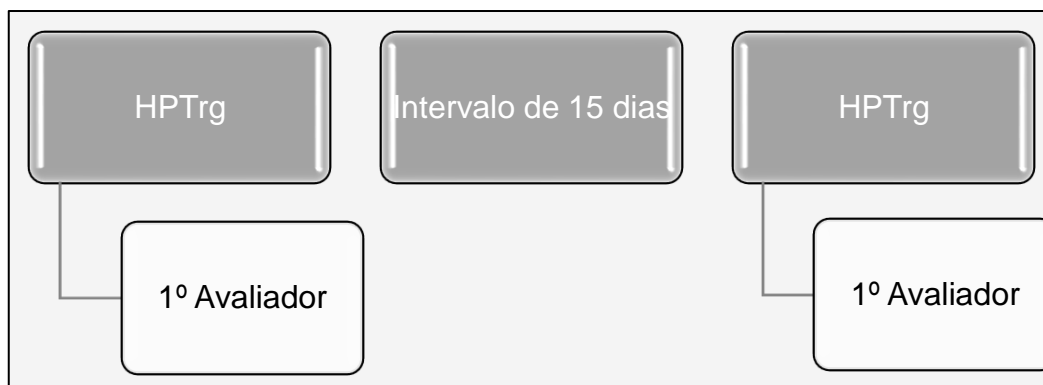


Figura 6. Fluxo de análise de confiabilidade intraexaminador



## **5.9 Coleta de dados**

A coleta de dados ocorreu de agosto de 2018 a janeiro de 2019. As avaliações foram agendadas de acordo com a disponibilidade do local e dos participantes. O laboratório onde os dados foram coletados é silencioso e com possibilidade de climatização, para que a temperatura ambiente não causasse interferência no desempenho dos participantes. Foi preconizada a manutenção da temperatura ambiente em torno de 25 graus Celsius.

Cada bateria de testes teve tempo de duração variável, pois embora existam limites de tempo pré-determinados no teste, houve variação de acordo com o desempenho de cada voluntário, esclarecimento de possíveis dúvidas e reiteração de orientações às normas das avaliações. Foi reservado um período do dia para o desenvolvimento da bateria de testes em um único participante, considerando preparação da sala para as atividades, intervalos e o cumprimento do protocolo de pesquisa com tranquilidade. Um segundo avaliador sempre esteve presente em outra sala, aguardando a execução do teste realizado pelo primeiro examinador, portanto, havia cegamento em relação aos examinadores.

## **5.10 Análise estatística**

Após todos os dados coletados, eles foram organizados em planilhas eletrônicas no programa Microsoft Excel®. Posteriormente,

foram analisados em softwares estatísticos. Para todos os procedimentos estatísticos realizados, o nível de significância foi estabelecido em 0,05.

Para caracterização da amostra, foi realizada estatística descritiva, com o software estatístico RStudio Versão 1.0.143.

Para avaliação das evidências de validade e confiabilidade, diferentes procedimentos estatísticos foram realizados, atendendo aos objetivos desta pesquisa.

Para a validação do constructo, foi realizada Análise Fatorial Exploratória por Componentes Principais. Esta técnica estatística permite a redução do instrumento a um menor número de compostos, mantendo as informações principais. Tradicionalmente, a análise de componentes principais é considerada uma maneira apropriada de realizar essa redução de itens(125). Para este fim, foi utilizado o software IBM SPSS Statistics Versão 1.0.0-2843. Também, foi realizada a Análise Fatorial Confirmatória, com finalidade de confirmação da estrutura fatorial hipotetizada. Este procedimento foi estabelecido por meio do pacote Amos, Versão 25.0.0(IBM SPSS Statistics).

A consistência interna reflete a homogeneidade do instrumento, indicando se seus itens medem a mesma característica, ou seja, a mesma variável latente(126). Para análise da consistência interna, foi avaliado o alfa de Cronbach. Quando os itens de um instrumento estão correlacionados entre si, o valor de alfa eleva-se. Para este procedimento, foi utilizado o software estatístico RStudio Versão 1.0.143.

Considerando a confiabilidade, a análise dos resultados que são obtidos em dois momentos distintos é a estabilidade, que pode ser avaliada por meio do coeficiente de correlação intraclass (*intraclass correlation coefficient* - ICC). Este é um dos testes mais utilizados para estimar a estabilidade de variáveis contínuas, pois leva em consideração os erros de medida (127). A análise estatística da confiabilidade intra e interexaminadores foi avaliada considerando um nível de significância de  $p < 0,05$ . Um valor de ICC igual a 1 indica que os valores angulares são idênticos nas comparações realizadas intra, interexaminadores ou na repetibilidade do método. Valores entre 0,5 e 0,75 indicam confiabilidade moderada, valores entre 0,75 e 0,9 indicam boa confiabilidade, e valores maiores que 0,90 indicam confiabilidade excelente (128). Foi utilizado o software IBM SPSS Statistics Versão 1.0.0-2843 para avaliação da confiabilidade. Valores de ICC abaixo de 0,74 foram considerados não aceitáveis no presente estudo.

As análises psicométricas foram realizadas de acordo com a padronização estabelecida pelas seguintes instituições: *American Psychological Association*, *National Council on Measurement in Education* e *American Educational Research Association*. Tais padrões são aceitos e recomendados pela comunidade científica internacional(116). A análise da confiabilidade foi conduzida de acordo com os *Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies* (129).

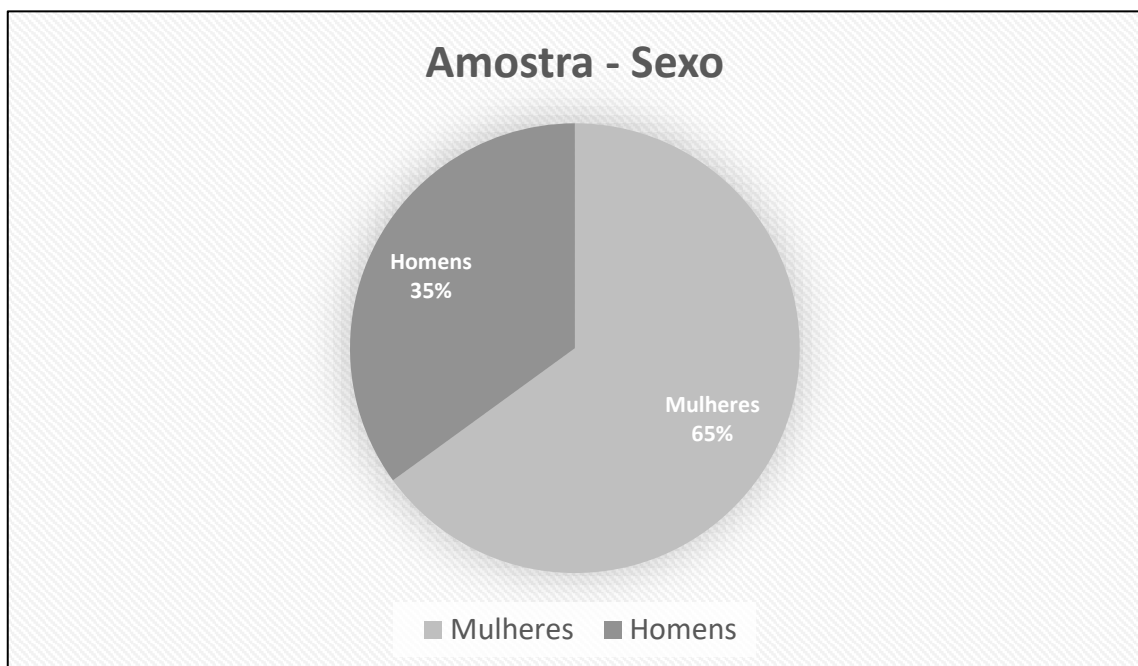


## 6. RESULTADOS

### 6.1 Caracterização da Amostra

Foram avaliados 100 voluntários, sendo 65 mulheres e 35 homens. A idade variou de 18 a 33 anos, com média de 23,15 ( $\pm 4,07$ ) anos. Não houve registro de perdas amostrais, desistências ou dados perdidos.

Gráfico 1. Caracterização da amostra em relação ao sexo



### 6.2 Confiabilidade e Consistência Interna

Dois avaliadores foram treinados por 8 horas para aplicação do teste, com vistas à realização da análise de confiabilidade. Os dois avaliadores eram membros do grupo de pesquisa que desenvolveu o

teste em questão. Foi preconizado que um avaliador fosse rotineiramente o primeiro avaliador, os dados de confiabilidade intraexaminador são provenientes de suas avaliações. Outro pesquisador ficou responsável pelo papel de segundo avaliador, gerando os dados da confiabilidade interexaminadores. Da amostra total, 50 voluntários tiveram o seu desempenho reavaliado para o estudo de confiabilidade.

A análise de confiabilidade foi realizada em três perspectivas: considerando cada item do instrumento, pelo conjunto de três componentes agrupados por forma geométrica (círculos, triângulos e trapézios) e pelo escore total do teste. Os valores de ICC estão relacionados nas tabelas a seguir.

Tabela 1. Valores de ICC e Alfa de Cronbach, considerando cada componente do instrumento e escore total

CONFIABILIDADE										
Componente	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	TOTAL
ICC (intraexaminador)	<b>0,99</b>	<b>0,94</b>	<b>0,88</b>	<b>0,94</b>	<b>0,97</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>0,99</b>
ICC (interexaminadores)	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	<b>0,88</b>	<b>0,92</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	<b>0,92</b>	<b>0,97</b>

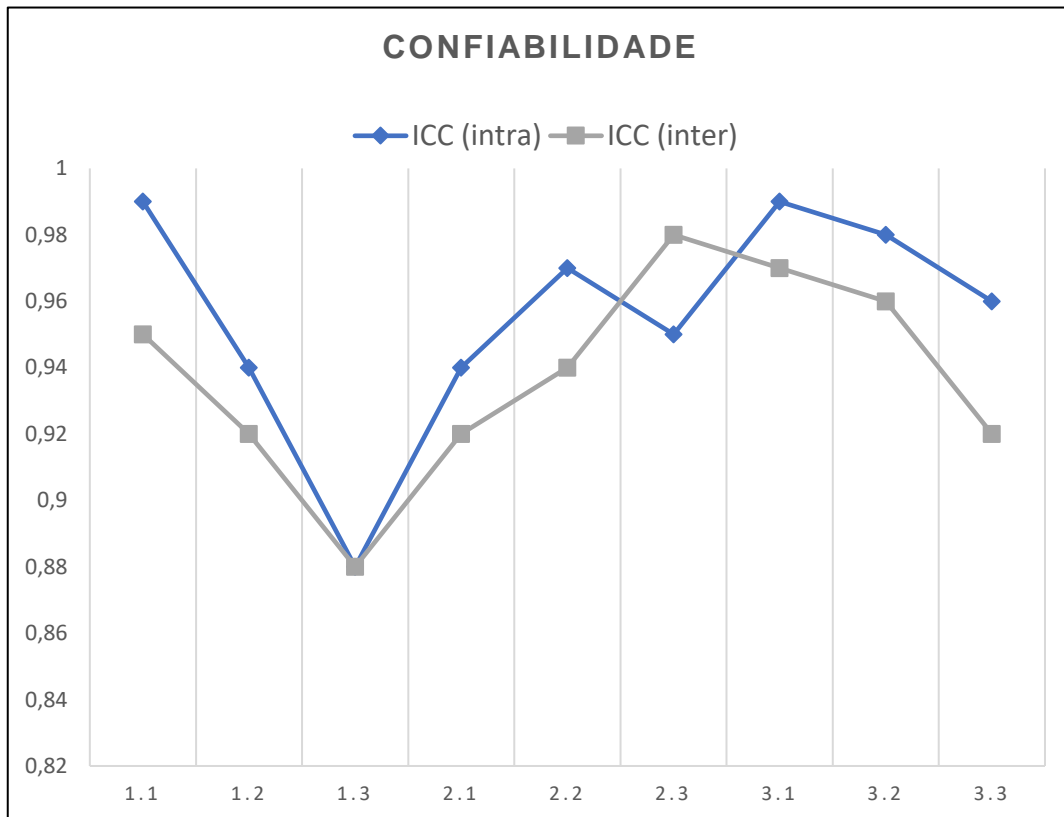
Tabela 2. Valores de ICC e Alfa de Cronbach, considerando os itens agrupados por atividade teste (formas)

	Itens: Círculos	Itens: Triângulos	Itens: Trapézios
ICC (intraexaminador)	<b>0,96</b>	<b>0,97</b>	<b>0,98</b>
ICC (interexaminadores)	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>

Conforme especificado nas Tabelas 1 e 2, os valores de ICC variaram de 0,88 a 0,99 tanto nas análises de confiabilidade intraexaminador quanto nas análises de confiabilidade interexaminadores. Resultados indicam confiabilidade excelente, exceto para o item 1.3 apresentou confiabilidade abaixo de 0,90 - que é indicativo de confiabilidade boa.

Por se relacionar diretamente com indicadores de confiabilidade, foram utilizados dados do primeiro avaliador nestes 50 voluntários para ser realizada a avaliação da consistência interna.

Gráfico 2. Variação dos valores de ICC de acordo com cada componente do instrumento, considerando análise intraexaminador e interexaminadores.



Considerando o instrumento todo, o valor do alfa de Cronbach para o conjunto do teste foi de 0,8, sendo um valor classificado como alto para um conjunto de componentes. Também foi verificado o valor do alfa de Cronbach considerando cada item, o que gera respostas sobre a homogeneidade do instrumento. Assim, os valores variaram entre 0,75 a 0,81. A seguir, estão relacionados os valores de alfa com cada componente do instrumento.



Tabela 3. Valor do alfa de Cronbach de acordo com cada componente do instrumento

Item	Alfa de Cronbach
1.1	0,79
1.2	0,78
1.3	0,81
2.1	0,76
2.2	0,75
2.3	0,81
3.1	0,77
3.2	0,75
3.3	0,78

### 6.3 Validade de Constructo: Análise Fatorial Exploratória

#### Componentes principais

Evidenciou-se que o instrumento apresenta bons indicadores para que fosse realizada a fatorabilidade – avalia a possibilidade de execução de análise fatorial, do conjunto de itens, conforme demonstrado pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), com valor de 0,79. Além disso, foi evidenciado resultado significativo para o teste de esfericidade de Bartlett, que também avalia a possibilidade de aplicação de análise fatorial aos dados, ou seja,  $p < 0,001$ . O quadro a seguir, exhibe as cargas fatoriais e as

comunalidades dos componentes do instrumento. As cargas fatoriais, são os pesos ou impactos de cada item avaliado dentro do conjunto de itens, com valor superior a 0,60 estão em negrito, buscando evidenciar as variáveis mais fortemente associadas a determinado fator.

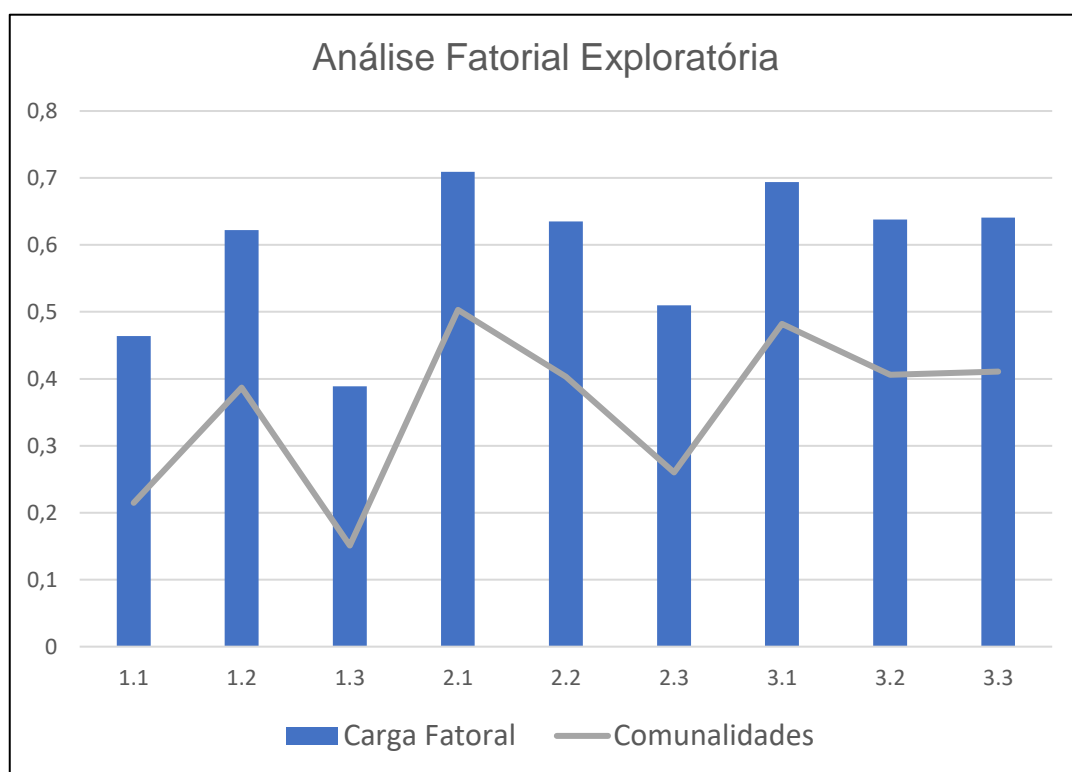
Tabela 4. Cargas fatoriais e comunalidades dos componentes.

Item	Cargas Fatoriais	Comunalidades
1.1	0,464	<b>0,215</b>
1.2	<b>0,622</b>	0,387
1.3	0,389	<b>0,151</b>
2.1	<b>0,709</b>	0,503
2.2	<b>0,635</b>	0,403
2.3	0,510	<b>0,260</b>
3.1	<b>0,694</b>	0,482
3.2	<b>0,638</b>	0,406
3.3	<b>0,641</b>	0,411

Os itens 1.1, 1.3 e 2.3, destacados em vermelho, possuem estimativas de comunalidades de 0.215, 0.151 e 0.260, respectivamente. O que evidencia que apenas 21%,15% e 26%, respectivamente, das variâncias desses itens são compartilhadas por todos os outros, indicando que eles possivelmente medem aspectos diferentes dos demais. Estes, provavelmente não apresentam um papel significativo na composição do instrumento, do ponto de vista estatístico. Estes baixos valores de

comunalidades podem sugerir a retirada ou modificação de itens. Sustentando este aspecto, é possível verificar na Tabela 4 que os itens com comunalidades mais baixas apresentam também as cargas fatorais menos relevantes.

Gráfico 3. Variação dos valores de cargas fatorais e comunalidades de cada componente do instrumento



A carga fatorial é a correlação da variável e do fator. A carga fatorial ao quadrado é a quantia de variância total da variável explicada pelo fator. Então, uma carga de 0,30 reflete aproximadamente 10% de explicação, e uma carga de 0,50 indica que 25% da variância é explicada pelo fator. Sendo assim, a carga fatorial deve exceder 0,70 para que o fator explique 50% da variância de uma variável. Logo, quanto maior o

valor absoluto da carga fatorial, mais importante a carga na interpretação da matriz fatorial (113).

#### **6.4 Validade de Constructo: Análise Fatorial Confirmatória**

Com base na análise fatorial exploratória, foi feita a análise fatorial confirmatória do modelo original do instrumento, composto por nove itens. O modelo original do instrumento, apresenta índices sugestivos de ajustes, conforme relacionado na Tabela 5.

Posteriormente, foi realizada a análise fatorial confirmatória do modelo reduzido, composto por 6 itens. Para a versão reduzida, foram selecionados os seguintes componentes: 2.1, 3.1, 3.3, 3.2, 2.2 e 1.2. Esta ordem foi estabelecida de acordo com as maiores cargas fatorais. O segundo modelo, composto por seis itens, obteve valores significativos e adequados, conforme descrito na Tabela 5. Ainda assim, alguns índices apresentaram valores abaixo do estabelecido como ideais pelos critérios metodológicos da pesquisa. Então, houve reajuste no modelo, que posteriormente apresentou-se adequado e com índices dentro do esperado.

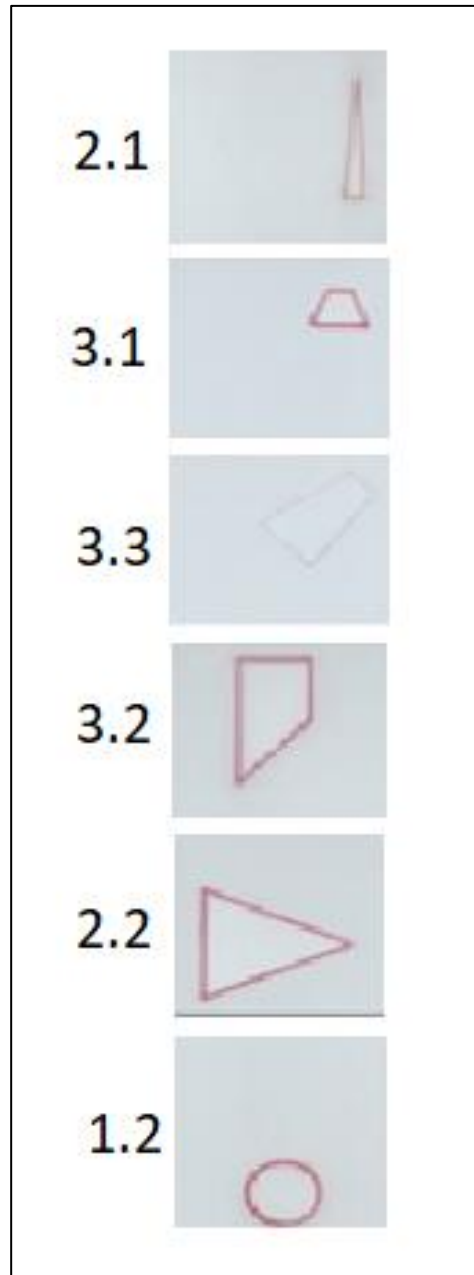


Figura 7. Representação gráfica do novo modelo proposto para estudo, sequencialmente. FONTE: Própria

Para o teste de ajuste do modelo proposto foram considerados os seguintes índices: Qui-quadrado não significativo, *Goodness-of-fit Index* (GFI)  $\geq 0,95$ ; *Adjusted Goodness of Fit Index* (AGFI)  $\geq 0,95$ ; *Comparative*

*Fit Index (CFI)  $\geq 0,95$ ; Tucker-Lewis coefficient (TLI)  $\geq 0,95$ ; Normed Fit Index (NFI)  $\geq 0,95$ ; Root Mean Square Error of Aproximation (RMSEA)  $\leq 0,07$ ; conforme preconizado pela literatura especializada (130-132).*

Os valores do modelo de seis itens pré e pós reajuste, estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Indicadores da análise fatorial confirmatória

Índice	Original	Reduzido	Red. Ajust.
<b>GFI</b>	0,888	0,946	<b>0,975</b>
<b>AGFI</b>	0,820	0,886	<b>0,942</b>
<b>SRMR</b>	0,299	0,185	<b>0,106</b>
<b>CFI</b>	0,795	0,935	<b>1,000</b>
<b>TLI</b>	0,736	0,903	<b>1,022</b>
<b>NFI</b>	0,688	0,867	<b>0,944</b>
<b>RMSEA</b>	0,108	0,087	<b>0,000</b>
<b>Qui quadrado</b>	60,16	17,57	<b>7,43</b>
<b>Graus de Liberdade</b>	28	10	<b>9</b>

\*Red. Ajust. = Reduzido Ajustado

Pela análise fatorial confirmatória foram encontrados valores de ajustes aceitáveis para o modelo final. A seguir, na Figura 8, encontra-se

a representação gráfica de um modelo de equação estrutural, também conhecida como diagrama de caminhos.

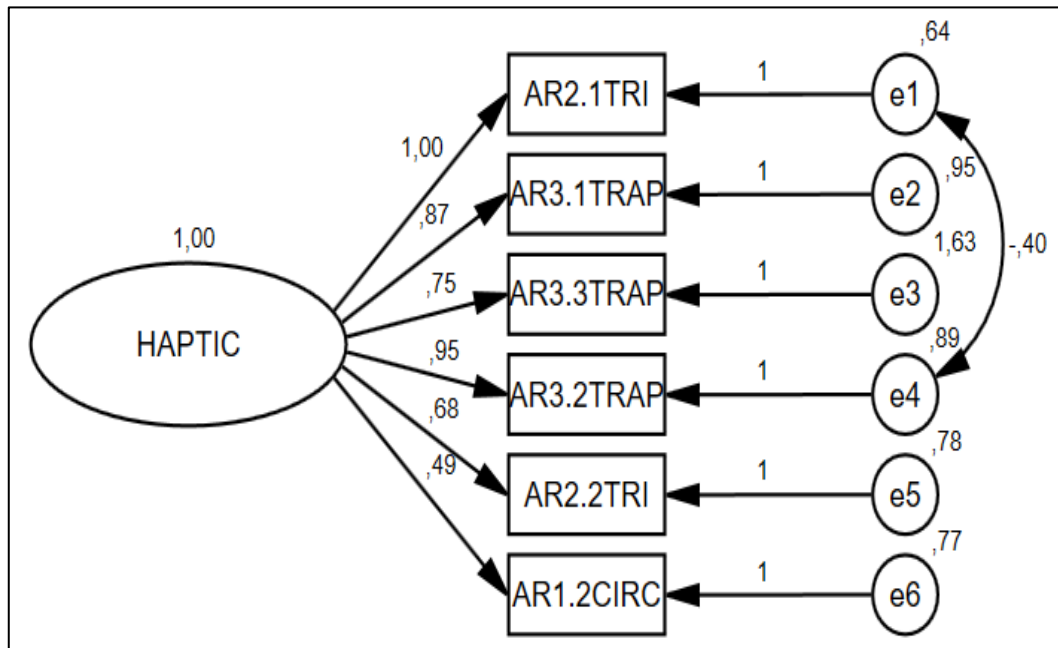


Figura 8. Melhor modelo resultante da análise fatorial confirmatória do teste. A representação oval representa a variável latente, enquanto os retângulos representam as variáveis medidas. Os valores próximos aos componentes representam as cargas fatoriais. Os demais valores representam as correlações existentes.





## 7. DISCUSSÃO

É fundamental o desenvolvimento de métodos de avaliação que apresentem evidências de validação robustas. Apenas por meio de um instrumento de avaliação apropriado é possível identificar e quantificar alterações na percepção háptica de voluntários sadios ou com doenças que acarretem prejuízos perceptuais, contribuindo para tomada de decisão clínica pelo fisioterapeuta e oferecendo condutas de reabilitação apropriadas para corresponder às suas necessidades.

Sendo assim, destaca-se o *Hand Haptic Perception Instrument*, devido seu caráter generalista para compreensão do sistema háptico. Além disto, pode ser usado para complementar os atuais testes considerados padrão-ouro, que se concentram especificamente na percepção tátil, térmica, vibratória e dolorosa (6). Por ter se desenvolvido a partir de um dos domínios do *Hand Haptic Perception Instrument*, o HPTrg pode trazer respostas muito específicas em relação à percepção háptica, que é um tema bastante abrangente. Assim, a análise desta variável latente pode trazer respostas extremamente precisas, fortalecendo as teorias que poderão ser descritas a partir do fenômeno avaliado.

## 7.1 Percepção háptica e análises psicométricas

Em relação à percepção háptica, os principais testes descritos na literatura internacional, foram desenvolvidos dentro de estudos experimentais relacionados ao toque ativo, evidenciando a importância dos movimentos manuais e da exploração sistemática de objetos (39, 42, 133, 134). Metodologicamente existe variação entre a avaliação háptica nestes estudos, que não apresentam manuais para padronização dos procedimentos, o que dificulta sua reprodução. Outro fator que gera heterogeneidade nestes experimentos, é a variedade entre aspectos do sistema háptico que são avaliados. Embora o *Hand Haptic Perception Instrument* também apresente diversidade entre as características analisadas, o teste é dividido em domínios, o que permitiu o desenvolvimento de atividades teste correlacionadas. A complexidade de cada domínio tornou-se fundamental para a elaboração do HPTrg. Entretanto, do ponto de vista psicométrico, houve necessidade de tornar esta análise ainda mais detalhada, possibilitando a compreensão da importância de cada subteste dentro deste instrumento e trazendo evidências de validação que confirmem a qualidade do novo teste.

Considerando a análise psicométrica em pesquisas que avaliam o sistema háptico, o presente estudo apresenta validade de constructo realizada por meio de análise fatorial, o que é raramente efetivado com testes do mesmo segmento. Na perspectiva psicométrica, existe carência de instrumentos com fortes evidências de validação. Uma revisão de literatura conduzida por Mazella et al. (2014) evidenciou que os testes

hápticos representam uma área em evolução e que a maior parte destes instrumentos são destinados a população com deficiência visual (99).

Os resultados das análises psicométricas determinam as fases subsequentes do desenvolvimento dos instrumentos. Caso estas análises evidenciem propriedades psicométricas claras e com grande qualidade, os pesquisadores poderão concluir com eficácia a construção do instrumento de medida. Por outro lado, as análises psicométricas frequentemente revelam aspectos que confirmam que os instrumentos podem e devem ser aprimorados (105). O HPTrg foi idealizado para gerar respostas com alto grau de confiabilidade, a fim de se tornar preciso nos estudos envolvendo a percepção háptica. Ao longo do desenvolvimento do teste, uma extensa busca literária foi realizada e posteriormente os pesquisadores envolvidos preocuparam-se em aprimorar seu conhecimento em relação aos métodos psicométricos atuais. Desde o início do projeto, foi considerada a possibilidade de avaliar cada item do instrumento, para determinação dos componentes principais.

Sendo um método estatístico amplamente utilizado no desenvolvimento de instrumentos, a análise fatorial permite a avaliação das relações entre muitas variáveis. Itens relacionados definem uma parte da construção do instrumento e são agrupados, por outro lado, itens não relacionados não definem a construção e devem ser excluídos da ferramenta(135). No presente estudo, a carga fatorial foi uma variável determinante para o arranjo do instrumento em um novo modelo, com seis itens. A ordenação prévia do teste estava baseada nas formas

geométricas, posteriormente, passou a ser de acordo com a carga fatorial. A carga fatorial indica, em porcentagem, quanta covariância existe entre o fator e o item, ou seja, determina o fator que tem a maior influência em cada variável.

Entre os testes recentes que avaliaram a percepção háptica e o tato, as propriedades psicométricas realizam validação do instrumento por meio de outras estratégias (100, 101). Em geral, é realizada validade convergente e discriminante. Na prática, as evidências relativas à estas formas de validação se baseiam em interpretações bastante subjetivas e generalistas por parte dos pesquisadores. Isto se deve muitas vezes devido à variedade entre as formas de realizar estas análises, não havendo um método considerado padrão e mais apropriado para avaliar a validade convergente e discriminante (105).

As áreas da psicologia e da educação descreveram a validade como um conceito de três principais enfoques. A partir dessa perspectiva tradicional, existem três tipos de validade: validade de conteúdo, validade de critério e validade de construto (105). A validade de constructo reflete o quanto um conjunto de variáveis medidas de fato representa o construto latente teórico que tais variáveis são destinadas a medir (113). Sendo assim, considerando uma perspectiva contemporânea, há destaque para validade de construto como o conceito essencial em validade de instrumentos (105, 136).

O HPTrg apresenta análises psicométricas robustas, o que é raramente encontrado entre os testes hápticos já validados. Da mesma

forma, o *Haptic-2D* é o único instrumento háptico disponível atualmente que apresenta em seu processo de validação a realização de análise fatorial (103).

Frequentemente, testes hápticos apresentam validade de critério (101, 102, 137), que se subdivide em validade convergente e discriminante. Porém, desde 1999, as instituições internacionais mais importantes em psicometria deixaram clara a relevância da validade de constructo (116). Por meio do documento denominado *Standards* as normas para os instrumentos de avaliação preconizam o constructo desde então, considerando cinco aspectos principais: a interpretação do escore depende do conteúdo do teste, a estrutura interna do teste, os processos envolvidos nas respostas, da associação entre o escore do teste com outras variáveis e as consequências do uso do teste (105, 116). A partir da experiência ao longo desenvolvimento do HPTrg, os pesquisadores de nosso laboratório compreenderam que em geral, testes devem ser desenvolvidos considerando os aspectos listados na Figura 12. Assim, torna-se fundamental a validade de constructo que é a base para um instrumento de avaliação, por isto aparece na parte inferior da figura a seguir. Os demais tipos de validade, a normatização e a responsividade são etapas importantes, porém com menos notoriedade considerando o desenvolvimento de um novo instrumento. Assim, surge a proposta do Modelo em Parede, determinando que cada evidência de validação funciona como parte essencial do desenvolvimento do instrumento, evidenciando a importância de uma base robusta, representada pela validade do constructo.

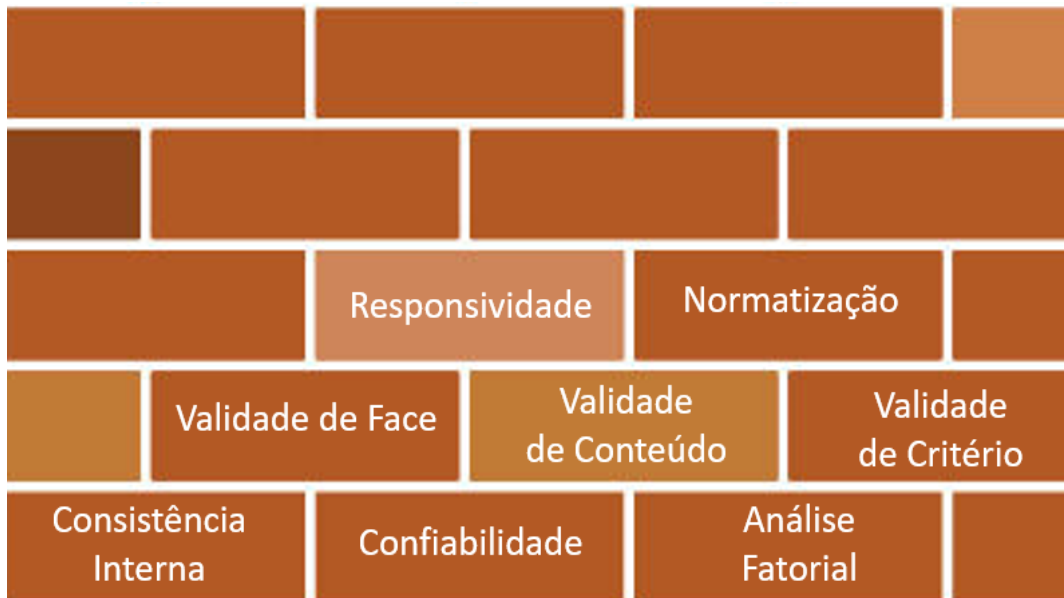


Figura 9. Modelo em Parede: etapas importantes para validade de testes, onde a estrutura inferior fornece sustentação para a construção das análises posteriores

## 7.2 Desenvolvimento de instrumentos

Ao longo do desenvolvimento das ciências da saúde, surgiram métodos de avaliação bastante sofisticados para compreensão de fenômenos clínicos. Essencialmente, um instrumento de avaliação deve medir aquilo que se propõe, tornando-se válido (138). A tecnologia tem sido uma aliada envolvendo estudos do sistema háptico (139, 140). Entretanto, os métodos de avaliação não demonstram qualidade essencialmente por apresentarem características tecnológicas em sua estrutura. Contrariamente, é fundamental que um instrumento seja simples e eficaz para se tornar replicável e posteriormente ser difundido.

Idealmente, a teoria do fenômeno clínico deve ser amplamente estudada para que o desenvolvimento de um instrumento apresente os

aspectos fundamentais e determinantes para compreensão do fenômeno, tornando sua estrutura adequada e certa.

#### **7.4 Componentes do instrumento e amostra**

A população avaliada no presente estudo apresenta características consideradas ideais para avaliação da percepção háptica, incluindo integridade cognitiva, sensorial e motora, além de cabível nível de escolaridade. Os três itens removidos do instrumento, por serem considerados menos representativos para esta população, possivelmente não apresentariam os mesmos resultados em soluções fatoriais aplicadas em populações com determinadas limitações, pois a variância explicada seria provavelmente diferente. Então, a proposta de uma versão reduzida do teste seria direcionada apenas para voluntários jovens e saudáveis, com ensino superior em andamento ou concluído, pois a facilidade que esta amostra apresenta para realização de determinadas tarefas, pode não ser a mesma encontrada em determinadas populações. É importante ressaltar que os escores dos testes são mais confiáveis do que seus componentes individualmente e o uso de menos variáveis significa uma menor chance de variações de medidas compartilhadas que podem não ser suficientemente definidos pela teoria (141).

Amostras compostas por pessoas que apresentem alterações que possam influenciar no desempenho háptico, deverão ser examinadas por meio do instrumento completo, composto por nove itens. A versão original apresenta itens relativamente fáceis, que teriam um peso diferente

quando aplicados à voluntários com determinadas limitações. Em Psicometria, a teoria é o alicerce dos instrumentos de avaliação e a estatística é parte fundamental para compreensão e ajustes da estrutura do teste. Assim, resultados estatísticos nem sempre determinam a retirada ou alteração de certos componentes do instrumento, desde que exista uma teoria bem estabelecida sobre o fenômeno estudado. Atualmente, as técnicas confirmatórias podem ter por finalidade replicar estruturas de fatores e confirmar a teoria, sendo bastante flexíveis (141).

Segundo Ferketich (1999), diversos aspectos impactam no número de componentes de um instrumento, incluindo restrições clínicas, considerações teóricas e a complexidade do processo de construção. É fundamental que um instrumento tenha sido elaborado com atenção em relação à sua extensão e propriedades psicométricas. Embora um instrumento curto possa ser desejável, ele deve ter comprimento adequado para representar o universo de interesse (142).

### **7.5 Aspectos do instrumento**

O HPTrg envolve diversos aspectos, incluindo cinestesia, tato e cognição. A variável latente do teste, ou seja, a percepção háptica, também apresenta caráter multifatorial. Tornou-se desafiador desenvolver um instrumento unidimensional para avaliação de um fenômeno clínico tão rico e diverso. Compreendendo a magnitude por trás da teoria da percepção háptica, se torna mais clara a importância de estudar características específicas deste constructo. Logo, sugere-se que outras



modalidades da percepção háptica sejam estudadas paralelamente, possibilitando a extração de informações precisas sobre este fenômeno. Posteriormente, poderão ser realizadas correlações em estudos multimodais, ou seja, que envolvam diferentes aspectos do sistema somatossensorial. Só então, após inúmeros estudos com instrumentos háptico que apresentem excelentes propriedades psicométricas se tornarão possíveis análises precisas por meio de novos instrumentos que apresentem múltiplas categorias hápticas, sendo então multidimensionais. Desta forma, mais uma vez a análise fatorial será uma aliada para compreensão do número de dimensões destes instrumentos e se de fato, haverá heterogeneidade do ponto de vista estatístico entre cada fenômeno háptico estudado, justificando a divisão da avaliação háptica em subcategorias.

## **7.6 Limitações do Estudo**

O uso de figuras geométricas embora gere refinamento para o instrumento, trazendo respostas precisas sobre desempenho háptico, também pode ser interpretado como um fator limitante, pois a avaliação torna-se restrita, não abrangendo pontos, linhas, curvas e representações gráficas de objetos em 2D.

A amostra denominada “população ideal” foi fundamental para validação do instrumento e futuramente poderá trazer respostas sobre a performance de pessoas típicas, que reúnem características físicas e cognitivas que os tornem capazes de desempenharem o melhor

desempenho háptico possível. Todavia, é fundamental que o instrumento seja validado novamente em diferentes populações para comprovar sua eficácia em detectar alterações perceptuais, considerando o desempenho háptico.

A exclusão de voluntários canhotos é um fator limitante, pois não devem ser sistematicamente excluídos pesquisas de neurociência cognitiva. A inclusão desta população apresenta benefícios amplos e substanciais em vários campos de investigação. Neste sentido, canhotos podem ser usados para desenvolver e testar hipóteses em neurociência cognitiva, sendo fundamentais em estudos que testam o papel da habilidade motora na cognição (121). Sugere-se futuros estudos comparativos entre destros e canhotos.

A partir deste teste, poderão ser realizadas novas adaptações e versões, pois o processo de desenvolvimento de um instrumento é dinâmico e progressivo. Desta forma, embora as evidências sejam de que este instrumento é válido e confiável, devem ser considerados ajustes no modelo do teste. Adicionalmente, novas evidências de validação também podem trazer novas respostas sobre a qualidade do modelo.

Todos os aspectos listados como limitações são alertas e geram perspectivas para outros estudos e aplicabilidade do teste de formas e em diferentes populações.

## 7.7 HPTrg e perspectivas futuras

O HPTrg evidencia resultados muito específicos em relação à percepção háptica, que é um tema bastante amplo. Assim, a análise desta variável latente demonstra respostas precisas, fortalecendo as teorias que poderão ser descritas a partir do fenômeno avaliado.

A confiabilidade é uma propriedade fundamental para um instrumento de avaliação háptica, pois a complexidade do sistema háptico originou um teste com diversas particularidades. Assim, quando um outro grupo de pesquisa utilizar este instrumento, os resultados serão confiáveis conforme demonstrado pelo presente estudo. Contudo, os desenvolvedores do teste recomendam fortemente que o manual do teste seja lido integralmente e esteja presente no momento da sua aplicação.

Recomenda-se que ao ser aplicado em diferentes populações, sua versão original seja utilizada, pois sua teoria e propriedades psicométricas garantem a mensuração da percepção háptica de formas geométricas em alto relevo.

Estudos sequenciais de nosso grupo de pesquisa descrevem o desempenho em voluntários saudáveis e suas principais estratégias motoras para execução da tarefa háptica. Posteriormente será possível correlacionar estes achados com distintas populações, incluindo pacientes com déficits sensoriais, motores e cognitivos.

Com a finalização do projeto de desenvolvimento do teste, haverá disponibilização *on-line* de seu manual e ficha de registro, ambos em português e inglês. O manual do instrumento também apresenta

instruções claras de como confeccionar o teste, que é simples e apresenta baixo custo, o que supre outra lacuna considerando a avaliação háptica.

O uso do HPTrg amplia o conhecimento sobre a percepção háptica, possibilitando perspectivas pouco exploradas, considerando avaliação e intervenção em reabilitação centradas no desempenho háptico das mãos.

## **8. CONCLUSÃO**

O HPTrg é válido e confiável, sendo capaz de responder com veracidade sobre sua variável latente.

Sua confiabilidade é alta considerando cada componente do teste e ainda, pela divisão de figuras geométricas por formas (triângulos, círculos e trapézios). A estrutura interna do instrumento é homogênea e apresenta coerência, em seu modelo original. Os componentes do instrumento avaliam de maneira bastante precisa a percepção háptica. Porém, é possível utilizar uma versão reduzida do teste, composta por seus seis componentes principais, em voluntários jovens, saudáveis e com alto grau de escolaridade.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Johansson RS, Flanagan JR. Coding and use of tactile signals from the fingertips in object manipulation tasks. *Nat Rev Neurosci*. 2009;10(5):345-59.
2. Dimitriou M, Edin BB. Discharges in human muscle receptor afferents during block grasping. *J Neurosci*. 2008;28(48):12632-42.
3. Benson JB, Haith MM. Language, memory, and cognition in infancy and early childhood: Academic Press; 2010.
4. Lederman SJ, Klatzky RL. Extracting object properties through haptic exploration. *Acta Psychol (Amst)*. 1993;84(1):29-40.
5. Cote R, Battista RN, Wolfson CM, Hachinski V. Stroke assessment scales: guidelines for development, validation, and reliability assessment. *Can J Neurol Sci*. 1988;15(3):261-5.
6. Nascimento LP, Martini J, Voos MC, Chien HF, Caromano FA. Development of a new haptic perception instrument: a pilot study. *Arq Neuropsiquiatr*. 2016;74(1):75-80.
7. Napier J, Napier JR, Tuttle RH. *Hands*: Princeton University Press; 1993.
8. Streri A, Féron J. The development of haptic abilities in very young infants: From perception to cognition. *Infant Behavior and Development*. 2005;28(3):290-304.
9. Almecija S, Alba DM. On manual proportions and pad-to-pad precision grasping in *Australopithecus afarensis*. *J Hum Evol*. 2014;73:88-92.
10. Lovejoy CO, Simpson SW, White TD, Asfaw B, Suwa G. Careful climbing in the Miocene: the forelimbs of *Ardipithecus ramidus* and humans are primitive. *Science*. 2009;326(5949):70e1-8.
11. Corballis MC. From mouth to hand: gesture, speech, and the evolution of right-handedness. *Behav Brain Sci*. 2003;26(2):199-208; discussion -60.
12. Gandevia SC. Kinesthesia: Roles for Afferent Signals and Motor Commands. *Comprehensive Physiology*: John Wiley & Sons, Inc.; 2010.
13. Bensmaia SJ. Biological and bionic hands: natural neural coding and artificial perception. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences*. 2015;370(1677):20140209.

14. Georgopoulos AP, Pellizzer G, Poliakov AV, Schieber MH. Neural coding of finger and wrist movements. *J Comput Neurosci.* 1999;6(3):279-88.
15. Santello M, Baud-Bovy G, Jörntell H. Neural bases of hand synergies. *Frontiers in computational neuroscience.* 2013;7:23.
16. Danion F, Schoner G, Latash ML, Li S, Scholz JP, Zatsiorsky VM. A mode hypothesis for finger interaction during multi-finger force-production tasks. *Biol Cybern.* 2003;88(2):91-8.
17. Liu MJ, Xiong CH, Xiong L, Huang XL. Biomechanical Characteristics of Hand Coordination in Grasping Activities of Daily Living. *PLoS One.* 2016;11(1):e0146193.
18. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Department of Biochemistry and Molecular Biophysics Thomas J, Siegelbaum S, Hudspeth AJ. *Principles of neural science: McGraw-hill New York; 2000.*
19. Haywood KM, Getchell N. *Desenvolvimento Motor ao Longo da Vida- 6ª Edição: Artmed Editora; 2016.*
20. Dempsey-Jones H, Kritikos A. Handedness modulates proprioceptive drift in the rubber hand illusion. *Experimental brain research.* 2019;237(2):351-61.
21. Scharoun SM, Scanlan KA, Bryden PJ. Hand and Grasp Selection in a Preferential Reaching Task: The Effects of Object Location, Orientation, and Task Intention. *Front Psychol.* 2016;7:360.
22. Bryden PJ, Huszczyński J. Under what conditions will right-handers use their left hand? The effects of object orientation, object location, arm position, and task complexity in preferential reaching. *Laterality.* 2011;16(6):722-36.
23. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 1971;9(1):97-113.
24. Joanne Jao R, James TW, Harman James K. Multisensory convergence of visual and haptic object preference across development. *Neuropsychologia.* 2014;56:381-92.
25. Ursino M, Cuppini C, Magosso E. Neurocomputational approaches to modelling multisensory integration in the brain: a review. *Neural Netw.* 2014;60:141-65.
26. Cloke JM, Jacklin DL, Winters BD. The neural bases of crossmodal object recognition in non-human primates and rodents: a review. *Behav Brain Res.* 2015;285:118-30.
27. Umphred DA, Lazaro RT. *Neurological rehabilitation: Elsevier Health Sciences; 2012.*



28. Kanan C. Recognizing sights, smells, and sounds with gnostic fields. *PLoS one*. 2013;8(1):e54088-e.
29. Grunwald M, Muniyandi M, Kim H, Kim J, Krause F, Mueller S, et al. Human haptic perception is interrupted by explorative stops of milliseconds. *Front Psychol*. 2014;5:292.
30. Brink EE, Mackel R. Sensorimotor performance of the hand during peripheral nerve regeneration. *Journal of the Neurological Sciences*. 1987;77(2-3):249-66.
31. Barth FG, Giampieri-Deutsch P, Klein H-D. *Sensory perception: mind and matter*: Springer Science & Business Media; 2012.
32. Reed CL, Caselli RJ, Farah MJ. Tactile agnosia. Underlying impairment and implications for normal tactile object recognition. *Brain*. 1996;119 3:875-88.
33. Pass LA, Davis AS. Stereognosis. In: Kreutzer JS, DeLuca J, Caplan B, editors. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. New York, NY: Springer New York; 2011. p. 2382-4.
34. Saetti MC, De Renzi E, Comper M. Tactile morphagnosia secondary to spatial deficits. *Neuropsychologia*. 1999;37(9):1087-100.
35. Kumar A, Dulebohn SC. *Agnosia*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing LLC.; 2018.
36. Veronelli L, Ginex V, Dinacci D, Cappa SF, Corbo M. Pure associative tactile agnosia for the left hand: clinical and anatomo-functional correlations. *Cortex*. 2014;58:206-16.
37. Jones LA, Lederman SJ. *Human hand function*: Oxford University Press; 2006.
38. Klatzky RL, Lederman SJ. Toward a computational model of constraint-driven exploration and haptic object identification. *Perception*. 1993;22(5):597-621.
39. Klatzky RL, Lederman SJ, Metzger VA. Identifying objects by touch: An "expert system". *Perception & Psychophysics*. 1985;37(4):299-302.
40. Lederman SJ, Klatzky RL, Chataway C, Summers CD. Visual mediation and the haptic recognition of two-dimensional pictures of common objects. *Perception & Psychophysics*. 1990;47(1):54-64.
41. Klatzky RL, Loomis JM, Lederman SJ, Wake H, Fujita N. Haptic identification of objects and their depictions. *Perception & Psychophysics*. 1993;54(2):170-8.
42. Grunwald M, Ettrich C, Krause W, Assmann B, Dhne A, Weiss T, et al. Haptic Perception in Anorexia Nervosa Before and After Weight Gain. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2001;23(4):520-9.

43. Millar S. The perceptual "window" in two-handed braille: do the left and right hands process text simultaneously? *Cortex*. 1987;23(1):111-22.
44. Appelle S. Haptic perception of form: Activity and stimulus attributes. *The Psychology of Touch*. 1991:169-88.
45. Davidson PW, Appelle S, Haber RN. Haptic scanning of braille cells by low- and high-proficiency blind readers. *Res Dev Disabil*. 1992;13(2):99-111.
46. Edwards WH. *Motor learning and control: From theory to practice*: Cengage Learning; 2010.
47. Souza ACd, Alexandre NMC, Guirardello EdB. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. 2017;26:649-59.
48. Hatwell Y, Streri A, Gentaz E. *Touching for knowing: cognitive psychology of haptic manual perception*: John Benjamins Publishing; 2003.
49. Owens DM, Lumpkin EA. Diversification and specialization of touch receptors in skin. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*.4(6):a013656.
50. Lent R. Cem bilhões de neurônios. *Conceitos fundamentais de neurociência*. 2010;2:631-9.
51. Penfield W, Boldrey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*. 1937;60(4):389-443.
52. Gallace A, Spence C. The science of interpersonal touch: an overview. *Neurosci Biobehav Rev*. 2010;34(2):246-59.
53. McGlone F, Wessberg J, Olausson H. Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*. 2014;82(4):737-55.
54. Rincon-Gonzalez L, Warren JP, Meller DM, Tillery SH. Haptic Interaction of Touch and Proprioception: Implications for Neuroprosthetics. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2011;19(5):490-500.
55. Gardner EP. *Touch*. Encyclopedia of life sciences. New York: John Wiley and Sons.[Touch]; 2010.
56. Abaira VE, Ginty DD. The sensory neurons of touch. *Neuron*. 2013;79(4):618-39.
57. Iheanacho F, Vellipuram AR. *Physiology, Mechanoreceptors*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019
58. Chang W, Kanda H, Ikeda R, Ling J, DeBerry JJ, Gu JG. Merkel disc is a serotonergic synapse in the epidermis for transmitting tactile signals in mammals. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(37):E5491-500.

59. Talbot WH, Darian-Smith I, Kornhuber HH, Mountcastle VB. The sense of flutter-vibration: comparison of the human capacity with response patterns of mechanoreceptive afferents from the monkey hand. *Journal of Neurophysiology*. 1968;31(2):301-34.
60. Johansson RS. Sensory control of dexterous manipulation in humans. *Hand and brain: The neurophysiology and psychology of hand movements*. San Diego, CA, US: Academic Press; 1996. p. 381-414.
61. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. Mechanoreceptors specialized to receive tactile information. *Neuroscience*. 2001.
62. Fernandez-Montoya J, Avendano C, Negredo P. The Glutamatergic System in Primary Somatosensory Neurons and Its Involvement in Sensory Input-Dependent Plasticity. *Int J Mol Sci*. 2017;19(1):69.
63. Mountcastle VB. Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *J Neurophysiol*. 1957;20(4):408-34.
64. Gazzaniga M, Ivry RB. *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind: Fourth International Student Edition*: WW Norton; 2013.
65. Sathian K, Zangaladze A, Hoffman JM, Grafton ST. Feeling with the mind's eye. *Neuroreport*. 1997;8(18):3877-81.
66. Sathian K, Zangaladze A. Feeling with the mind's eye: the role of visual imagery in tactile perception. *Optom Vis Sci*. 2001;78(5):276-81.
67. Sathian K. Analysis of haptic information in the cerebral cortex. *Journal of Neurophysiology*. 2016;116(4):1795-806.
68. Humphrey T. Some correlations between the appearance of human fetal reflexes and the development of the nervous system. In: *Progress in Brain Research*. 4: Elsevier; 1964. p. 93-135.
69. Turkewitz G, Kenny PA. Limitations on input as a basis for neural organization and perceptual development: a preliminary theoretical statement. *Dev Psychobiol*. 1982;15(4):357-68.
70. Turkewitz G, Kenny PA. The role of developmental limitations of sensory input on sensory/perceptual organization. *J Dev Behav Pediatr*. 1985;6(5):302-6.
71. Bushnell EW, Boudreau JP. Motor development and the mind: The potential role of motor abilities as a determinant of aspects of perceptual development. *Child development*. 1993;64(4):1005-21.
72. Bremner AJ, Spence C. The Development of Tactile Perception. *Adv Child Dev Behav*. 2017;52:227-68.
73. Jouen F, Molina M. Exploration of the newborn's manual activity: A window onto early cognitive processes. *Infant Behavior and Development*. 2005;28(3):227-39.

74. Streri A, Lhote M, Dutilleul S. Haptic perception in newborns. *Developmental Science*. 2000;3(3):319-27.
75. Rochat P, Senders SJ. Active touch in infancy: Action systems in development. *Newborn attention: Biological constraints and the influence of experience*. 1991:412-42.
76. Gori M, Del Viva M, Sandini G, Burr DC. Young children do not integrate visual and haptic form information. *Curr Biol*. 2008;18(9):694-8.
77. May CP, Einstein GO. Memory: a five-day unit lesson plan for high school psychology teachers. Washington, DC: Teachers of Psychology in Secondary Schools (TOPSS) of the American Psychology Association. 2013.
78. Chai WJ, Abd Hamid AI, Abdullah JM. Working Memory From the Psychological and Neurosciences Perspectives: A Review. *Frontiers in Psychology*. 2018;9:401.
79. Lara AH, Wallis JD. The Role of Prefrontal Cortex in Working Memory: A Mini Review. *Frontiers in systems neuroscience*. 2015;9:173-.
80. Ranganath C, DeGutis J, D'Esposito M. Category-specific modulation of inferior temporal activity during working memory encoding and maintenance. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2004;20(1):37-45.
81. Postle BR. Working memory as an emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*. 2006;139(1):23-38.
82. Dickerson BC, Eichenbaum H. The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*. 2010;35(1):86-104.
83. Martin A, Chao LL. Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current Opinion in Neurobiology*. 2001;11(2):194-201.
84. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. *Neuroscience: Lippincott Williams & Wilkins*; 2007.
85. Squire LR. Memory and brain systems: 1969-2009. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*. 2009;29(41):12711-6.
86. Tulving E. Episodic and semantic memory. *Organization of Memory*. 1972;1:381-403.
87. Klatzky RL, Lederman SJ, Reed C. There's more to touch than meets the eye: The salience of object attributes for haptics with and without vision. *Journal of experimental psychology: general*. 1987;116(4):356.
88. Gallace A, Spence C. The cognitive and neural correlates of tactile memory. *Psychol Bull*. 2009;135(3):380-406.

89. Koch KW, Fuster JM. Unit activity in monkey parietal cortex related to haptic perception and temporary memory. *Experimental Brain Research*. 1989;76(2):292-306.
90. Fuster JM. Inferotemporal units in selective visual attention and short-term memory. *Journal of Neurophysiology*. 1990;64(3):681-97.
91. Gibson JJ. *The senses considered as perceptual systems*. Houghton Mifflin 1966.
92. Zhou Y-D, Fuster JM. Mnemonic neuronal activity in somatosensory cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1996;93(19):10533-7.
93. Ballesteros S. Implicit and explicit memory effects in haptic perception. In: *Human haptic perception: Basics and applications*: Springer; 2008. p. 183-98.
94. Ommaya AK, Adams KM, Allman RM, Collins EG, Cooper RA, Dixon CE, et al. Guest editorial: Opportunities in rehabilitation research. *Journal of rehabilitation research and development*. 2013;50(6):vii-xxxii.
95. Ballesteros S, Bardisa D, Millar S, Reales JM. The haptic test battery: A new instrument to test tactual abilities in blind and visually impaired and sighted children. *British Journal of Visual Impairment*. 2005;23(1):11-24.
96. Dinse HR, Wilimzig C, Kalisch T. Learning effects in haptic perception. In: *Human haptic perception: Basics and applications*: Springer; 2008. p. 165-82.
97. Sidney W. Tactile Sensitivity of the Phalanges. *Perceptual and Motor Skills*. 1962;14(3):351-4.
98. Semmes J. A non-tactual factor in astereognosis. *Neuropsychologia*. 1965;3(4):295-315.
99. Mazella A, Albaret JM, Picard D. The Development of Haptic Processing Skills From Childhood to Adulthood by Means of Two-Dimensional Materials. *Can J Exp Psychol*. 2017.
100. Carey L, Nankervis J, LeBlanc S, Harvey L, editors. *A new functional tactual object recognition test (fTORT) for stroke clients: normative standards and discriminative validity* 2006.
101. Byl N, Leano J, Cheney LK. The Byl-Cheney-Boczai sensory discriminator: Reliability, validity, and responsiveness for testing stereognosis. *Journal of Hand Therapy*. 2002;15(4):315-30.
102. Withagen A, Vervloed MPJ, Janssen NM, Knoors H, Verhoeven L. The Tactual Profile: Development of a procedure to assess the tactual functioning of children who are blind. *British Journal of Visual Impairment*. 2009;27(3):221-38.

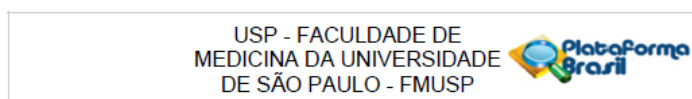
103. Mazella A, Albaret JM, Picard D. Haptic-2D: A new haptic test battery assessing the tactual abilities of sighted and visually impaired children and adolescents with two-dimensional raised materials. *Res Dev Disabil.* 2016;48:103-23.
104. Holst-Wolf J, Tseng Y-T, Konczak J. The Minnesota Haptic Function Test. *Frontiers in Psychology.* 2019;10:818.
105. Furr RM. *Psychometrics: an introduction*: Sage Publications; 2017.
106. Dima AL. Scale validation in applied health research: tutorial for a 6-step R-based psychometrics protocol. *Health Psychology and Behavioral Medicine.* 2018;6(1):136-61.
107. DeVellis RF. *Scale development: Theory and applications*: Sage publications; 2016.
108. Streiner DL, Norman GR, Cairney J. *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*: Oxford University Press, USA; 2015.
109. Waltz CF, Strickland OL, Lenz ER. *Measurement in nursing and health research*: Springer publishing company; 2010.
110. Terwee CB, Bot SDM, de Boer MR, van der Windt DAWM, Knol DL, Dekker J, et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *Journal of clinical epidemiology.* 2007;60(1):34-42.
111. Kelley TL. *Interpretation of educational measurements.* 1927.
112. Borsboom D, Mellenbergh GJ, van Heerden J. The Concept of Validity. *Psychological Review.* 2004;111(4):1061-71.
113. Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL. *Análise multivariada de dados*: Bookman Editora; 2009.
114. Roach KE. Measurement of health outcomes: reliability, validity and responsiveness. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics.* 2006;18(6):P8-P12.
115. Tsang S, Royse CF, Terkawi AS. Guidelines for developing, translating, and validating a questionnaire in perioperative and pain medicine. *Saudi journal of anaesthesia.* 2017;11(Suppl 1):S80-S9.
116. American Educational Research A, American Psychological A, National Council on Measurement in E, Joint Committee on Standards for E, Psychological T. *Standards for educational and psychological testing*: Amer Educational Research Assn; 1999.
117. Tavakol M, Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education.* 2011;2:53-5.

118. Green SB, Lissitz RW, Mulaik SA. Limitations of coefficient alpha as an index of test unidimensionality<sup>1</sup>. *Educational and Psychological Measurement*. 1977;37(4):827-38.
119. Cortina JM. What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of applied psychology*. 1993;78(1):98.
120. Beaton DE, Bombardier C, Guillemin F, Ferraz MB. Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(24):3186-91.
121. Willems RM, der Haegen LV, Fisher SE, Francks C. On the other hand: including left-handers in cognitive neuroscience and neurogenetics. *Nature Reviews Neuroscience*. 2014;15:193.
122. McManus C. Right hand, left hand: The origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures: Harvard University Press; 2004.
123. Weinstein S. Fifty years of somatosensory research: from the Semmes-Weinstein monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test. *J Hand Ther*. 1993;6(1):11-22; discussion 50.
124. Brito GNO, Brito LSO, Paumgarten FJR, Lins MFC. Lateral preferences in Brazilian adults: an analysis with the Edinburgh Inventory. *Cortex*. 1989;25(3):403-15.
125. Linting M, Meulman JJ, Groenen PJF, van der Kooij AJ. Nonlinear principal components analysis: introduction and application. *Psychological methods*. 2007;12(3):336.
126. Streiner DL. Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *J Pers Assess*. 2003;80(1):99-103.
127. de Vet HC, Terwee CB, Knol DL, Bouter LM. When to use agreement versus reliability measures. *J Clin Epidemiol*. 2006;59(10):1033-9.
128. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of chiropractic medicine*. 2016;15(2):155-63.
129. Kottner J, Audige L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hrobjartsson A, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96-106.
130. Boomsma A. Reporting analyses of covariance structures. *Structural equation modeling*. 2000;7(3):461-83.
131. Byrne BM. *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*: Routledge; 2016.
132. Tabachnick BG, Fidell LS. *Using multivariate statistics (Vol. 5)*. Nedham Heights, MA: Allyn & Bacon. 2001.

133. Lederman SJ, Klatzky RL. Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive psychology*. 1987;19(3):342-68.
134. Srinivasan MA, LaMotte RH. Tactual discrimination of softness. *J Neurophysiol*. 1995;73(1):88-101.
135. Munro BH. *Statistical methods for health care research*: lippincott williams & wilkins; 2005.
136. Messick S. Validity In. R. Linn (Ed.) *Educational measurement* (13-103). New York: Macmillan Publishing; 1989.
137. Carey L, Mak Y, Tan AM, Rickard K, Matyas T. Development of a somatosensory screening tool for use in clinical rehabilitation settings with stroke survivors. *International Journal of Stroke*. 2013;8:23.
138. Cronbach LJ, Meehl PE. Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*. 1955;52(4):281-302.
139. Massie TH, Salisbury JK, editors. *The phantom haptic interface: A device for probing virtual objects*1994: Citeseer.
140. Fluet M, Lambercy O, Gassert R, editors. Effects of 2D/3D visual feedback and visuomotor collocation on motor performance in a Virtual Peg Insertion Test. 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2012 28 Aug.-1 Sept. 2012.
141. Floyd FJ, Widaman KF. Factor analysis in the development and refinement of clinical assessment instruments. US: American Psychological Association; 1995. p. 286-99.
142. Ferketich S. Focus on psychometrics. Aspects of item analysis. *Research in Nursing & Health*. 1991;14(2):165-8.



## ANEXO 1



Continuação do Parecer: 2.672.583

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1135315.pdf	16/05/2018 16:14:44		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_completo.pdf	16/05/2018 16:14:01	Fátima Aparecida Caromano	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	16/05/2018 16:12:27	Fátima Aparecida Caromano	Aceito
Outros	anexocep.pdf	16/05/2018 16:11:56	Fátima Aparecida Caromano	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto.pdf	16/05/2018 16:09:17	Fátima Aparecida Caromano	Aceito
Folha de Rosto	fr.pdf	16/05/2018 16:08:40	Fátima Aparecida Caromano	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 24 de Maio de 2018

Assinado por:  
Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira  
(Coordenador)

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21ª andar sala 36  
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.245-903  
UF: SP Município: SAO PAULO  
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

**ANEXO 2***Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971)*

Por favor, tente responder a todas as questões, e somente deixe em branco se você não tiver qualquer experiência com o objeto ou tarefa.

		<i>Esquerda</i>	<i>Direita</i>
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Arremessar		
4	Uso de tesouras		
5	Escovar os dentes		
6	Uso de faca (sem garfo)		
7	Uso de colher		
8	Uso de vassoura (mão superior)		
9	Acender um fósforo (mão do fósforo)		
10	Abrir uma caixa (mão da tampa)		