UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO

DEPARTAMENTO DE DESIGN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

DANILO FERNANDES VITORINO

DESIGN ERGONÔMICO DE APLICATIVOS MÓVEIS: uma proposta metodológica para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com foco nas implicações para conforto físico e saúde dos usuários

RECIFE, 2023

DANILO FERNANDES VITORINO

DESIGN ERGONÔMICO DE APLICATIVOS MÓVEIS: uma proposta metodológica para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com foco nas implicações para conforto físico e saúde dos usuários

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Design. Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos. Linha de pesquisa: Design, Ergonomia e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Alves Marçal

RECIFE, 2023

Catalogação na fonte
Bibliotecária Mariana de Souza Alves – CRB-4/2105

V845d Vitorino, Danilo Fernandes
Design ergonômico de aplicativos móveis: uma proposta metodológica para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com foco nas implicações para conforto físico e saúde dos usuários/ Danilo Fernandes Vitorino. – Recife, 2023.
304f.: il., fig., tab.

Sob orientação de Walter Franklin Marques Correia.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2023.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Avaliação Ergonômica. 2. Smartphones. 3. Interface Gestual. 4. Desconforto. 5. Musculoesquelético. 6. Design Ergonômico. I. Correia, Walter Franklin Marques (Orientação). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2023-108)

DANILO FERNANDES VITORINO

“DESIGN ERGONÔMICO DE APLICATIVOS MÓVEIS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA INTERFACE GESTUAL DE DISPOSITIVOS SMARTPHONES COM FOCO NAS IMPLICAÇÕES PARA CONFORTO FÍSICO E SAÚDE DOS USUÁRIOS.”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Design.

Aprovada em: 26/04/2023.

BANCA EXAMINADORA

Participação via Videoconferência

_____

Prof. Dr. Lourival Lopes Costa Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

_____

Prof. Dr. Adailton Laporte de Alencar (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

_____

Prof. Dr. João Marcelo Xavier Natário Teixeira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

_____

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli (Examinador Externo)
Universidade Estadual Paulista

Participação via Videoconferência

_____

Profª. Drª. Marina de Lima Neves Barros (Examinadora Externa)
Universidade Católica de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco (*in memoriam*) e Maria Auxiliadora, meus irmãos, Douglas e Déborah, minha querida esposa, Luana, e, especialmente, a meus filhos, Daniel e Luna, dedico esta pesquisa com todo amor que possa existir dentro de mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus por sua proteção, força, sabedoria e graça, pois, sem Ele, nada disso seria possível em minha vida.

À minha família, especialmente a meu pai, Francisco (*in memoriam*), que tanto me falou da importância dos estudos acima de qualquer bem material. A minha mãe, Maria Auxiliadora, que me inspirou e inspira com sua coragem e perseverança. Aos meus irmãos, Douglas e Déborah, que se orgulham e vibram com minhas conquistas. Aos meus sogros, Antônio e Enilda, meu cunhado, Rafael, minha cunhada, Thaís, e sobrinhas, Marina (*in memoriam*) e Mariana, pelo apoio, conselhos e carinho. Aos membros das famílias Marinho, Fernandes e Vitorino, que contribuíram em cada aspecto da minha vida. E, em destaque, ao amor da minha vida, Luana, que é meu alicerce e motivo para que todo dia eu tente ser uma pessoa melhor. E aos nossos filhos, Daniel e Luna, nossos bens mais que preciosos e razão para não desistir.

Ao meu orientador, Walter Correia, pela confiança, oportunidades e orientações importantes ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu coorientador, Márcio Marçal, pelo seu tempo, conhecimento e orientações preciosas para este trabalho e para a vida.

Ao meu amigo João Victor, pela força e tempo dedicados para me auxiliar na parte de programação da ferramenta desenvolvida para esta pesquisa.

A tia Wyrla, tio Edilton e Hanna, pela disponibilidade de comprar o equipamento de termografia no Canadá, e por sempre estarem à disposição para me ajudar nessas situações.

À minha prima Monique Vitorino, pelas correções textuais, conselhos e por me inspirar a seguir a vida acadêmica.

Aos membros da banca de qualificação, que contribuíram para o aprimoramento da tese, em especial, à professora Vilma Villarouco (*in memoriam*). Aos membros da banca de defesa, Luis Carlos Paschoarelli, Marina Barros, Lourival Filho, João Marcelo e Adailton Laporte, pelo tempo dedicado para a leitura e pelas considerações sobre a tese, as quais contribuíram para a reflexão acerca dos pontos de aperfeiçoamento da pesquisa e, também, para a minha formação como pesquisador.

Aos colegas, amigos, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Design da UFPE, pela gentileza, empenho e sabedoria transparecidos ao longo desses anos do doutorado. Em especial, Flávia Magalhães, Marcelo Arcoverde e Edson Carneiro, pela eficiência e dedicação, e meus amigos e companheiros de mestrado e doutorado, Aline Neves e Adilson Júnior.

Aos amigos da UniFBV e da CESAR School, pelo companheirismo e aprendizagem que ajudaram na minha formação docente e humana, principalmente Bartira Cunha, Hugo Cavalcanti, Janaina Melo, Adailton Laporte, Fatima Silva, Estacio Lucena, Luiz Araujo e Talita Rampazzo.

A todas e todos que participaram de forma voluntária e contribuíram para a realização dos experimentos desta pesquisa.

Por último, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), que financiou esta pesquisa.

Sou imensamente grato a todos vocês!

“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.”

1 Coríntios 13:2

RESUMO

Os smartphones se popularizaram rapidamente, alcançando parte significativa da população mundial. O gesto, captado através da tecnologia touchscreen (tela sensível ao toque), caracteriza-se como a principal forma de interação com esse dispositivo, facilitando a vida das pessoas em diferentes tarefas diárias, e, contudo, também afetando de forma negativa a saúde dos seus adeptos em diferentes aspectos, sejam físicos ou psicológicos. A partir de tal constatação, esta pesquisa buscou aplicar procedimentos práticos e viáveis para identificar inconformidades ergonômicas que comprometam o conforto físico e as estruturas musculoesqueléticas envolvidas nessa interação. Assim, esta pesquisa tem como finalidade desenvolver um método de avaliação da ergonomia física da interface gestual dos smartphones, através do planejamento dos procedimentos e seleção de técnicas e ferramentas que auxiliem na identificação de problemas que essas interfaces gestuais podem ocasionar no corpo dos seus adeptos, para, em seguida, propor soluções adequadas que reduzam o desconforto e as sobrecargas biomecânicas. Desse modo, foram desenvolvidos três estudos: (1) pesquisa com brasileiros usuários de smartphones para identificar características demográficas, hábitos de uso e a relação com a percepção do desconforto; (2) primeira experimentação, com 10 voluntários, para avaliar a interface original do Feed do Instagram com três maneiras distintas de interação (interfaces A, B e C); (3) segunda experimentação, com 12 voluntários, para comparar a forma predominante de uso da interface original (interface A) e o redesign da interface (interface X), com a aplicação das recomendações ergonômicas para reduzir movimentos extremos (alcançabilidade) e a quantidade de movimentos repetitivos (repetitividade). Os dois últimos estudos foram de caráter experimental, feitos com usuários reais, para validar o método proposto, sendo coletados dados fisiológicos objetivos (ângulos articulares, temperatura da pele e antropometria da mão) e perceptivos subjetivos (desconforto, esforço e estresse). Os resultados do Estudo 1 indicam que há influência do sexo, da preexistência de problemas musculoesqueléticos, e do tempo de uso diário na percepção do desconforto. Além disso, os Estudos 2 e 3 confirmam a hipótese de que os posicionamentos inadequados dos elementos interativos e as ações gestuais repetitivas afetam diretamente a percepção do desconforto nas mãos durante o uso, e que essas variáveis podem ser manipuladas através do design ergonômico da interface digital.

Palavras-chave: Avaliação Ergonômica. Smartphones. Interface Gestual. Desconforto. Musculoesquelético. Design Ergonômico.

ABSTRACT

Smartphones have rapidly become popular, reaching a significant part of the world population. The gesture, captured through the touchscreen technology, is characterized as the main form of interaction with this device, facilitating people's lives in different daily tasks, and, however, also negatively affecting the health of its adepts in different aspects, whether physical or psychological. Based on this finding, this research sought to apply practical and feasible procedures to identify ergonomic non-conformities that compromise the physical comfort and the musculoskeletal structures involved in this interaction. Thus, this research aims to develop a method to evaluate the physical ergonomics of the gestural interface of smartphones, through the planning of procedures and selection of techniques and tools that help to identify problems that these gestural interfaces can cause in the body of their users, and then propose appropriate solutions to reduce discomfort and biomechanical overloads. Thus, three studies were developed: (1) survey with Brazilian smartphone users to identify demographic characteristics, usage habits and the relationship with the perception of discomfort; (2) first experimentation, with 10 volunteers, to evaluate the original interface of the Instagram Feed with three distinct ways of interaction (interfaces A, B and C); (3) second experimentation, with 12 volunteers, to compare the predominant way of using the original interface (interface A) and the interface redesign (interface X), with the application of ergonomic recommendations to reduce extreme movements (reachability) and the amount of repetitive movements (repetitiveness). The last two studies were experimental, carried out with real users, to validate the proposed method, collecting objective physiological data (joint angles, skin temperature and hand anthropometry) and subjective perceptive data (discomfort, effort and stress). The results of Study 1 indicate that there is an influence of gender, preexistence of musculoskeletal problems, and time of daily use on the perception of discomfort. Furthermore, Studies 2 and 3 confirm the hypothesis that improper positioning of interactive elements and repetitive gestural actions directly affect the perception of discomfort in the hands during use, and that these variables can be manipulated through the ergonomic design of the digital interface.

Keywords: Ergonomic Evaluation. Smartphones. Gestural Interface. Discomfort. Musculoskeletal. Ergonomic Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lista dos 10 Apps mobile mais baixados da década. 31
Figura 2 – Recortes da pesquisa. 36
Figura 3 – Esquema da pesquisa. 42
Figura 4 – Tríade teórica da pesquisa. 43
Figura 5 – Gestos: 1 simbólico, 2 deíctico, 3 icônico e 4 pantomímico. 46
Figura 6 – Interface touchscreen. 46
Figura 7 – Interface com Gestos Livres. 46
Figura 8 – Plato IV. 48
Figura 9 – Gestos comuns para interfaces touchscreen. 53
Figura 10 – Modelo de iPhone 4.7", com botão Início/Home, e iPhone 5.8", sem este botão. 54
Figura 11 – Linha horizontal na borda inferior do iPhone X e posteriores. 54
Figura 12 – Gesto de navegação para tela de início. 55
Figura 13 – Recurso alcançabilidade do iPhone. 56
Figura 14 – Gesto para ativar lanterna. 58
Figura 15 – Gesto para ativar câmera. 58
Figura 16 – Gesto para diminuir a tela. 58
Figura 17 – Tipos de manuseio observados e porcentagem de uso. 60
Figura 18 – Segurando o smartphone com uma mão. 61
Figura 19 – Segurando com uma mão e tocando com outra. 61
Figura 20 – Uso de duas mãos ao segurar um telefone vertical ou horizontalmente. 62
Figura 21 – Maneiras comuns de as pessoas segurarem e tocarem seu celular. 62
Figura 22 – Mudanças de manuseio de acordo a interação específica. 63
Figura 23 – Posições de preferência de toque e Posições de rolagem da tela. 64
Figura 24 – Proposta metodológica de design ergonômico. 72
Figura 25 – Variáveis da antropometria estática das mãos. 79
Figura 26 – Nove variáveis antropométricas da mão (direita e esquerda). 81
Figura 27 – Valores médios (em graus) de rotações voluntárias do corpo. 82
Figura 28 – Movimentos de mão e punho listados na Tabela 7. 83
Figura 29 – Representação gráfica das faixas de amplitude segura e crítica para movimentos e posturas de punho e antebraço. 84

Figura 30 – Deslizamento entre intercarpais (setas). 87
Figura 31 – Movimentos angulares: flexão, extensão e hiperextensão. 88
Figura 32 – Movimentos angulares: abdução, adução e circundução. 88
Figura 33 – Rotação nas articulações sinoviais. 89
Figura 34 – Movimentos especiais nas articulações sinoviais. 89
Figura 35 – Movimentos da escápula. 90
Figura 36 – Movimentos (e amplitude de movimento) na articulação esternoclavicular. 90
Figura 37 – Estrutura da mão. 91
Figura 38 – Dedos e falanges. 91
Figura 39 – Amplitudes das articulações dos dedos. 92
Figura 40 – Movimentos na articulação carpometacarpal do polegar. 93
Figura 41 – a) Movimentos do polegar e indicador e b) siglas das articulações dos dedos. 93
Figura 42 – Ilustração das faixas seguras e críticas para os movimentos do polegar das articulações CMC Radial, MCP e IP. 96
Figura 43 – Seis categorias de manejo. 97
Figura 44 – Tipos de preensão. 98
Figura 45 – Peso da cabeça de acordo com ângulo de inclinação do pescoço. 106
Figura 46 – Procedimento Snowballing. 108
Figura 47 – Esquema do processo da Revisão Sistemática *Snowballing*. 110
Figura 48 – Partes do corpo verificadas nos estudos. 112
Figura 49 – Métodos, técnicas e ferramentas utilizados nos artigos da RSL. 114
Figura 50 – Modelo conceitual de uso de smartphones. 114
Figura 51 – Escolaridade dos respondentes. 132
Figura 52 – Marca de smartphone dos participantes. 133
Figura 53 – Tipos de aplicativo mais utilizados pelos respondentes. 134
Figura 54 – Frequência de uso dos aplicativos de redes sociais. 135
Figura 55 – Frequência de uso dos Apps de mensagens instantâneas. 135
Figura 56 – Forma de comunicação preferida. 136
Figura 57 – Frequência de uso das formas de comunicação. 136
Figura 58 – Formas de manuseio mais utilizadas. 137
Figura 59 – Partes do corpo em que sentem incômodo. 138
Figura 60 – Visibilidade de uso dos Apps de redes sociais no Brasil em 2020. 144

Figura 62 – Captura de telas do App do Instagram. 153
Figura 63 – Mapeamento do alcance e gestos de interação do Instagram. 154
Figura 64 – Tipos de manuseio para interação com o Feed. 155
Figura 65 – Rolagem vertical para cima (X) ou para baixo (Y). 155
Figura 66 – Rolagem vertical do Feed do Instagram. 156
Figura 67 – Câmera Termografic Flir C5. 159
Figura 68 – Termo-higrômetro Incoterm. digital 159
Figura 69 – Anemometro Digital GM816. 159
Figura 70 – Posições registradas através de filmagem contínua e segmentos do corpo capturados. 161
Figura 71 – Demonstração de análise do Kinebot. 162
Figura 72 – MediaPipe Hands com 21 pontos de referência 3D de uma mão. 163
Figura 73 – Sala do experimento e instrumentos utilizados. 166
Figura 74 – Rolagem vertical da tela do Feed do Instagram. 167
Figura 75 – Curtir com duplo toque (1) e curtir com toque no ícone do coração (2) 168
Figura 76 – Sequência de imagens. 169
Figura 77 – Procedimentos do experimento 170
Figura 78 – Quadro de vídeo do voluntáro durante o experimento processado no Kinebot. 171
Figura 79 – Média de exposição de cada região avaliada no sistema Kinebot (A, B e C), ... 172
Figura 80 – Imagens do rastreamento das articulações do polegar de um dos voluntários. 173
Figura 81– Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface A. 175
Figura 82 – Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface B. 175
Figura 83 – Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface C. 175
Figura 84 – Gráficos das médias gerais nas faixas de exposição do CMC com divisão por sexo. 176
Figura 85 – Gráfico da distribuição percentual em faixas críticas para abdução e adução do CMC para as três situações de uso (A, B e C). 177

Figura 86 – Gráfico de abdução e adução do CMC na faixa crítica com divisão por sexo. 178
Figura 87 – Gráficos de repetições. 180
Figura 88 – Regiões com queixas de desconforto no pré e pós-uso. 181
Figura 89 – Gráfico do desconforto nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexos. 182
Figura 90 – Resultado do Mapa de Desconforto das mãos nos três momentos de uso. 183
Figura 91 – Gráfico do desconforto na mão nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo. 185
Figura 92 – Valores médios para esforço percebido. 186
Figura 93 – Gráfico do esforço percebido nos momentos pós-testes com divisão de sexo. 187
Figura 94 – ROIs dos ombros direito e esquerdo pré-uso e pós-usos A, B e C. 188
Figura 95 – ROIs da cervical pré-uso e pós-usos A, B e C. 190
Figura 96 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-usos com divisão de sexo. 192
Figura 97 – ROIs da região palmar direita e esquerda pré-uso e pós-uso (A, B e C). 193
Figura 98 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-uso com divisão de sexo. 199
Figura 99 – Escala de nível de estresse emocional. 200
Figura 100 – Gráfico do nível de estresse nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo. 201
Figura 101 – Sequências de imagens térmicas dos momentos antes (A, B e C), masculino e feminino. 202
Figura 102 – Redesign ergonômico do Feed do Instagram 213
Figura 103 – Média de exposição de cada região avaliada no sistema Kinebot (A e X). 214
Figura 104 – Porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface A. 216
Figura 105 – Porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface X. 216

Figura 106 – Gráficos das médias gerais nas faixas de exposição do CMC com divisão por sexo. 217
Figura 107 – Gráfico da distribuição percentual em faixas críticas para abdução e adução do CMC para as duas situações de uso (A e X). 218
Figura 108 – Gráfico de abdução e adução do CMC na faixa crítica com divisão por sexo. 219
Figura 109 – Repetitividade das ações gestuais no uso das interfaces A e X com divisão por sexo. 221
Figura 110 – Regiões com queixas de desconforto no pré e pós-uso. 222
Figura 111 – Gráfico do desconforto nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo. 223
Figura 112 – Resultado do Mapa de Desconforto das mãos nos dois momentos de uso. 224
Figura 113 – Gráfico do desconforto na mão nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo. 226
Figura 114 – Valores médios para esforço percebido. 227
Figura 115 – Gráfico do esforço percebido nos momentos pós-testes com divisão de sexos. 227
Figura 116 – ROIs dos ombros direito e esquerdo pré-uso e pós-uso A e X. 228
Figura 117 – ROIs da cervical pré-uso e pós-uso A e X. 230
Figura 118 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-usos com divisão de sexos. 231
Figura 119 – ROIs da região palmar direita e esquerda pré-uso e pós-uso A e X. . 232
Figura 120 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-uso com divisão de sexos. 238
Figura 121 – Gráfico do nível de estresse nos momentos pré e pós-testes, com divisão de sexos. 239
Figura 122 – Sequências de imagens térmicas dos momentos antes (A e X). 240
Figura 123 – Termografia dos ombros dos volutários no pré-uso. 290
Figura 124 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface A ... 290
Figura 125 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface B ... 290
Figura 126 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface C. .. 290
Figura 127 – Termografia da cervical dos volutários no pré-uso. 291
Figura 128 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface A. 291

Figura 129 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface B 291
Figura 130 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface C 291
Figura 131 – Termografia da palmar dos volutários no pré-uso. 292
Figura 132 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface A. 292
Figura 133 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface B. 292
Figura 134 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface C 292
Figura 135 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pré-uso. 293
Figura 136 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface A. 293
Figura 137 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface B. 293
Figura 138 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface C. 293
Figura 139 – Face dos voluntários no pré-uso. 294
Figura 140 – Face dos voluntários no pós-uso da interface A. 294
Figura 141 – Face dos voluntários no pós-uso da interface B. 294
Figura 142 – Face dos voluntários no pós-uso da interface C. 294
Figura 143 – Termografia dos ombros dos volutários no pré-uso. 295
Figura 144 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface A ... 295
Figura 145 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface X ... 295
Figura 146 – Termografia da cervical dos volutários no pré-uso. 296
Figura 147 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface A 296
Figura 148 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface X 296
Figura 149 – Termografia palmar dos volutários no pré-uso. 297
Figura 150 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface A 297
Figura 151 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface X 297
Figura 152 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pré-uso. 298
Figura 153 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface A. 298
Figura 154 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface X. 298
Figura 155 – Face dos voluntários no pré-uso. 299
Figura 156 – Face dos voluntários no pós-uso da interface A. 299
Figura 157 – Face dos voluntários no pós-uso da interface X. 299

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese de gestos das diretrizes gestuais *Material Design* e iOS. 52
Tabela 2 – Gestos de Navegação iPhone X e posteriores. 55
Tabela 3 – Navegação de um toque. 57
Tabela 4 – Medidas de antropometria estática das mãos. 79
Tabela 5 – Medidas de antropometria estática (2,5°, 50° e 97,5° percentis) 80
Tabela 6 – Dimensões da mão. 80
Tabela 7 – Mobilidade de punho e antebraço (em graus). 83
Tabela 8 – Articulações dos dedos e amplitude máxima dos movimentos. 94
Tabela 9 – Amplitude dos movimentos das articulações do polegar baseada em diferentes autores 95
Tabela 10– Artigos Finais. 111
Tabela 11 – Amostra de respondentes por estado e região do Brasil. 131
Tabela 12 – Indicação do sexo e da faixa etária dos respondentes. 131
Tabela 13 – Faixas de dimensões das telas dos smartphones dos respondentes. 133
Tabela 14 – Tempo de uso diário dos respondentes. 133
Tabela 15 – Associação entre o desconforto durante o uso do smartphone e o sexo, a faixa etária, a dominância lateral, a dificuldade de mobilidade preexistente, o sistema operacional, a dimensão da tela, o tempo de uso diário e o tipo de manuseio. 139
Tabela 16 – Associação entre sexo, dificuldade de mobilidade preexistente e tempo de uso diário. 140
Tabela 17 – Associação entre faixa etária e as variáveis dificuldade de mobilidade preexistente, tempo de uso diário, tipo de manuseio, mensagem de texto e chamada telefônica. 141
Tabela 18 – Materiais e instrumentos para a coleta. 158
Tabela 19 – Características gerais dos voluntários do Estudo 2. 165
Tabela 20 – Etapas para registros térmicos e ROIs. 169
Tabela 21 – Amplitude média da CMC Radial em cada interface avaliada. 173
Tabela 22 – Amplitude média da MCP em cada interface avaliada. 174
Tabela 23 – Amplitude média da IP em cada interface avaliada. 174
Tabela 24 – Média de repetição de ações gestuais. 179
Tabela 25 – Descritiva do nível de desconforto físico corporal. 181

Tabela 26 – Quantidade de regiões com queixas e somatório total do nível de desconforto. 183
Tabela 27 – Descritiva das queixas de desconforto da mão no pré e pós-usos. 184
Tabela 28 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-usos. 184
Tabela 29 – Delta da temperatura em graus celsius dos ombros direito e esquerdo 189
Tabela 30 – Dados da temperatura do ombro dominante. 189
Tabela 31 – Dados da temperatura da cervical. 191
Tabela 32 – Média da temperatura nos ombro direito e cervical comparando pré-uso e pós-uso A, B e C e p-valor. 191
Tabela 33 – Delta da temperatura das regiões tenares direitas e esquerdas das mãos. 194
Tabela 34 – Dados termográficos da região tenar da mão dominante pré e pós-usos. 194
Tabela 35 – Delta da temperatura dos punhos direito e esquerdo das mãos. 195
Tabela 36 – Dados termográficos dos punhos dominantes pré e pós-uso. 196
Tabela 37 – Delta da temperatura dos dedos mínimos direito e esquerdo das mãos. 196
Tabela 38 – Dados termográficos dos dedos mínimos dominantes pré e pós-uso. 197
Tabela 39 – Médias e ANOVA da região tenar, punho, dedo mínimo e dorso da mão dominante. 198
Tabela 40 – Estatística descritiva do nível de estresse relatado pré e pós-uso. 200
Tabela 41 – Estatística descritiva das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-usos. 202
Tabela 42 – Test T das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso. 203
Tabela 43 – Antropometria das mãos direitas dos voluntários para o sexo masculino e feminino, e valor de “p” (ANOVA – $p \leq 0,05$). 205
Tabela 44 – Características gerais dos voluntários do Estudo 3. 212
Tabela 45 – Amplitude média da CMC Radial em cada interface avaliada. 215
Tabela 46 – Amplitude média da MCP em cada interface avaliada. 215
Tabela 47 – Amplitude média da IP em cada interface avaliada. 215
Tabela 48 – Média de repetição de ações gestuais. 220
Tabela 49 – Descritiva do nível de desconforto físico corporal. 222
Tabela 50 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-uso. 223

Tabela 51 – Quantidade de regiões com queixas e somatório total do nível de desconforto. 224
Tabela 52 – Descritiva das queixas de desconforto da mão no pré e pós-uso. 225
Tabela 53 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-uso. 225
Tabela 54 – Delta da temperatura dos ombros direito e esquerdo. 229
Tabela 55 – Dados da temperatura do ombro dominante. 229
Tabela 56 – Dados da temperatura da cervical. 230
Tabela 57 – Descritiva das temperaturas médias e ANOVA ombro direito e cervical. 231
Tabela 58 – Delta da temperatura das regiões tenares direitas e esquerdas das mãos. 233
Tabela 59 – Dados termográficos da região tenar da mão dominante nos pré e pós-uso. 234
Tabela 60 – Delta da temperatura dos punhos direito e esquerdo das mãos. 234
Tabela 61 – Dados termográficos dos punhos domintantes pré e pós-uso. 235
Tabela 62 – Delta da temperatura dos dedos mínimos direito e esquerdo das mãos. 236
Tabela 63 – Dados termográficos dos dedos mínimos dominantes pré e pós-uso. 236
Tabela 64 – Descritiva das temperaturas médias e p-valor das regiões tenar, punho, dedo mínimo e dorso da mão dominante. 237
Tabela 65 – Estatística descritiva do nível de estresse relatado pré e pós-uso. 239
Tabela 66 – Estatística descritiva das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso. 240
Tabela 67 – Test T das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso. 241
Tabela 68 – Antropometria da mão direita dos voluntários para os sexos masculino e feminino, e valor de “p” (ANOVA – $p \leq 0,05$). 242

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

App - Aplicativo

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

CETIC - Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação

CMC Radial - Carpometacarpal

DORT - Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho

EMG - Eletromiografia

FGVcia - Centro de Tecnologia de Informação Aplicada da Fundação Getúlio Vargas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGT - Interfaces Gestuais Touchscreen

IP - Interfalangeana Proximal

LaCA²I - Laboratório de Concepção e Análise de Artefatos Inteligentes

LER - Lesão por Esforço Repetitivo

MCP - Metacarpofalangeana

NUI - Natural User Interface (Interface Natural de Usuário)

PDA - Personal Digital Assistants (Assistente Pessoal Digital)

ROI - Region of Interest (Região de Interesse)

RSL - Revisão Sistemática da Literatura

RULA - Rapid Upper Limb Assessment (Avaliação Rápida dos Membros Superiores)

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TI – Tecnologia da Informação

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 26
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO 27
1.1.1 Aplicativos de mensagens instantâneas e redes sociais 29
1.2 JUSTIFICATIVA 33
1.3 OBJETO DE ESTUDO 34
1.4 QUESTÃO DA PESQUISA 34
1.5 HIPÓTESE 35
1.6 RECORTES DA PESQUISA 35
1.7 OBJETIVOS 36
1.7.1 Objetivo Geral 36
1.7.2 Objetivos Específicos 37
1.8 ORIGINALIDADE E INEDITISMO 37
1.9 ESTRUTURA COMENTADA DA TESE 38
2 METODOLOGIA DA PESQUISA 40
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 40
2.2 PROCEDIMENTOS 40
2.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS 41
2.4 ESTRUTURA DA PESQUISA 42
3 REFERENCIAL TEÓRICO 43
3.1 BASES TEÓRICAS DA PESQUISA 43
3.2 INTERFACES GESTUAIS 44
3.2.1 O que são gestos? 44
3.2.2 Interfaces gestuais 46
3.2.2.1 Interfaces gestuais touchscreen 47
3.2.3 Gestos padrão para smartphones 49
3.2.4 Contexto e hábitos de uso dos smartphones 59
3.3 ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS AOS GESTOS DE INTERAÇÃO 64
3.3.1 Usabilidade da interface gestual 68
3.3.2 Design ergonômico da interface gestual 71
3.3.3 Antropometria aplicada em smartphones 76
3.4 CINESIOLOGIA DA INTERAÇÃO GESTUAL 85

3.4.1 Anatomia e fisiologia humanas 86
3.4.1.1 Mãos e dedos 90
3.4.1.2 Faixas seguras para articulações do polegar 94
3.4.1.3 Tipos preensão 97
3.4.2 Biomecânica da interação gestual 98
3.4.2.1 Variáveis biomecânicas 99
3.4.2.1.1 Postura 99
3.4.2.1.2 Força 100
3.4.2.1.3 Repetitividade 101
3.4.2.1.4 Duração 101
3.5 SAÚDE FÍSICA DOS USUÁRIOS DE SMARTPHONES 102
3.5.1 Distúrbios osteomusculares e DORT 103
3.5.2 Principais problemas osteomusculares relacionados ao uso de smartphone 104
3.5.3 Fatores geradores de problemas osteomusculares 105
3.6 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 107
3.6.1 Estratégia de busca 107
3.6.2 Critérios de inclusão e exclusão 109
3.6.3 Documentos selecionados 110
3.6.4 Extração de dados 111
3.6.5 Discussão dos resultados 115
3.6.6 Indicações de trabalhos futuros 116
3.6.7 Conclusão 116
3.7 MÉTODOS E TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO E MEDIÇÃO 117
3.7.1.1 Eletromiografia de superfície 117
3.7.1.2 Dinamometria e sensores de força 119
3.7.1.3 Análise da postura e do movimento 121
3.7.1.4 Termografia digital por infravermelho 122
3.7.1.5 Algometria 125
3.7.1.6 Formulários 126
4 ESTUDOS 129
4.1 ESTUDO 1 – PESQUISA COM USUÁRIOS DE SMARTPHONES 129
4.1.1 Materiais e métodos 129
4.1.1.1 Questionário 129

4.1.1.2 Amostra 130
4.1.2 Resultados 130
4.1.2.1 Teste estatístico 138
4.1.3 Discussão dos resultados 141
4.1.4 Considerações finais do Estudo 1 146
4.2 ESTUDO 2 – AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA INTERFACE GESTUAL DE APP 148
4.2.1 Materiais e métodos 150
4.2.1.1 Proposta de método de avaliação 150
4.2.1.1.1 Definição da tarefa do App 152
4.2.1.1.2 Mapeamento das atividades da tarefa 153
4.2.1.1.3 Registro e aferição das variáveis de interesse 157
4.2.1.1.4 Diagnóstico Ergonômico e Proposições Ergonômicas 157
4.2.1.2 Materiais e Instrumentos 158
4.2.1.2.1 Termografia Digital por Infravermelho 158
4.2.1.2.2 Análise de postura e movimentos 161
4.2.1.2.3 Percepção de desconforto 163
4.2.1.2.4 Estresse psicológico 164
4.2.1.2.5 Esforço percebido 164
4.2.2 Participantes 164
4.2.2.1 Critérios de inclusão e exclusão 164
4.2.2.2 Amostra 165
4.2.3 Local 165
4.2.4 Procedimentos 166
4.2.5 Resultados e discussão da primeira experimentação 170
4.2.5.1 Postura corporal dos membros superiores e tronco 171
4.2.5.2 Amplitudes dos movimentos do polegar 173
4.2.5.3 Porcentagens gerais nas faixas de exposição do polegar 174
4.2.5.4 Porcentagens de tempo em faixas de amplitude 177
4.2.5.5 Média de repetitividade das ações gestuais 179
4.2.5.6 Nível de desconforto relatado 181
4.2.5.6.1 Corpo 181
4.2.5.6.2 Mão 183
4.2.5.7 Esforço Percebido 186

4.2.5.8 Termografia para avaliação do desconforto 187
4.2.5.8.1 Corpo 188
4.2.5.8.2 Mão 193
4.2.5.9 Nível de estresse emocional relatado 199
4.2.5.10 Termografia para avaliação do estresse 201
4.2.5.11 Antropometria da mão 205
4.2.6 Considerações finais do Estudo 2 207
4.3 ESTUDO 3 – REDESIGN E AVALIAÇÃO ERGONÔMICA 211
4.3.1 Materiais e métodos 211
4.3.1.1 Materiais e instrumentos 211
4.3.2 Participantes 211
4.3.2.1 Amostra 211
4.3.2.2 Critérios de inclusão e exclusão 212
4.3.3 Local 212
4.3.4 Procedimentos 212
4.3.5 Resultados e discussão da segunda experimentação 213
4.3.5.1 Postura corporal dos membros superiores e tronco 214
4.3.5.2 Amplitudes dos movimentos do polegar 215
4.3.5.3 Porcentagens gerais nas faixas de exposição do polegar 216
4.3.5.4 Porcentagens de tempo em faixas de amplitude 217
4.3.5.5 Média de repetitividade das ações gestuais 220
4.3.5.6 Nível de desconforto relatado 221
4.3.5.6.1 Corpo 222
4.3.5.6.2 Mão 224
4.3.5.7 Esforço percebido 227
4.3.5.8 Termografia para avaliação do desconforto 228
4.3.5.8.1 Corpo 228
4.3.5.8.2 Mão 232
4.3.5.9 Nível de estresse emocional relatado 238
4.3.5.10 Termografia para avaliação do estresse 239
4.3.5.11 Antropometria da mão 242
4.3.6 Considerações finais do Estudo 3 243
5 CONCLUSÕES 245
5.1 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES 249

5.2 TRABALHOS FUTUROS 250
REFERÊNCIAS..... 252
APÊNDICE A – LISTA DE ARTIGOS DO START SET 275
APÊNDICE B – LISTA DE ARTIGOS DO BACKWARD 276
APÊNDICE C – LISTA DE ARTIGOS DO FORWARD 277
APÊNDICE D – PESQUISA SOBRE O USO DE SMARTPHONE 278
APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)..... 283
APÊNDICE F – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTO (TAUID) 286
APÊNDICE G – ESCALA DE DESCONFORTO CORPORAL 287
APÊNDICE H – ESCALA DE ESTRESSE EMOCIONAL 289
APÊNDICE I – IMAGENS TÉRMICAS DOS 10 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 2 290
APÊNDICE J – TERMOGRAFIA DA FACE DOS 10 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 2 294
APÊNDICE K – IMAGENS TÉRMICAS DOS 12 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 3 295
APÊNDICE L – TERMOGRAFIA DA FACE DOS 12 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 3 299
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 300
ANEXO B – ORIENTAÇÕES AO USUÁRIO 301
ANEXO C – QUESTIONÁRIO NÓRDICO DE DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS 302
ANEXO D – MAPA DE DESCONFORTO DAS MÃOS 303
ANEXO E – ESCALA CR10 DE BORG 304

1 INTRODUÇÃO

O smartphone[1] é atualmente um dos aparelhos eletrônicos com o qual mais interagimos em nosso cotidiano. Estudos indicam que grande parte da população mundial já é adepta dessa tecnologia móvel, ou seja, são cerca 3,8 bilhões de usuários de smartphones em todo o mundo (CUPONATION, 2021), que gastam várias horas diárias interagindo com esse dispositivo, o que pode influenciar em alguns fatores de risco para a saúde destes adeptos. Assim, a má postura e os movimentos inadequados podem ocasionar distúrbios musculoesqueléticos nessas pessoas (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; XIE; SZETO; DAI, 2017).

O smartphone é um dispositivo que permite ao usuário realizar chamadas telefônicas e videochamadas, enviar mensagens instantâneas de áudio e de texto escrito, navegar na internet, acessar vídeos e jogos, executar práticas profissionais, atividades físicas e de lazer, entre outras diversas atividades do dia a dia. Assim, podemos caracterizar esse aparelho como uma ferramenta de comunicação, entretenimento e trabalho. Portanto, é possível que ele faça parte de todo o ciclo de atividades diárias dos seus usuários, principalmente os mais entusiastas (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; TOH *et al.*, 2017; VITORINO *et al.*, 2016; XIE; SZETO; DAI, 2017).

A forma de interação principal do usuário com seu smartphone ocorre por todo o display (tela do aparelho), através da tecnologia touchscreen (tela sensível ao toque), que possibilita ao usuário utilizar uma ou duas mãos para segurá-lo, e os dedos para tocar a tela (TEGTMEIER, 2018). A interação gestual por meio de telas sensíveis ao toque inovou de forma significativa o modo como as pessoas interagem com o smartphone, pois o usuário pode tocar diretamente o item que deseja manipular, selecionando-o, movendo-o, aumentando-o, entre outras ações (SAFFER, 2008). Esse tipo de interface surgiu como proposta para promover maior inclusão de usuários, devido à aplicação de uma forma de interação comum nas atividades humanas, o gesto (MAIA FILHO; TEIXEIRA; MAIA, 2014), é conhecida por “Interface Gestual”. Tal termo,

[1] Optou-se, neste trabalho, por grafar palavras estrangeiras de uso corrente do mundo da informática/tecnologia sem destaque.

empregado por alguns dos mais renomados pesquisadores da área (NORMAN; NIELSEN, 2010; SAFFER, 2008), é o que utilizaremos ao longo deste estudo.

Assim, verificamos que os smartphones já são incorporados ao cotidiano das pessoas, sendo um dos produtos mais utilizados em todo o mundo, e a interação gestual por tela sensível ao toque é seu meio de interação principal. Nesse sentido, importa nos questionarmos sobre as implicações que o uso frequente dessa forma de interação pode ocasionar em seus usuários, com a presença de prováveis movimentos e posturas inadequados. Para isso, é necessário verificarmos se os gestos empregados são apropriados com relação à ergonomia física e quais são as possibilidades de intervenção ergonômica, seja na concepção ou correção das interfaces e/ou na conscientização dos usuários durante o uso.

Para isso, foi necessário verificar como proceder para avaliar esse tipo de interação de forma sistemática e prática, compreendendo quais são as variáveis importantes a serem levadas em consideração, e quais procedimentos e técnicas podem ser empregados para viabilizar esse tipo de avaliação ergonômica. Desse modo, propomos um método de avaliação desenvolvido após a compreensão dos diferentes aspectos da ergonomia física que permeiam a interação com smartphones. Tal compreensão foi obtida por meio de referencial teórico consolidado e de uma revisão sistemática da literatura dos estudos mais recentes que contemplam os problemas ergonômicos musculoesqueléticos relacionados ao uso de smartphones. Em seguida, o método foi planejado, estruturado e testado com usuários a fim de verificar seu funcionamento e possíveis melhorias.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) estão entre as maiores ocorrências de concessões de benefícios acidentários da categoria auxílio doença pela previdência social nos últimos anos (IIDA; BUARQUE, 2016). A dor nas costas foi a doença que mais afastou trabalhadores em 2017, um total de 83,8 mil casos (SECRETARIA DE PREVIDÊNCIA, 2018), além de diversas outras doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo, que repetem grande quantidade de ocorrências nos anos 2018 e 2019 (SECRETARIA DE PREVIDÊNCIA, 2020). Muitos desses problemas surgiram devido ao avanço tecnológico (informatização e automação), tendo como consequência o surgimento de novas posturas organizacionais e

administrativas, que exigiram maior produtividade, com posturas inadequadas, movimentos repetitivos, entre outros fatores que acarretaram no aumento dessas doenças (CHIAVEGATO FILHO; PEREIRA JR., 2004; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012; OLIVEIRA; SOUZA, 2015).

Pesquisas indicam que o mesmo está ocorrendo entre os usuários dos smartphones, devido ao uso constante e a inconformidades ergonômicas que levam a posturas e manejos inadequados (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; TEGTMEIER, 2018; TOH *et al.*, 2017; XIE; SZETO; DAI, 2017). Alguns pesquisadores apontam a “Síndrome do Túnel do Carpo” como uma das patologias mais comuns envolvendo interação com smartphones, através de esforços físicos manuais e atividades repetitivas. Além disso, dores na região cervical e ombros estão entre os problemas mais apontados nos estudos (İNAL *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2012; PEREIRA; PASCHOARELLI; MEDOLA, 2016; VILLA MARTÍNEZ, 2014), e problemas psicológicos relacionados a dependência de uso dos smartphones, que podem ocasionar problemas como: ansiedade, depressão, solidão, baixa autoestima, impulso e desajustes sociais (YANG *et al.*, 2017).

Para ampliar o problema, o número de adeptos dessa tecnologia tem aumentado cada vez mais em todo o mundo, o que pode ser convertido em quantidade expressiva de pessoas que poderão ser afetadas por DORT. A 32ª Pesquisa Anual de Uso de TI do FGVcia (MEIRELLES, 2021), indica que até julho de 2021 existiam 242 milhões de smartphones em uso no Brasil, atingindo um valor *per capita* de aproximadamente 115%, resultando em mais de 1 dispositivo por habitante, superando a média mundial de 92% *per capita*. Ou seja, a adesão por parte da população brasileira é significativa, sendo necessária uma maior atenção sobre as consequências negativas que este produto pode provocar aos seus adeptos.

De acordo com App Annie (2021a), em estudo feito em 16 países, incluindo o Brasil, com usuários de smartphones do sistema Android, a média ponderada de uso ultrapassou 4,1 horas diárias durante a pandemia da Covid-19, mais de 20% em comparação com 2019, enquanto isoladamente o brasileiro gastou em média 4,8 horas por dia em 2020, 1 hora a mais que no ano anterior. Desse modo, caso esse produto não esteja adequado ao corpo e às limitações das pessoas, o que já tem sido comprovado em diferentes estudos, podem aumentar os riscos de problemas musculoesqueléticos.

De acordo com Daniel Wigdor e Dennis Wixon, pesquisadores e desenvolvedores da Microsoft, a categoria de interface na qual os smartphones estão incluídos pode criar experiências em que o usuário tem a sensação de estar interligado ao sistema. Isto é, algo como uma extensão do seu corpo, e isso ocorre devido ao uso de recursos naturais corporais e sensoriais (tátil, sonoro e visual) para explorar a interface digital sem o auxílio de dispositivos mediadores como mouse, teclado, controles remotos etc. Tal mecanismo é conhecido como "*Natural User Interface"* ou simplesmente NUI (WIGDOR; WIXON, 2011). Desse modo, entendemos que, dependendo do seu engajamento, o usuário pode passar horas utilizando esse tipo de produto devido a uma interface envolvente e cativante. Assim, é possível que dor, desconforto ou fadiga passem despercebidos, ou mesmo, sejam ignorados pelos usuários, que, mesmo sentindo o incômodo, permanecem utilizando a interface. Por consequência, poderá ocorrer o surgimento de doenças ou lesões no sistema osteomuscular dessas pessoas, que só serão percebidos após maiores complicações.

1.1.1 Aplicativos de mensagens instantâneas e redes sociais

Conforme Montag *et al.* (2015), a utilização excessiva de smartphones pode estar relacionada ao uso de aplicativos de mensagens instantâneas, particularmente, o WhatsApp. Esses tipos de aplicativo são conhecidos como "*Over the Top"*, pois são independentes da rede de telefonia, podendo ser utilizados a qualquer momento através de conexão com a internet. São gratuitos ou baratos e oferecem vários recursos para compartilhamento de mídias. Além disso, são mais sociais, informais e de conversação em comparação com o SMS[2]. Alguns exemplos de Apps dessa categoria são: WhatsApp, Line, WeChat, iMessage, Viber, Skype, Facebook, Messenger e KaKao Talk (CHURCH; OLIVEIRA, 2013; O'HARA *et al.*, 2014); e também podemos citar o Telegram devido ao crescimento da sua popularidade nos últimos anos (SUTIKNO *et al.*, 2016), e o Direct do Instagram.

Church e De Oliveira (2013) destacam que, além do custo reduzido para sua utilização, a influência social foi fator importante para a migração das pessoas para o WhatsApp, possibilitando uma comunicação mais rápida do que o SMS. Em 2020, o aplicativo WhatsApp possuía cerca de 2 bilhões de usuários, em mais de 180 países,

[2] Serviço de mensagens curtas (escritas) transmitidas através da operadora telefônica.

possibilitando o compartilhamento de diversos tipos de mídia, tais como: fotos, vídeos, documentos e geolocalização, além das habituais mensagens de texto, chamadas de voz e de vídeo (WHATSAPP, 2020).

De acordo com o *Target Group Index* (2016), da Kantar IBOPE Media, 88% dos brasileiros que possuem smartphone utilizam o aplicativo de mensagens instantâneas mensalmente. Ainda segundo a mesma pesquisa, quanto maior o poder aquisitivo, maior o uso do serviço de mensagens, chegando a 92% para classe AB, 85% da classe C e 78% da classe DE, além disso, um destaque maior para os jovens, cerca de 95% utilizam esse tipo de comunicação.

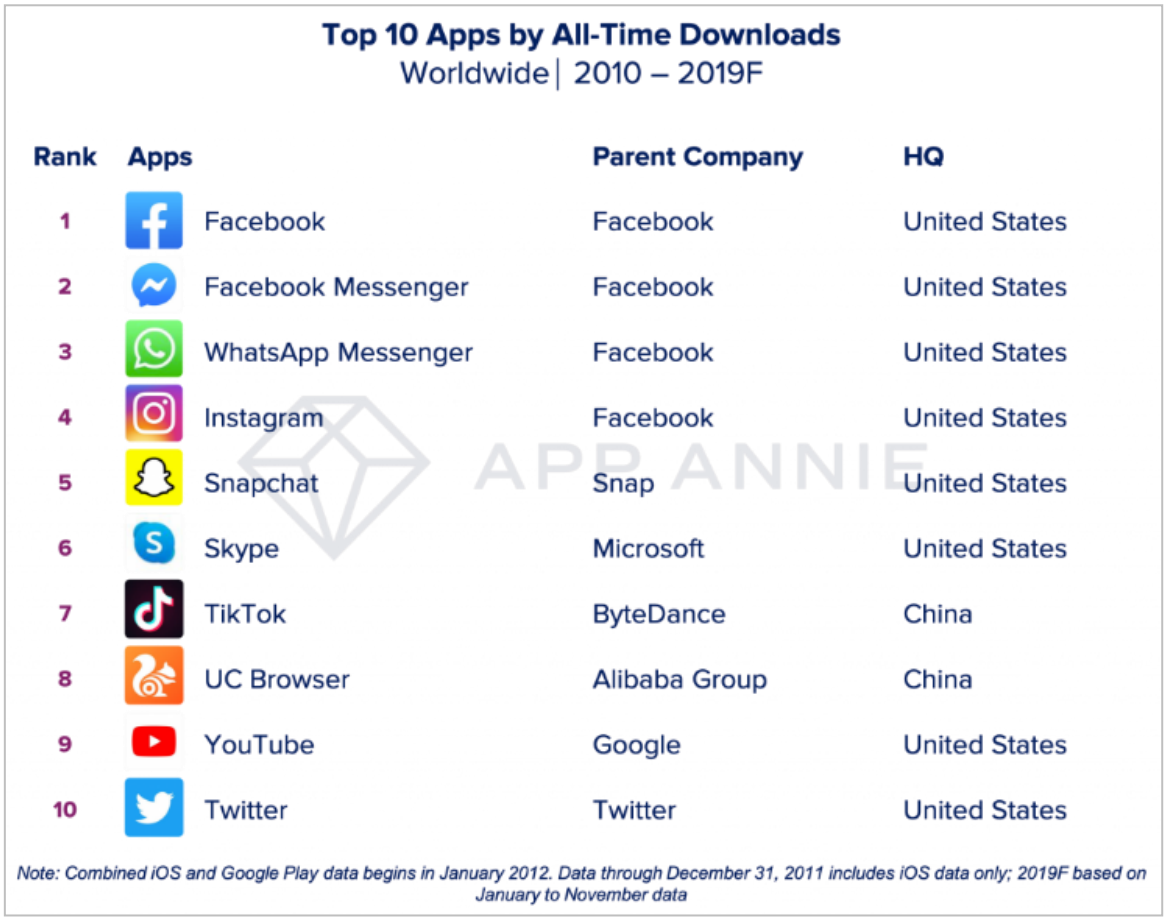
Pesquisa realizada na Alemanha com 2.418 participantes (1.468 homens e 950 mulheres), com idade média de 24,6 anos, apontou para um uso diário do smartphone de aproximadamente de 2,7 horas, sendo que o uso de WhatsApp representou 19,83% desse tempo (32,11 minutos). Ainda, as pessoas do sexo feminino utilizaram o aplicativo de mensagens por períodos significativamente mais longos do que as do sexo masculino, e os participantes mais jovens também estavam associados a uma maior duração de tempo de uso (MONTAG *et al.*, 2015). Portanto, o perfil do usuário pode influenciar no tempo e no hábito de uso diários. Assim, aqueles que utilizam smartphones por mais tempo e com movimentos repetitivos, como a digitação, podem estar mais vulneráveis a futuros problemas de saúde.

Segundo o relatório da App Annie[3] (2020), em pesquisa sobre o consumo na última década (de 2011 até final 2019), combinando App Store (iOS) e Google Play (Android), os aplicativos de comunicação e redes sociais são os favoritos dos consumidores: 8 a cada 10 aplicativos baixados estão nessas categorias. A empresa Facebook lidera o ranking, sendo proprietária de quatro aplicativos no topo da lista, que são: 1º Facebook, 2º Facebook Messenger, 3º WhatsApp e 4º Instagram. A lista continua com: 5º Snapchat (Snap), 6º Skype (Microsoft), 7º TikTok (ByteDance), 8º UC Browser (Alibaba Group), 9º Youtube (Google) e 10° Twitter (Twitter), conforme Figura 1. Destes, apenas o UC Browser e o Youtube, não entram nas categorias de comunicação e

[3] Empresa e plataforma de análise de dados que auxilia desenvolvedores a acompanhar a performance de seus aplicativos como: quantidade de downloads de apps, receita, média de uso, dados demográficos, comparação entre concorrentes, entre outros dados.

redes sociais, sendo o primeiro um App para navegação na web e o segundo uma mídia social cujo foco principal é o compartilhamento de conteúdo em formato de vídeo, embora tenha algumas características de rede social, como interações por comentários e possibilidade de *curtir* o conteúdo.

Figura 1 – Lista dos 10 Apps mobile mais baixados da década.



Fonte: App Annie (2020).

Entre os listados, existem os que i) possuem função principal de mensagens instantâneas, como Facebook Messenger e WhatsApp Messenger; ii) os híbridos, que mesclam rede social e mensagens instantâneas, que são: Instagram, Snapchat, TikTok e Twitter; e iii) o Skype, mensageiro com foco em chamadas de voz e vídeo, porém com possibilidade de mensagens de texto escrito. Todavia, outros dois mensageiros instantâneos podem ser acrescentados nessa lista: o Viber e o Telegram. O primeiro por ser um dos Apps com mais recursos visuais para personalização e de comunicação, e, o segundo devido ao crescimento da sua popularidade nos últimos anos, principalmente no sistema Android (SUTIKNO *et al.*, 2016).

Como observamos, as redes sociais estão entre os aplicativos mais consumidos pelos usuários de dispositivos móveis. E, com o crescimento das tecnologias da Web 2.0[4] e a popularização de sites como Facebook, as redes sociais online têm dado voz a grande parcela da população, aprimorando meios de interação, comunicação e engajamento entre indivíduos (YOUNG, 2011). No primeiro trimestre de 2020, o Facebook contabilizou 2,6 bilhões de usuários ativos, sendo, portanto, a maior rede social do mundo (CLEMENT, 2020).

De acordo com Aguiar (2007), as redes sociais em ambientes digitais estão ficando mais amplas, complexas e estruturadas, influenciando comportamentos. Além disso, com a grande adesão dos usuários por dispositivos smartphones, as redes sociais digitais, agora móveis, possibilitam um alcance cada vez maior e um uso frequente em qualquer lugar ou situação cotidiana, seja no trabalho, em casa ou em locomoção.

Ao observar as redes sociais mais populares, como Facebook, Instagram, Snapchat, TikTok, Twitter, é possível perceber que elas estão cada vez mais análogas em recursos e localização dos componentes de interação (interface gráfica), devido ao sucesso e ao engajamento dos usuários, por exemplo, com o "*Feed*" do Facebook e os "*stories*" do Instagram, ou com o botão "*curtir*", presente em praticamente todas as redes sociais, a "*home*" do TikTok e o "*reels*" do Instagram, com vídeos curtos e interativos. Cada rede social foi se apropriando desses recursos, sendo possível perceber uma homogeneidade que favorece a usabilidade, pois o gesto de interação é executado praticamente da mesma forma, proporcionando consistência, padronização, fácil aprendizagem, segurança e memorização. Porém, é necessário analisar se essas soluções são as mais adequadas para os usuários do ponto de vista da ergonomia física, tendo em vista a grande quantidade de tempo dedicado ao uso dessas interfaces e as consequências das possíveis inadequações ao corpo das pessoas.

[4] Web 2.0 é um termo criado pela empresa americana O'Reilly Media para designar uma segunda geração de comunidades e serviços, criando o conceito de "Web enquanto plataforma" (O'REILLY, 2005).

1.2 JUSTIFICATIVA

Norman (2018) e Albert e Tullis (2013) alertam que a crescente evolução de tecnologias com as quais nos deparamos não significa necessariamente que estão facilitando o uso de produtos. Os autores alegam que o oposto é o que geralmente ocorre, uma vez que os produtos acabam ficando mais complexos, a menos que se preste atenção na experiência do usuário e em lições aprendidas com soluções do passado. Desse modo, para toda aplicação tecnológica voltada para o ser humano é necessária a verificação de questões de usabilidade, em que deve haver uma preocupação com o momento da interação, para que o usuário consiga alcançar seus objetivos. Além disso, destaca-se que é de extrema importância verificar questões ergonômicas que afetem o conforto e a saúde dos usuários. Assim, a ergonomia se torna responsável por investigar a qualidade da adaptação do artefato a seu usuário e a tarefa realizada por ele (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2017).

Logo, assim como aumentaram as doenças ocupacionais após a implementação e o uso constante de computadores pessoais em postos de trabalho, como escritórios, agências bancárias, supermercados, telemarketing, entre outras atividades (MORAES; MONT'ALVÃO, 2000; OLIVEIRA; SOUZA, 2015), o mesmo está ocorrendo nas interfaces gestuais. Nesse aspecto, destaquem-se os smartphones, que, apesar da sua rápida aceitação, as consequências à saúde dos seus adeptos não são completamente conhecidas (TOH *et al.*, 2017).

O uso frequente da interface gestual do smartphone associado a variáveis biomecânicas, como postura, força, repetitividade e duração da tarefa, pode ocasionar distúrbios musculoesqueléticos em seus usuários, caso não levem em consideração limitações e fragilidades humanas. Porém, algumas dessas variáveis dependem da característica do artefato físico, como, por exemplo, a variável força, que requer uma intervenção na configuração formal do dispositivo ou adaptação com uso de acessórios auxiliares, bem como na postura cervical e na duração do uso. Estas dependem do conhecimento e da conscientização do usuário para monitorar a sua postura corporal e realizar as pausas necessárias, ou dependem, ainda, de avisos na própria interface para orientá-lo. Por sua vez, tais avisos estão sujeitos às escolhas e/ou aos hábitos do usuário para seguir as orientações ergonômicas sugeridas.

No entanto, o alcance dos elementos interativos e os movimentos gestuais de interação podem ser avaliados e planejados no desenvolvimento de interfaces móveis, conduzindo o usuário ao manuseio adequado do produto. Desse modo, faz-se necessária uma maior atenção às consequências que esse tipo de interação que porventura pode ocasionar às pessoas, com as suas possíveis soluções. É importante, nesse contexto, destacar a ergonomia como uma área que objetiva, de modo geral, adequar os produtos para suprir as necessidades de seus usuários, de forma confortável e apropriada, minimizando o surgimento de problemas futuros com o uso contínuo (IIDA; BUARQUE, 2016). Por outro lado, como as tecnologias avançam de forma bastante acelerada, a ergonomia acaba sendo negligenciada, apenas sendo requisitada para correção de problemas graves e evidentes. Contudo, a ergonomia pode cooperar muito com o design, oferecendo soluções para desenvolver produtos mais seguros, com melhor usabilidade e conforto (SOARES, 2011).

Assim, este estudo pretende contribuir para a identificação de problemas de interação que comprometam conforto e saúde dos usuários durante o processo de desenvolvimento e testes das interfaces gestuais para dispositivos smartphones. Para isso, identificamos a necessidade do desenvolvimento de um método de avaliação específico que reúna os procedimentos apropriados para a análise da ergonomia física que facilitem o processo de identificação dessas inconformidades e, também, para verificação das soluções de melhoria propostas.

1.3 OBJETO DE ESTUDO

Diante dos dados apresentados anteriormente, das lacunas verificadas no Referencial Teórico (p. 43) e nos resultados do Estudo 1 (p. 129), o objeto deste estudo foi definido como: as ações gestuais e os posicionamentos dos elementos de interação presentes nos aplicativos móveis em dispositivos smartphones com tela sensível ao toque (touchscreen).

1.4 QUESTÃO DA PESQUISA

Quais procedimentos devem ser realizados no processo de avaliação de interfaces gestuais em dispositivos smartphones, com intuito de verificar questões ergonômicas relacionadas ao conforto físico e para a preservação das estruturas musculoesqueléticas dos usuários?

1.5 HIPÓTESE

A partir do entendimento de que algumas variáveis biomecânicas necessitam de intervenções diretas no artefato físico e outras na conscientização dos usuários, foi identificada a possibilidade de uma interferência na interface digital, relacionada com a amplitude dos movimentos articulares, e na repetitividade das ações gestuais presentes na interface digital. Isso pode contribuir para a melhoria da adaptação das capacidades e das fragilidades humanas de forma efetiva.

Assim, foi desenvolvida a seguinte hipótese: procedimentos de avaliação de movimentos articulares, repetitividade e percepção contribuem para o redesign da interface digital visto que permitem verificar a diminuição de desconforto e a diminuição de sobrecarga biomecânica.

1.6 RECORTES DA PESQUISA

Esta pesquisa foi delimitada a verificar as implicações físicas que a interação gestual pode ocasionar aos usuários de smartphones, especificamente, as que comprometam o conforto físico e as estruturas musculoesqueléticas. Outras consequências que não estejam relacionadas às ações gestuais não foram avaliadas nesta pesquisa, a fim de conservar o foco do estudo.

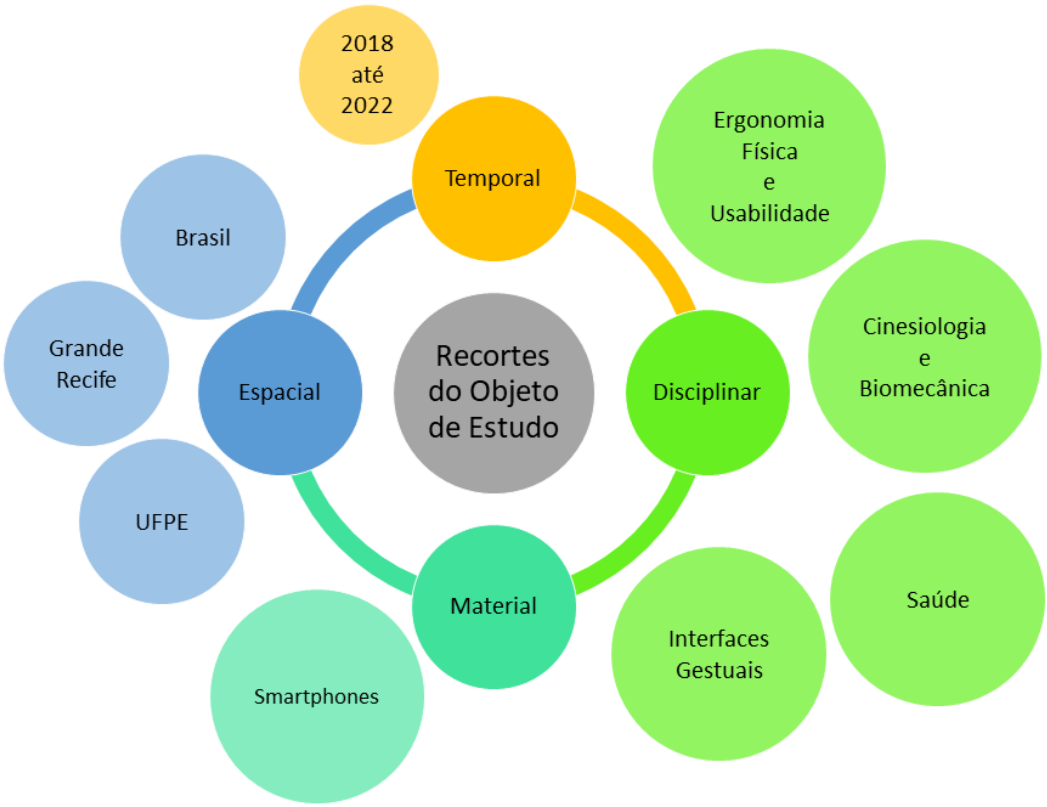
Assim, foram definidos os recortes desta pesquisa (Figura 2):

- Temporal – A pesquisa ocorreu entre 2018 e 2022. Desse modo, será considerada a tecnologia existente nesse período para os smartphones e os recursos necessários para a avaliação ergonômica.
- Espacial – Para os questionários, foram considerados os brasileiros e estrangeiros residentes no Brasil, acima de 18 anos. Para os experimentos, foram recrutados os habitantes e visitantes da Região Metropolitana do Recife-PE – devido à localidade do laboratório onde ocorreram os testes –, acima de 18 anos, que declararam não terem limitações de movimentos ou dores no corpo que comprometessem a realização do experimento.
- Material – Foram necessários alguns equipamentos para o desenvolvimento desta pesquisa, que são: smartphone, câmera termográfica, câmeras filmadoras, software para leitura de imagens térmicas, software para

avaliação dos movimentos, software de análise estatística, sala climatizada para realização dos experimentos, cadeira confortável e ajustável.

- Disciplinar – As disciplinas relacionadas ao contexto desta pesquisa são: ergonomia, usabilidade, cinesiologia, biomecânica e ciências da saúde. Foram necessárias as participações de profissionais especializados em Termografia Clínica, Biomecânica Ocupacional e Estatística. Desse modo, serão realizadas parcerias multidisciplinares para a fase experimental desta pesquisa.

Figura 2 – Recortes da pesquisa.



Fonte: O autor.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método para a avaliação da ergonomia física das interfaces gestuais dos smartphones, com o intuito de identificar problemas que comprometam o conforto e as estruturas musculoesqueléticas dos usuários durante a interação e, assim, testar a hipótese.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Identificar hábitos de uso e fatores de risco relacionados à utilização de smartphones com uma amostra de usuários brasileiros.
- Identificar as variáveis manipuláveis e parâmetros adequados para processo de avaliação de interfaces gestuais digitais de aplicativos móveis que interfiram no conforto e sobrecarga biomecânica.
- Selecionar os métodos, técnicas e/ou ferramentas adequados para a análise ergonômica das interfaces gestuais de smartphones com foco na ergonomia física e conforto dos usuários, conferindo indicativos subjetivos e objetivos para problemas musculoesqueléticos.
- Realizar experimentos com amostra de usuários para validar o método de avaliação proposto para identificação de inconformidades da interface analisada, correlacionando as respostas fisiológicas às percepções subjetivas dos usuários;
- Propor recomendações para solução dos problemas identificados na interface avaliada, validando-as através de protótipo em experimento com usuários e avaliando-as com o método proposto de forma comparativa (design x redesign).

1.8 ORIGINALIDADE E INEDITISMO

Até o momento em que ocorre este estudo, apesar do grande número e do crescimento de pesquisas relacionadas ao uso de smartphones e à saúde dos seus usuários, principalmente de áreas como medicina, fisioterapia e ergonomia, não identificamos um método específico para avaliação ergonômica de interfaces gestuais, direcionado para o processo de design de aplicativos móveis, e que tenha como foco as implicações físicas, ou seja, as consequências para o corpo humano. O foco, muitas vezes, está direcionado a alguns aspectos da usabilidade, do ponto de vista cognitivo de ser eficaz e eficiente no uso, para cumprir as funções práticas para as quais o sistema foi projetado. Porém, aspectos como conforto, movimentos repetitivos, posturas e manejos prejudiciais, tem sido deixado para trás no desenvolvimento dessas interfaces deveria ter.

Portanto, esta pesquisa propôs procedimentos para avaliação ergonômica de interfaces gestuais touchscreen com o intuito de serem aplicados durante o processo de desenvolvimento de aplicativos móveis, os quais avaliem o alcance dos elementos de interação, a repetitividade das ações, a percepção de desconforto e esforço físico dos usuários e, ainda, identifiquem áreas do corpo comprometidas durante o uso da interface.

1.9 ESTRUTURA COMENTADA DA TESE

Esta tese segue os padrões e normas propostos pelo Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco (PPGDesign/UFPE). O documento está estruturado em cinco capítulos que, de modo resumido, apresentam os seguintes conteúdos:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo foi apresentada uma visão geral sobre o problema a ser estudado, assim como a justificativa, o objeto de estudo, os recortes da pesquisa, a questão da pesquisa, a hipótese, os objetivos, e a originalidade e ineditismo da pesquisa, além desta seção de arquitetura textual.

Capítulo 2 – METODOLOGIA DA PESQUISA

O segundo capítulo apresenta a caracterização da pesquisa, os métodos de abordagem e procedimentos, as técnicas de coleta de dados e as etapas metodológicas da pesquisa.

Capítulo 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

Consiste na apresentação do referencial teórico com base na tríade: Ergonomia e Usabilidade, Cinesiologia e Biomecânica e Ciências da Saúde. Nesse capítulo, estão expostos os conteúdos das disciplinas citadas relacionados à temática das interfaces gestuais para smartphones e as devidas recomendações que a bibliografia já consolidada indica. Além disso, são identificadas aí as pesquisas mais recentes e pertinentes relacionadas à temática estudada, que foram selecionadas através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Tais pesquisas auxiliaram no desenvolvimento do método de avaliação ergonômica através da identificação de métodos, técnicas e ferramentas adequadas para avaliar o objeto de estudo, bem como na exposição de

descobertas importantes e indicações de trabalhos futuros para dar continuidade aos estudos da interação com smartphones.

Capítulo 4 – ESTUDOS

1) Estudo 1 – Constitui uma *Survey* realizada com usuários de smartphones a fim de identificar marcas e modelos de dispositivos mais utilizados, hábitos de uso, tempo dedicado, aplicativos mais utilizados, sintomas físicos relacionados ao uso, entre outras informações pertinentes.

2) Estudo 2 – Neste estudo são apresentadas as etapas do método de avaliação proposto e validado através de estudo experimental com uma amostra de usuários utilizando um aplicativo do smartphone. Este estudo teve como foco questões fisiológicas, em que foram observados os movimentos, posturas, manuseio e comportamento dos usuários, verificando as alterações físicas ocasionadas pela interação com o dispositivo e as possíveis implicações através de medições das variáveis, relatos do usuário e método estatístico para analisar os dados extraídos.

3) Estudo 3 – No último estudo foram realizadas as intervenções ergonômicas na interface avaliada, momento em que foi desenvolvido um protótipo da aplicação para testes, seguindo os mesmos procedimentos do Estudo 2 para comparação dos resultados e verificação da melhoria da qualidade da interface.

Capítulo 5 – CONCLUSÕES

Nessa etapa são apresentadas as conclusões e recomendações da pesquisa, de acordo com os resultados obtidos nos experimentos, assim como as indicações de trabalhos futuros, que podem surgir de acordo com o desenvolvimento da pesquisa.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, apresentamos o estudo metodológico realizado para o desenvolvimento desta pesquisa, contendo caracterização da pesquisa, procedimentos metodológicos, técnicas de coleta de dados, etapas e estrutura da pesquisa.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa possui uma natureza aplicada, por meio da qual foi realizada investigação e geração de conhecimento para aplicação de ordem prática e para solução de problema específico, ou seja, para a formatação de um método de avaliação ergonômica que reuniu procedimentos, técnicas e ferramentas adequados para avaliação de interfaces gestuais touchscreen de smartphones.

A técnica de pesquisa selecionada para pesquisa exploratória utilizou documentação direta, cujo levantamento de dados ocorreu no local do fenômeno estudado através da análise de experimento feito em ambiente controlado.

O trabalho possui caráter exploratório-explicativo por se tratar de uma pesquisa empírica que visa desenvolver a hipótese levantada, buscando estabelecer relações de causa e efeito entre as variáveis, com o objetivo de entender o fenômeno estudado por meio da análise de dados quantitativos e qualitativos, obtidos por meio de experimentos com usuários, de medições fisiológicas, de questionários e observações, aplicados com foco ergonômico.

Por envolver a participação de seres humanos, o projeto que deu origem a esta pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco, tendo como resultado a aprovação para realização dos experimentos (CAAE n°: 31686520.8.0000.5208 – Anexo A, p. 300).

2.2 PROCEDIMENTOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, adotamos os seguintes procedimentos:

- Revisão crítica dos métodos e ferramentas – Neste momento foram consultados os métodos e ferramentas utilizadas para avaliação ergonômica de interfaces gestuais, verificados no referencial teórico e na revisão sistemática da literatura atual.

- Seleção de produto e interface para avaliação – Nesta etapa foram selecionados os produtos e interface para a validação do método desenvolvido. Para tanto, foi aplicado questionário para coleta de dados relacionados ao uso de smartphones, a fim de verificar quais as marcas e os modelos de dispositivos e aplicativos mais utilizados, bem como o perfil dos usuários e seus hábitos de uso.
- Desenvolvimento do método – Por meio da seleção e organização dos procedimentos, técnicas e ferramentas apropriadas, foram desenvolvidos uma ferramenta e um método específicos para avaliação ergonômica de interfaces gestuais.
- Validação do método – O método de avaliação foi validado através da sua aplicação na avaliação ergonômica das interfaces gestuais smartphones, em experimentos com usuários reais.
- Considerações finais e possíveis recomendações de pesquisas futuras.

2.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

As técnicas de coleta de dados adotadas neste trabalho foram utilizadas para os seguintes fins:

- Questionário Estruturado – Coleta de informações feita através de Formulário do Google (online), enviado para o maior número possível de pessoas através de redes sociais do pesquisador e dos seus contatos, a fim de obter dados qualitativos relativos ao uso, hábitos, saúde, segurança, conforto, perfil dos usuários, bem como os tipos e as marcas de smartphones mais utilizados.
- Testes – O “Teste com o Usuário” envolve usuários reais ou representativos da população-alvo do sistema avaliado. Os participantes interagiram com as interfaces avaliadas, realizando tarefas específicas em um contexto de operação real (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2017).
- Observação Individual – Essa técnica foi executada durante o teste da interface gestual aplicado com usuários reais, na qual o pesquisador anotou

os dados observados, estimulando o participante do experimento a executar uma sequência de tarefas.

- Medições Objetivas – São medições realizadas com auxílio de instrumentos de medição e resultam em valores numéricos (dados quantitativos), como medidas antropométricas (dimensões do corpo), biomecânicas (posturas, movimentos, repetições e duração) e fisiológicas (temperatura do corpo e/ou atividades elétricas da musculatura) (IIDA; BUARQUE, 2016).
- Entrevista Padronizada – Esse tipo de entrevista foi utilizado antes e após o teste com usuários reais, com perguntas relativas à saúde e ao conforto dos participantes (dados objetivos, perceptivos), que poderiam ser cruzados com os dados objetivos.

Após a coleta de dados, utilizando os procedimentos e ferramentas indicadas anteriormente, os dados foram organizados, analisados e interpretados, seguindo os passos de seleção, codificação e tabulação (LAKATOS, 2017).

2.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

A estrutura da pesquisa pode ser compreendida por meio do esquema de organização da pesquisa, apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema da pesquisa.

Fonte: Esquema de organização da pesquisa baseado em Paschoarelli (2003, p. 39).

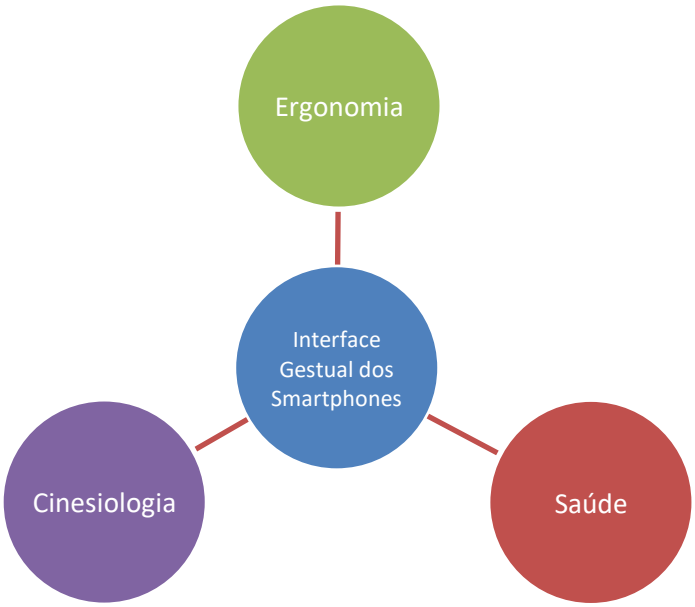
3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentado o conteúdo das disciplinas base para o desenvolvimento de interfaces gestuais adequadas para as limitações dos seres humanos, construído através da literatura consolidada.

3.1 BASES TEÓRICAS DA PESQUISA

Utilizamos como base para esta pesquisa a triangulação entre as seguintes áreas: Ergonomia, Cinesiologia e Saúde (Figura 4), de modo que as disciplinas se complementem na avaliação ergonômica de Interfaces Gestuais Touchscreen (IGT) dos smartphones. Assim, a área da Saúde foi a base para compreendermos os principais problemas e implicações físicas que podem surgir por consequência do uso da interface gestual do smartphone; a Cinesiologia, por meio da Biomecânica, foi usada no estudo dos movimentos e esforços físicos realizados pelos usuários; e a Ergonomia, associada à Usabilidade, através do uso de métodos e técnicas, foi adotada para a realização da avaliação das interações dos usuários com a interface, objetivando identificar e reduzir as consequências nocivas por meio de testes com usuários e intervenções de design ergonômico. Trabalhando, portanto, de forma trans e multidisciplinar para o desenvolvimento de interfaces gestuais apropriadas, busca-se proporcionar o bem-estar dos indivíduos (IIDA; BUARQUE, 2016).

Figura 4 – Tríade teórica da pesquisa.



Fonte: O autor.

3.2 INTERFACES GESTUAIS

Nesta seção abordamos a aplicação dos gestos às interfaces digitais, mais especificamente aplicados às interfaces de smartphones com telas sensíveis ao toque (interface touchscreen). Para isso, apresentamos definições sobre gestos e interfaces gestuais, contextualizando o seu uso no meio digital, até compreendermos essa aplicação no objeto de estudo desta pesquisa, os smartphones. Ao final, discutimos as soluções projetuais e como podemos aliar design e ergonomia para uma integração a favor do conforto dos usuários.

3.2.1 O que são gestos?

Conforme Kendon (2004), de forma intencional ou não, os seres humanos informam sobre seus objetivos, interesses, sentimentos e ideias por meio de ações corporais visíveis, tanto em relação a outro indivíduo, como em relação aos recursos do ambiente, como a atividade de manipulação de objetos. Essa é uma maneira de se expressar de forma explícita no processo de discurso.

Assim, conforme Bremmer e Roodenburg (1994, p. 1, tradução nossa), “o gesto pode ser qualquer tipo de movimento corporal (incluindo expressões faciais) que transmite uma mensagem ao observador”. Os autores ainda complementam sobre a intencionalidade ou não da ação gestual, em que a ação intencional ocorre, por exemplo, quando você pisca o olho, sorri, concorda (balançando a cabeça) ou aponta propositalmente, e a não intencional pode ser casual e manifestada de forma sintomática, como quando uma pessoa faz uma expressão de dor ou se contorce de vergonha. Além disso, o gesto pode ter, também, função de acompanhar a linguagem oral.

Logo, os gestos fazem parte da comunicação humana, seja de forma coadjuvante ou principal, e são dotados de sentido comunicativo, resultado de uma herança passada de geração em geração e incorporada através da observação e da interação, atendendo à necessidade de cada cultura (MAIA FILHO; TEIXEIRA; MAIA, 2014).

De acordo William "Bill" Buxton, pesquisador chefe da Microsoft Research desde 2005, que realiza estudos sobre interação humano-computador, com início na metade da década de 1970, os gestos podem ser considerados como um poderoso meio de comunicação na vida cotidiana, transmitindo de maneira econômica um rico conjunto

de fatos e sentimentos. O estudioso sugeriu, já na década de 1980, o uso do potencial do gesto físico como forma de diálogo humano-computador (BUXTON *et al.*, 1983).

Com relação à interação com objetos, possuímos um repertório gestual quase que genérico, como apontar, tocar ou mover esses artefatos, entre outras interações, o que sugere a possibilidade de se classificarem os gestos segundo a sua função (BILLINGHURST; BUXTON, 2011). Assim, conforme Cadoz (1984 Apud BILLINGHURST; BUXTON, 2011), tal classificação é dividida em três categorias, que são:

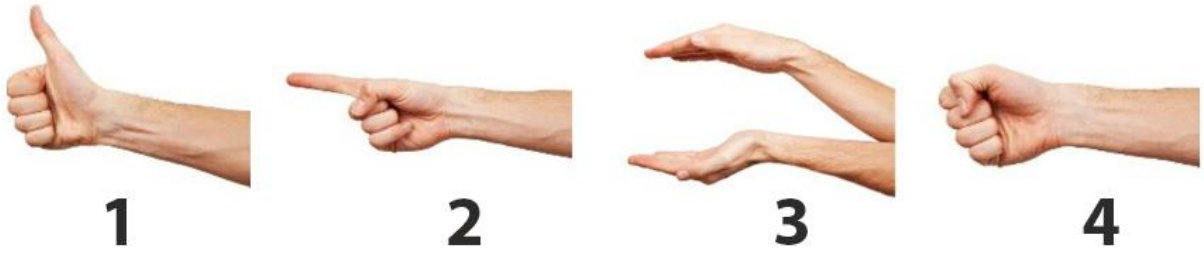
1) Gestos Semióticos: utilizados para comunicar informações significativas.
2) Gestos Ergóticos: empregados para manipular o mundo físico e criar artefatos.
3) Gestos Epistêmicos: usados para aprender com o meio ambiente, através da exploração tátil ou háptica.

Já Rimé e Schiaratura (1991), em pesquisa sobre o comportamento não verbal, propõem a seguinte taxonomia para os gestos:

1) Gestos Simbólicos: são os gestos que, dentro de cada cultura, têm um significado específico. Ex.: Polegar para cima indicando sinal de positivo ou confirmação em algumas civilizações;
2) Gestos Deícticos: são os gestos de apontar, ou, de outra forma, dirigir a atenção do ouvinte para eventos específicos ou objetos no ambiente. Ex.: Utilizar o dedo indicador para sinalizar a localização de um objeto;
3) Gestos Icônicos: esses gestos são usados para transmitir informações sobre a dimensão, a forma ou orientação do objeto de discurso. Ex.: Afastar as duas mãos para indicar o tamanho aproximado de um artefato;
4) Gestos Pantomímicos: são os gestos usados normalmente para mostrar o uso de alguma ferramenta ou objeto invisível na mão. Ex.: Fechar a mão simulando a pega na empunhadura de uma espada.

Os quatro tipos de gestos são exemplificados na Figura 5.

Figura 5 – Gestos: 1 simbólico, 2 deíctico, 3 icônico e 4 pantomímico.



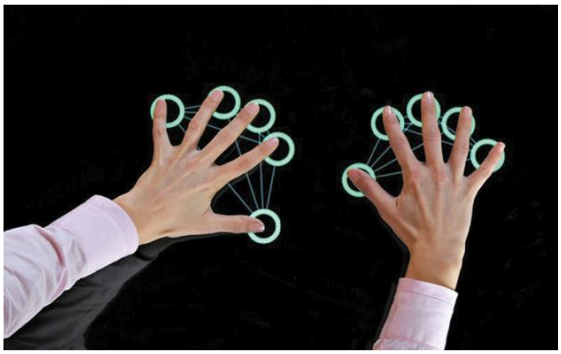
Fonte: Vitorino *et al.* (2016).

Dentro da categoria da interface estudada nesta pesquisa, as Interfaces gestuais touchscreen, geralmente sem empregam os gestos deícticos e icônicos, conforme observaremos na seção sobre *Gestos padrão para smartphones* (p. 49). Todavia, os gestos simbólicos e pantomímicos também podem fazer parte do repertório, entretanto, são mais complexos e normalmente explorados nas interfaces gestuais com “gestos livres no ar”.

3.2.2 Interfaces gestuais

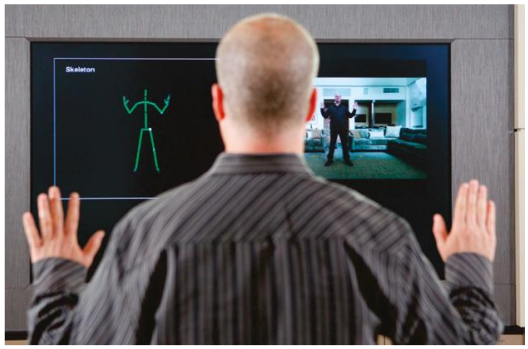
Conforme Saffer (2008), o gesto nas interfaces digitais pode ser considerado como qualquer movimento físico humano que um sistema digital pode detectar sem auxílio de dispositivos físicos, como mouse ou caneta, podendo ser um aceno de mão, um toque e até mesmo uma sobrancelha levantada. O mesmo autor também ressalta a existência de dois tipos de manipulação gestual, a direta, em que o usuário toca diretamente o artefato, também conhecida como touchscreen ou multitoque (Figura 6) (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013; WIGDOR; WIXON, 2011); e a indireta, em que sensores e/ou câmeras identificam movimentos do usuário sem uma manipulação palpável do dispositivo, conhecida por “Gestos Livres” ou “Gestos Livres no Ar” (Figura 7) (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013; SAFFER, 2008).

Figura 6 – Interface touchscreen.



Fonte: Sharp; Preece e Rogers (2019, p. 228).

Figura 7 – Interface com Gestos Livres.



Fonte: Sharp; Preece e Rogers (2019, p. 234).

Além disso, o gesto pode ser classificado com relação ao movimento: o gesto estático e o gesto dinâmico. Os gestos estáticos são posturas pausadas, realizadas e mantidas na posição; enquanto os gestos dinâmicos são aqueles movimentos ao longo do tempo, mais complexos e difíceis de serem detectados pelo sistema (SAFFER, 2008).

Em crítica às interfaces gestuais, Norman e Nielsen (2010), no início da sua implementação em smartphones e tablets, indicavam que os gestos formariam uma valiosa adição para o repertório das técnicas de design de interação. No entanto, precisariam de mais tempo para serem estudados, a fim de se verificarem as melhores formas de serem implementados e melhor resolvidos, podendo ser uma solução para dar uma maior sensação de autonomia e controle para os usuários. Contudo, os autores advertiam que os princípios, bem estabelecidos, da usabilidade não poderiam ser esquecidos.

Com o passar dos anos, foi basicamente isso que ocorreu, ou seja, as interfaces gestuais foram bem aceitas e os gestos de interação aprimorados, favorecendo a usabilidade e popularizando o smartphone pela facilidade de uso. No entanto, destacamos a importância da aplicação consciente do conhecimento da ergonomia física para o desenvolvimento dessas interfaces, conferindo aspectos relacionados ao corpo humano, que, por mais que não sejam percebidos a curto prazo pelos usuários, são de responsabilidade daqueles que projetam a interface.

Na próxima seção, focaremos nas Interfaces Gestuais Touchscreen a partir da apresentação de seu contexto histórico e de alguns motivos para o sucesso e a difusão desse tipo de tecnologia.

3.2.2.1 Interfaces gestuais touchscreen

De acordo com Buxton (2010), após o lançamento do iPhone, da Apple, e do Microsoft Surface, a partir de 2007, foi despertado grande interesse por interfaces de toque (*touch*), multitoque e gestuais, influenciando inclusive produtos como notebook e outras telas de grande formato. No entanto, é possível que a interação touchscreen, como meio de interação com computadores, tenha começado em meados da década 1960, com os primeiros trabalhos realizados pela IBM, na Universidade de Illinois e em Ottawa, Canadá. Em 1972 é lançado o PLATO IV (Figura 8), aparelho utilizado

para instruções assistidas por computador em salas de aula, pioneiro nesse campo, o qual precedeu os computadores pessoais, pois a Xerox PARC ainda estava iniciando seus primeiros trabalhos com o Xerox Alto[5].

Figura 8 – Plato IV.

Fonte: Buxton (2010, p. 444).

Porém, ao longo da história, algumas aplicações não foram bem sucedidas, voltando a ideia já apresentada anteriormente de que a aplicação de uma nova tecnologia não significa resultados positivos, uma vez que "[…] errar os detalhes pode fazer com que uma boa tecnologia pareça muito ruim" (BUXTON, 2010, p. 444, tradução nossa). Ou seja, a falha na adequação da tecnologia com a interação pode proporcionar uma experiência negativa para o usuário (ALBERT; TULLIS, 2013).

Ao longo dos anos, as telas sensíveis ao toque foram aplicadas em alguns nichos de mercado, como terminais de autoatendimento (incluindo caixas eletrônicos), dispositivos de pontos de venda (restaurantes e varejo) e dispositivos móveis (começando com os PDAs[6] em 1993). Porém, muitos desses lugares não eram exigentes com relação às técnicas de interação empregadas, adotando apenas toques de seleção (BUXTON, 2010).

O grande impacto desse tipo de interface ocorreu justamente com o lançamento do iPhone em 2007. Nesse momento, a Apple estabeleceu um novo padrão de telefonia móvel integrada a computadores, com uma comunidade de desenvolvedores aberta,

[5] Microcomputador pioneiro na metáfora de mesa (*desktop*).

[6] PDA = *Personal Digital Assistants* (Assistente Pessoal Digital).

proporcionando um amplo espectro de novos recursos disponíveis na loja de aplicativos da Apple, inaugurada em 2008. Em seguida, a Google lançou o sistema operacional com o código aberto Android, que foi adotado por muitas empresas fabricantes de celulares, o que fez crescer rapidamente uma ampla comunidade de desenvolvedores com a criação de sua própria loja de Apps (ISLAM; WANT, 2014).

Ainda conforme Islam e Want (2014), ao longo do tempo, várias inovações foram cruciais para o sucesso dos smartphones, como disponibilização de softwares que antes eram exclusivos para os computadores, agora se tornaram facilmente acessíveis em qualquer lugar com o smartphone; criação de redes de dados de alta velocidade (3G e 4G); fornecimento de sistemas operacionais fáceis de serem programados; fácil implementação de aplicativos nas lojas de Apps; e oferta de componentes físicos como a tela capacitiva multitoque, que permitiu uma interação mais intuitiva e versátil. Além dos diferentes tipos de sensores e tecnologias, como acelerômetro, magnetômetro, GPS, giroscópio, sensor de luz, sensor biométrico, sensor de proximidade, sensor de reconhecimento facial, etc. Assim, influenciando toda uma categoria de produtos, inclusive a própria televisão (TV), um dos principais eletrodomésticos, agora denominada SmartTV.

3.2.3 Gestos padrão para smartphones

Apesar das diversas marcas e modelos de smartphones disponíveis no mercado, os sistemas operacionais mais difundidos são dois: o Android, comum na maioria das empresas fabricantes desses dispositivos, cujo principal colaborador no seu desenvolvimento é a empresa Google; e o iOS, exclusivo da empresa Apple, fabricante dos iPhones (smartphones) e Ipads (tablets). Em uma crítica às interfaces gestuais, Norman e Nilsen (2010) apontam que cada empresa (Apple e Google) desenvolve suas próprias diretrizes, as quais, muitas vezes, são mal constituídas, pois se esquecem dos princípios bem estabelecidos da usabilidade. Porém, muitos avanços têm ocorrido com relação ao uso, e os designers estão cada vez mais empenhados em favorecer os usuários.

Entendemos que o aspecto da ergonomia física tem sido negligenciado nesse contexto, mesmo por designers que cursaram essa disciplina em suas graduações. Tendo em vista que a maioria dos projetos de aplicativos para smartphones seguem padrões preestabelecidos (diretrizes) em suas interfaces, nota-se que a cultura de

desenvolvimento de artefatos digitais foca na eficácia e eficiência da operação de tarefas, esquecendo-se das implicações para o corpo dos usuários. Assim, a seguir, apresentamos o que as duas principais *guidelines*[7] apontam sobre a interação gestual e discutimos as implicações físicas para os usuários.

Nas diretrizes *Material Design* desenvolvidas principalmente para o sistema Android, mas que também incluem alguns aspectos para o iOS, podemos verificar os seguintes gestos de navegação para os aplicativos (MATERIAL DESIGN, 2020):

- *Tap* (toque) – Tocar na tela para navegar para destinos.
- *Scroll* (rolagem) & *Pan* (deslocar) – Deslizar sobre a tela para qualquer direção para mover continuamente o conteúdo.
- *Drag* (arrastar) – Deslizar as superfícies na tela para trazê-las para dentro e fora da vista.
- *Swipe* (deslizar) – Mover superfícies horizontalmente na tela para navegar entre pares, como guias.
- *Pinch* (beliscar) – Esticar/encolher superfícies para navegar entre telas.

Os gestos de ação podem executar ações ou fornecer atalhos para a conclusão de ações. Os tipos de gestos de ação incluem (MATERIAL DESIGN, 2020):

- *Tap* (toque) – Permitem que os usuários interajam com elementos.
- *Long press* (pressão longa) – Permitem que os usuários interajam com elementos e acessem funcionalidades adicionais.
- *Swipe* (deslize rapidamente) – Os usuários podem deslizar elementos para concluir ações ao passar um limite.

Os usuários podem transformar o tamanho, a posição e a rotação de um elemento com gestos. Os tipos de gestos de transformação incluem (MATERIAL DESIGN, 2020):

- *Double tap* (toque duplo) – Dois toques rápidos permitem que os usuários aumentem e diminuam o conteúdo.

[7] São diretrizes oferecidas aos desenvolvedores de software com uma série de recomendações.

- *Pinch* (beliscar) – Uma pitada, também permite que os usuários aumentem e diminuam o conteúdo.
- *Compound gestures* (gestos compostos) – Os usuários podem fazer a transição fluida entre vários gestos.
- *Pick up and Move* (pegar e mover) – Um longo toque e arrastar permitem que os usuários reordenem o conteúdo.

A Apple, por sua vez, disponibiliza as suas próprias diretrizes, as *Human Interface Guidelines* (Diretrizes de Interface Humana) para iOS (APPLE, 2020), com alguns padrões semelhantes aos utilizados no sistema Android e outros exclusivos do sistema iOS, que são:

- *Tap* (toque) – Ativa um controle ou seleciona um item.
- *Drag* (arrastar) – Move um elemento de um lado para o outro ou arrasta um elemento pela tela.
- *Flick* (Movimentação) – Rola ou desloca rapidamente um elemento.
- *Swipe* (Deslizar) – Quando executado com um dedo, retorna à tela anterior, revela a exibição oculta em um controlador de exibição dividida, revela o botão “Excluir” em uma linha de exibição de tabela, ou revela ações em uma espiada. Quando executado com quatro dedos em um iPad[8], alterna entre aplicativos.
- *Double tap* (toque duas vezes) – Aumenta o zoom e centraliza o conteúdo ou uma imagem, ou diminui o zoom se já estiver ampliado.
- *Pinch* (beliscar) – Aumenta o zoom ao beliscar para fora, diminui o zoom ao beliscar para dentro.
- *Three-finger pinch* (beliscar com três dedos) – Copia o texto selecionado ao beliscar para dentro, cola o texto copiado ao beliscar para fora.
- *Three-finger swipe* (deslizar com três dedos) – Inicia desfazer ao deslizar para a esquerda; inicia refazer ao deslizar para a direita.

[8] Tablet da Apple.

- *Touch and hold* (toque e segure) – Quando executado em texto editável ou selecionável, destaca o texto na ponta do dedo e exibe um menu de edição.
- *Rotate* (rodar) – Gira uma imagem ou visualização.
- *Shake* (mexe) – Inicia desfazer ou refazer.

Como dito anteriormente, os sistemas Android e iOS são dominantes com relação aos sistemas operacionais em smartphones. Assim, mesmo existindo uma rede aberta de desenvolvedores para as duas plataformas, geralmente, a interface se baseia em *guidelines* (*Material Design* e *Human Interface Guidelines*). Essas diretrizes uniformizam os aplicativos, para existir uma padronização na interface. As diretrizes fornecem indicações precisas sobre tipos, finalidades, posicionamento, dimensão de componentes, gestos de interação, navegação, entre outras instruções, que são responsáveis pela configuração visual e usabilidade dos aplicativos. São utilizadas, ainda, como critério para incorporação dos aplicativos nas lojas virtuais de Apps, portanto, elas influenciam completamente no design dos aplicativos e consequentemente no modo como ocorrem as interações gestuais, como alcance dos botões e ações que podem ser repetitivas.

Após verificar as duas diretrizes, foi realizada uma síntese desses indicativos de gestos padrão, que muitas vezes são associados a algum tipo de elemento gráfico, que ajudam a diferenciar a finalidade do gesto, mas que são coincidentes a outros gestos com relação ao movimento gestual. A Tabela 1 apresenta essa síntese:

Tabela 1 – Síntese de gestos das diretrizes gestuais *Material Design* e iOS.

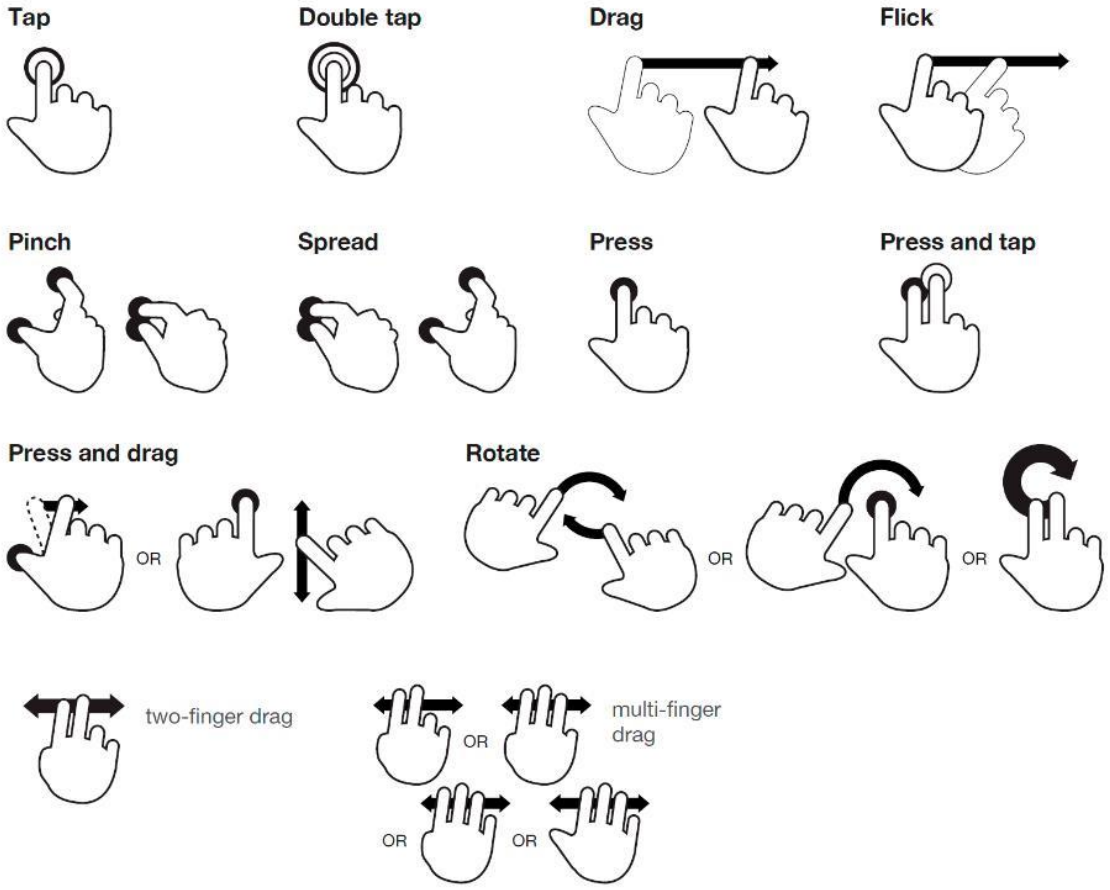
Material Design	**Diretrizes iOS**	**Movimento Gestual**
Tap	Tap	Tocar 1 dedo no elemento, brevemente.
Scroll e Pan		Deslizar 1 dedo em qualquer direção na tela.
Drag	Drag	Deslizar 1 dedo na vertical sobre elemento.
Swipe	Swipe / Flick	Deslizar 1 dedo na horizontal no elemento/tela.
Pinch	Pinch	Beliscar 2 dedos simultaneamente sobre tela.
Long press	Touch and hold	Tocar 1 dedo no elemento, pausadamente.
Double tap	Double tap	Tocar 1 dedo duas vezes.
Pick up and move		Tocar 1 dedo no elemento e deslizar na tela.
	Three-finger pinch	Beliscar 3 dedos simultaneamente sobre tela.
	Three-finger swipe	Deslizar 3 dedos horizontalmente sobre a tela.

	Rotate	Rotacionar 2 dedos simultaneamente sobre tela.
	Shake	Balançar o smartphone com punho/antebraço.

Fonte: O autor.

A Figura 9, adaptação de *Touch Gesture Reference Guide* (WILLIS; VILLAMOR; WROBLEWSKI, 2010), apresenta visualmente como a maioria desses gestos são realizados. Nela, verificamos que os dedos mais utilizados nas instruções gestuais são: indicador para toque com 1 dedo na tela; indicador e polegar para ação com 2 dedos; e indicador, médio e anelar para gesto com 3 dedos. No entanto, as ações com apenas o dedo indicador levam em consideração que o usuário está segurando o dispositivo com uma das mãos ou apoiando-o em algum local, como, por exemplo, uma mesa ou balcão, pois, caso o usuário esteja utilizando o dispositivo com apenas uma das mãos, o que também é bastante comum, o dedo utilizado geralmente é o polegar, pois a empunhadura do smartphone limita a um tipo de pega, na qual apenas esse dedo tem acesso à tela (parte frontal). Os demais dedos, por sua vez, ficam na parte posterior do aparelho e são utilizados para segurá-lo.

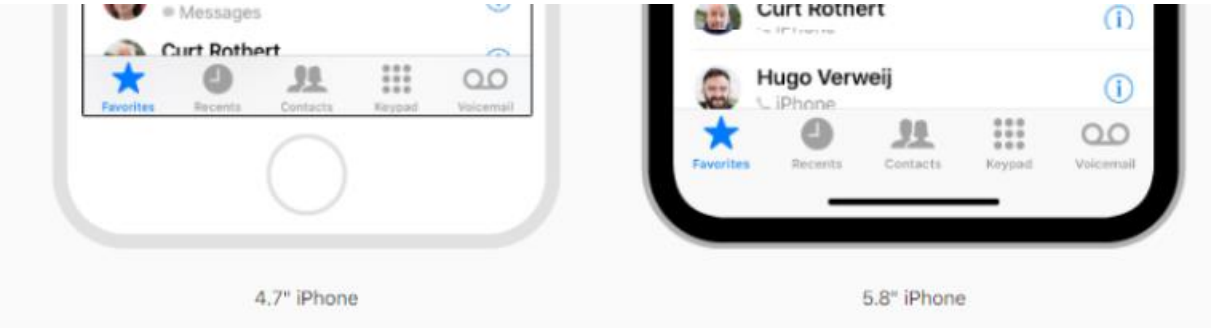
Figura 9 – Gestos comuns para interfaces touchscreen.



Fonte: Wroblewski (2010, p. 1, 3 e 4).

A partir do iPhone X, a Apple retirou o botão físico de “Início/Home” que possuía o Touch ID, sensor de impressão digital, e o substituiu pelo Face ID, sistema de reconhecimento facial (Figura 10), além de incluir gestos de navegação do sistema. Isso permitiu que a tela ficasse maior, ocupando praticamente toda a superfície frontal do smartphone.

Figura 10 – Modelo de iPhone 4.7", com botão Início/Home, e iPhone 5.8", sem este botão.



Fonte: Apple (2020b).

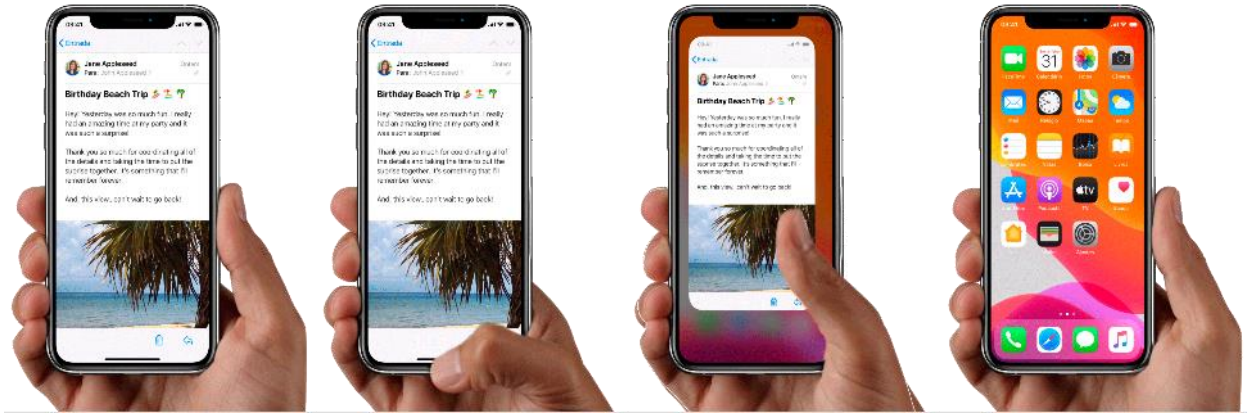
Assim, alguns desses gestos apresentados anteriormente (Drag e Swipe) são realizados na borda inferior da tela, no espaço sinalizado por uma linha horizontal centralizada, preta ou branca, dependendo da cor da tela (Figura 11).

Figura 11 – Linha horizontal na borda inferior do iPhone X e posteriores.

Fonte: Apple (2020a).

Por exemplo, para realizar o gesto de navegação para tela de início, a qualquer momento, o usuário precisa deslizar um dedo de baixo para cima na tela, como apresentado na própria instrução da Apple, utilizando o polegar (Figura 12).

Figura 12 – Gesto de navegação para tela de início.



Fonte: Apple (2020a).

Outros gestos de navegação podem ser executados na borda inferior da tela, como:

- Abrir o seletor de Apps – deslizar o dedo para cima, a partir da borda inferior, pausando no centro da tela e levantando o dedo.
- Alternar entre Apps abertos – deslizar o dedo à direita ou à esquerda ao longo da borda inferior da tela para alternar rapidamente entre os Apps abertos.

Além dos gestos na borda inferior, existem outros gestos realizados na tela. A Tabela 2 apresenta os gestos de navegação ou de ativação de recursos:

Tabela 2 – Gestos de Navegação iPhone X e posteriores.

Gesto	Descrição
	Voltar para o início – deslizar o dedo para cima a partir da borda inferior da tela para voltar à tela de início a qualquer momento.
	Acessar controles rapidamente – deslizar o dedo para baixo a partir do canto superior direito para abrir a Central de Controle.
	Abrir o seletor de Apps – deslizar o dedo para cima a partir da borda inferior, pausar no centro da tela e levantar o dedo. Para explorar os Apps abertos, passar o dedo para a direita e, em seguida, tocar no App desejado.

	Alternar entre Apps abertos – deslizar o dedo à direita ou à esquerda ao longo da borda inferior da tela para alternar rapidamente entre os Apps abertos.
	Voltar para tela anterior ou principal – deslizar o dedo da borda esquerda para direita, até mostrar completamente a página anterior.
	Avançar página em navegadores – deslizar o dedo da borda direta para esquerda, até mostrar completamente a página posterior.

Fonte: Apple (2020b).

Também é possível ativar o recurso de acessibilidade, chamado “alcançabilidade”, com o iPhone na orientação vertical (Figura 13). Por meio desse recurso, podem-se deslocar itens que estão na parte superior da tela para a metade inferior da tela, possibilitando melhor alcance. Para utilizá-lo, é necessário deslizar o dedo sobre a “linha horizontal” de cima para baixo na borda inferior da tela. Contudo, nem todos os usuários têm conhecimento da sua existência, e o gesto é de difícil execução.

Figura 13 – Recurso alcançabilidade do iPhone.

Fonte: Apple (2020a).

A partir do Android 10 (nível API[9] 29), o sistema oferece suporte completo à navegação por gestos (ANDROID, 2020), semelhante ao que ocorre nos iPhones X e posteriores, removendo os tradicionais “Botões de Navegação”. O gesto do sistema para “voltar”, “tela inicial” ou “alternância rápida” são os mesmos apresentados anteriormente para iOS, além de deslizar da borda inferior esquerda em diagonal para “abrir o Google Assistente”.

No entanto, a aparência e algumas dessas ações gestuais são diferentes dependendo do fabricante do aparelho. Algumas empresas já utilizam gestos de navegação como, por exemplo, a Motorola, que possui a “navegação de um toque”, a qual permite substituir os botões virtuais de navegação e utilizar apenas um único botão em formato de linha horizontal, análogo ao do iOS, que pode ser tocado, deslizado para cima, para esquerda e direita, conforme pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 – Navegação de um toque.

Gestos	Função
	Toque rápido – tela inicial
	Deslizar para cima – abrir a grade de aplicativos recentes
	Deslizar para a esquerda – voltar uma página
	Deslizar para a direita – alternar entre os aplicativos recentes.

Fonte: Motorola (2020).

[9] API = *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicativos).

Com o auxílio do App Moto Ações, desenvolvido pela Motorola, também é possível realizar gestos específicos, como:

- Agitar o smartphone duas vezes para ativar ou desativar a lanterna (Figura 14).

Figura 14 – Gesto para ativar lanterna.

Fonte: Motorola (2020).

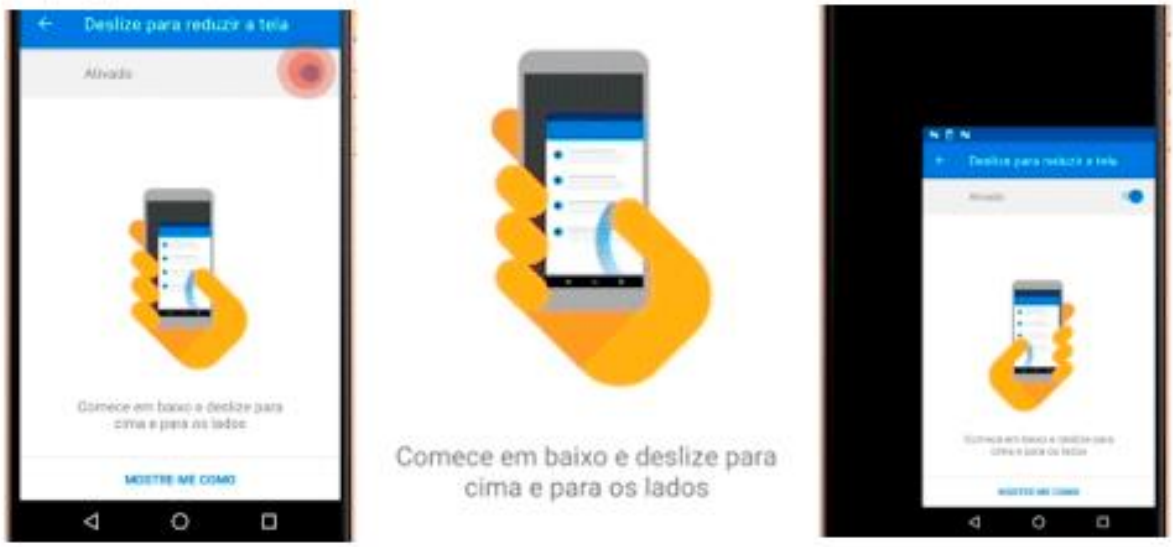
- Girar as faces do smartphone duas vezes para ativar a câmera (Figura 15).

Figura 15 - Gesto para ativar câmera.

Fonte:Motorola (2020).

- Deslizar dedo de baixo para cima em direção à esquerda ou à direta para diminuir a tela e usá-la com uma única mão (Figura 16).

Figura 16 – Gesto para diminuir a tela.



Fonte: Motorola (2020).

Assim, é perceptível um foco do uso do polegar na navegação pelo sistema do aparelho. Portanto, utilizado com frequência pelos usuários, com possíveis posições

extremas das articulações e movimentos repetitivos, é necessário verificar a cinemática do dedo polegar e as consequências desses movimentos para o corpo das pessoas.

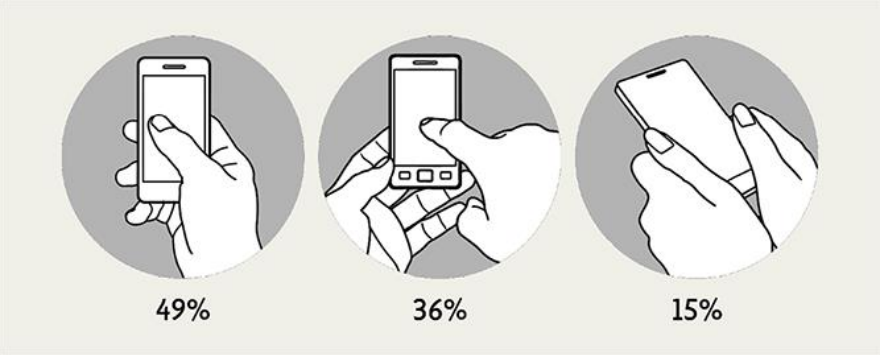
3.2.4 Contexto e hábitos de uso dos smartphones

Um ponto importante a ser destacado na interação com os smartphones é que a forma de utilizá-lo pode variar de acordo com o contexto. Nesse sentido, as interações ou padrões de uso podem ser alterados, seja pela situação, preferência ou necessidade do usuário, que pode utilizá-lo em pé, andando, correndo, sentado, se locomovendo nos meios de transporte ou fazendo qualquer outra atividade (CLARK, 2015; HOOBER, 2013).

Em pesquisa realizada no Sistema de Metrô de Taipei, Taiwan, observando os passageiros do transporte público com relação às posturas corporais e aos estilos de operação da tela do smartphone, enquanto estavam sentados ou em pé (n = 1.230), a atividade mais frequente entre os usuários foi a de navegação (84%), na orientação retrato/vertical (93%). Dos passageiros que estavam sentados utilizando o dispositivo, o estilo mais comum foi segurar com uma mão e operar com a outra (46%), enquanto para aqueles que estavam em pé, a forma mais adotada consistiu em segurar e operar com a mesma mão (46%) (LIANG; HWANG, 2016).

Hoober (2013), em estudo observacional realizado em cidades dos Estados Unidos e Canadá, verificando como as pessoas seguram os seus smartphones e interagem com o dispositivo em locais públicos (n = 1.334), em cerca 40,9% das situações observadas, os usuários estavam utilizando o smartphone sem interagir com botões ou tela (interação passiva). Desse percentual, 22% estavam realizando chamada de voz com o dispositivo no ouvido, e 18,9% ouvindo música ou assistindo vídeo, sem detalhes sobre o modo de uso. Com relação a todas as situações com interação gestual (interação ativa), tocando na tela ou nos botões físicos do aparelho, os usuários o seguram de três maneiras básicas: uma mão (49%), segura com uma mão e toca com outra (36%) e utilizando as duas mãos para tocar na tela (15%), conforme a Figura 17.

Figura 17 – Tipos de manuseio observados e porcentagem de uso.



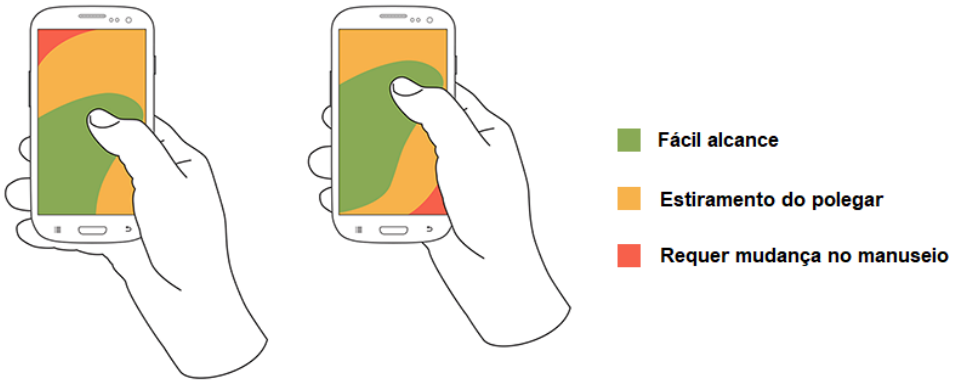
Fonte: Clark (2015).

É importante destacar que os dois estudos apresentados por Hoober (2013) e Liang e Hwang (2016) possuem algumas características distintas. Ou seja, há diferença de três anos de uma pesquisa para outra, e um estudo é mais amplo com relação aos tipos de situação de uso e o outro é mais específico, com foco no transporte público. A despeito disso, percebemos semelhanças no modo como as pessoas utilizam o dispositivo em locais públicos.

A partir desses estudos, percebe-se que o estilo de uso pode ser alterado em situações privadas, ou podem ser afetados por fatores culturais, sociais, entre outros, que podem influenciar nas posturas e manuseios. Desse modo, compreendemos que, dependendo da localidade, existem fatores peculiares que precisam ser conhecidos e compartilhados para uma maior adequação das interfaces para as pessoas às quais se destinam. Portanto, faz-se necessária a realização de estudos sobre hábitos de uso para a população brasileira, o que pode ser conferindo em *4.1 Estudo 1 – Pesquisa com usuários de smartphones* (p. 129).

Ainda, conforme Hoober (2013), na interação com uma mão, várias posições são possíveis, mas duas são bastante comuns, conforme Figura 18, em que o verde na tela indica a área de fácil alcance; o amarelo, uma área que requer estiramento do polegar; e o vermelho, uma área que exige mudança da maneira de segurar para alcançar a área. Nessas situações, 67% dos usuários utilizaram o polegar direito e 33% o esquerdo, pelo fato de que, em muitas das situações em que se utiliza apenas uma mão, a pessoa normalmente está utilizando a outra mão para realizar uma atividade diferente, podendo escolher a mão dominante para uma atividade que necessita de mais destreza.

Figura 18 – Segurando o smartphone com uma mão.



Fonte: Hoober (2013).

Para a utilização do dispositivo com as duas mãos, sendo que uma para segurar o aparelho e outra para tocá-lo (*cradling*[10]), foram observadas duas maneiras (Figura 19): polegar na tela (72%) e dedo indicador (28%). Essa forma possibilita uma maior área de fácil alcance, principalmente quando é empregado o dedo indicador (HOOBER, 2013).

Figura 19 – Segurando com uma mão e tocando com outra.

Fonte: Hoober (2013).

O uso com duas mãos simultaneamente tocando a tela (Figura 20), com o dispositivo estando na posição vertical em 90% dos casos observados e em 10% na horizontal, é geralmente associado ao uso do teclado virtual, mas também se adota para rolar a tela com um polegar e tocar um botão ou link com o outro. Na situação vertical, a área de fácil alcance fica limitada do meio para baixo da tela, enquanto na horizontal possui uma área verde maior (HOOBER, 2013).

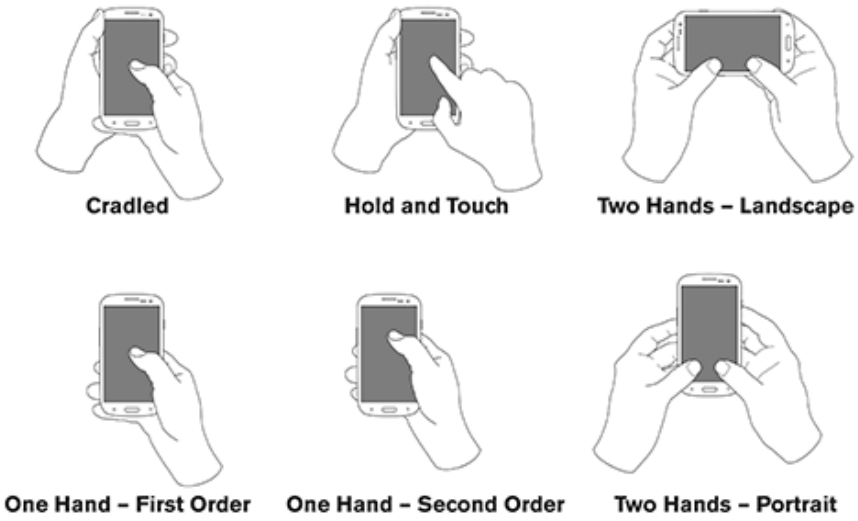
[10] Cradling, "embalar", em tradução para o português, termo empregado por Steven Hoober para indicar o uso com duas mãos para segurar um telefone celular, sendo que apenas uma das mãos é utilizada tocar a tela ou os botões (HOOBER, 2013).

Figura 20 – Uso de duas mãos ao segurar um telefone vertical ou horizontalmente.

Fonte: Hoober (2013).

Em pesquisa posterior, Hoober (2017a), observando as seis maneiras mais comuns de segurar e interagir com o smartphone (Figura 21), entre as pessoas observadas, 75% utilizam apenas o polegar para tocar a tela, aproximadamente 50% seguram o telefone com uma das mãos, 36% utilizam a segunda mão para dar maior alcance e estabilidade, e 10% seguram com uma mão e utilizam o indicador da outra mão para tocar a tela.

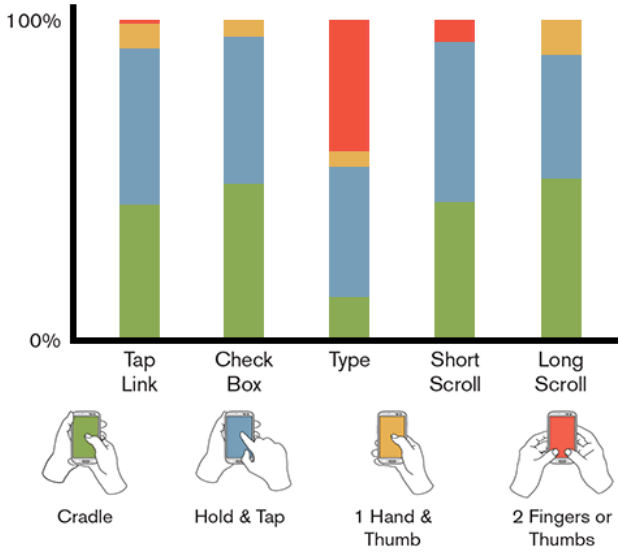
Figura 21 – Maneiras comuns de as pessoas segurarem e tocarem seu celular.



Fonte: Hoober (2017a).

Segundo Hoober (2017b), as pessoas mudam a forma de manusear o smartphone para tipos específicos de interação. A Figura 22 apresenta o gráfico com a proporção de situações em que se utiliza uma das quatro maneiras de interação em relação a quatro interações específicas: tocar link, tocar caixa de seleção, deslizar curto e deslizar longo.

Figura 22 – Mudanças de manuseio de acordo a interação específica.



Fonte: Hoober (2017b).

Após a observação das informações levantadas, percebemos uma preferência pelo polegar na maioria das situações de uso. Assim das seis maneiras identificadas por Hoober (2017b), apenas uma situação não o utiliza, sendo exatamente a que possui maior área de fácil alcance, porém, é a menos utilizada pelos usuários. Desse modo, o critério de escolha do estilo de manuseio pode não estar relacionado à facilidade de alcance dos elementos da tela, mas, sim, à precisão do toque para selecionar o elemento específico na tela.

Além disso, há uma preferência dos usuários por tocar o centro da tela, independente do modelo de smartphone, como pode ser conferido na Figura 23, que mostra em vermelho (mapa de calor) as regiões com maior ocorrência de toque dos usuários ao selecionar itens em uma lista de rolagem em tela. Com relação ao movimento de rolagem da tela, muito comum nos aplicativos de redes sociais e mensageiros instantâneos, como visto anteriormente, os usuários utilizaram mais o centro da tela ou canto direito. Por sua vez, geralmente quando o conteúdo preenchia toda a tela, como uma grade de imagens, existe uma tendência de rolagem na extremidade direita. Na Figura 23 é possível ver o mapa de calor dessa interação (HOOBER, 2017b).

Figura 23 – Posições de preferência de toque e Posições de rolagem da tela.

Fonte: Hoober (2017b).

Assim, ao perceber as diferentes variações da interação gestual com smartphone, as preferências de manuseio e o uso predominante do polegar, é necessário entender melhor essas interações e o que acontece no corpo dos usuários ao realizá-las.

A seguir, discutiremos mais sobre questões ergonômicas e a relação com as ações gestuais e as posturas utilizadas para interagir com os aplicativos em smartphones.

3.3 ASPECTOS ERGONÔMICOS RELACIONADOS AOS GESTOS DE INTERAÇÃO

De acordo com Iida e Buarque (2016, p. 2), a ergonomia, ou fatores humanos, "[…] é o estudo da adaptação do trabalho ao ser humano". Os autores complementam que *trabalho*, aqui, possui um sentido mais amplo, de interação ou tarefa a ser realizada, do que o significado trivial da palavra, relacionado a uma atividade produtiva de bens ou serviços. Portanto, a ergonomia possui papel importante no estudo das características humanas para propor soluções adequadas para as pessoas, seja no âmbito material ou imaterial. Ela evita uma inversão que coloca o foco nos aspectos técnicos (máquinas, equipamentos, softwares etc.), fazendo com que o operador humano se adapte à situação, podendo gerar consequências como fadiga, erros, acidentes, baixa produtividade, entre outras implicações (IIDA; BUARQUE, 2016).

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) adota, em seu estatuto, a seguinte definição para a ergonomia:

> […] o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar de forma integrada e não dissociada a segurança, o conforto, o bem estar e a eficácia das atividades humanas (ABERGO, 2004, p. 2).

Assim, observamos uma abrangência ainda maior, com a substituição da palavra “trabalho” por “interações”. Portanto, qualquer atividade com a qual o ser humano possa interagir, independente da finalidade.

Ainda, segundo a Abergo (2020), trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem ampla de todos os aspectos da atividade humana, e, para isso, é necessário que os ergonomistas[11] apresentem uma atuação holística de todo o campo de ação da ergonomia, em diferentes aspectos, como físicos, cognitivos, sociais, organizacionais, ambientais etc. Destaca-se, também, que, apesar da crescente mutação e criação de diferentes domínios, de maneira geral, os domínios específicos da ergonomia são:

Ergonomia Física – com foco nas características da anatomia, antropometria, fisiologia, biomecânica e sua relação com a atividade física humana. Possui tópicos relevantes, com foco no trabalho, como: estudo da postura, manuseio, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos, projeto do posto de trabalho, segurança e saúde.

Ergonomia Cognitiva – referente aos processos mentais, tais como: percepção, memória, raciocínio e resposta motora, e como estes interferem nas interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes são: estudo da carga mental do trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador (IHC), estresse e treinamento.

Ergonomia Organizacional – contribui com otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Entre os tópicos relevantes estão: comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações, projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto

[11] Ergonomistas = especialistas ou profissionais que atuam na área de ergonomia.

participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade.

Como sinalizado anteriormente, a ergonomia física é o foco desta pesquisa, pelo fato de que, apesar de ser um domínio clássico da ergonomia, é pouco relacionado ao projeto de interfaces digitais, enquanto que a ergonomia cognitiva é comumente explorada no desenvolvimento dessas interfaces, associada com a usabilidade. Deste modo, concordamos com a importância da ergonomia no projeto de interfaces e da necessidade da relação do design com a ergonomia, para a melhoria de projetos de produtos (PASCHOARELLI, 2003; SOARES, 2011), seja física, digital ou virtual.

A ergonomia pode ser classificada, de acordo com as diferentes ocasiões em que é aplicada, como: concepção, correção, conscientização e participação (WISNER 1987, apud IIDA; BUARQUE, 2016), seja em produtos, sistemas ou produção. Conforme Iida e Buarque (2016), seguem as seguintes definições:

Ergonomia de concepção – ocorre quando a ergonomia é aplicada durante o projeto, sendo considerada a melhor situação de aplicação, pois permite uma ampla análise das alternativas. Porém, as características específicas e inéditas de cada projeto exigem maior conhecimento e experiência do profissional. No entanto, a busca de informações em situações semelhantes existentes e a construção de modelos e protótipos podem auxiliar na avaliação e no desenvolvimento de novos produtos.

Ergonomia de correção – momento em que a ergonomia é acionada para corrigir problemas em uma situação real, onde o projeto já foi implementado. Ela é aplicada a problemas relacionados a segurança, fadiga excessiva, doenças do trabalhador ou quantidade e qualidade da produção, sendo mais fáceis de serem resolvidos do que na concepção, pois os problemas já são conhecidos. Porém, diversos fatores podem influenciar para que a solução seja satisfatória, como, por exemplo, o custo elevado da sua implantação.

Ergonomia de conscientização – é uma intervenção em forma de capacitação das pessoas envolvidas naquela atividade onde o projeto não conseguiu atender todas as demandas ergonômicas, seja na fase concepção ou correção. Geralmente, é realizada em forma de cursos de treinamento e frequentes capacitações, para que a própria pessoa possa identificar e corrigir os problemas do dia a dia ou de situações

emergenciais. Mas, depende justamente da competência, recordação e disposição do indivíduo para exercê-la.

Ergonomia de participação – envolve o próprio usuário do sistema na solução do problema ergonômico, leva em consideração que esse indivíduo possui conhecimento prático acerca daquela atividade, seja de trabalho ou de uso de um produto, e toma a sua opinião no processo de desenvolvimento. Essa categoria se diferencia da “ergonomia de concepção” pelo fato de envolver as pessoas de forma ativa na busca de soluções para o problema, e não apenas através da informação para lidar com a situação, como é o caso da de concepção.

Chammas, Quaresma e Mont’alvão (2013) alertam que as necessidades do mercado de aplicativos móveis, cada vez mais imediatista, muitas vezes com restrições orçamentárias, temporais e com as especificidades de cada projeto, geram obstáculos para a consideração da participação do usuário no processo de desenvolvimento dessas interfaces, e, até mesmo, o desconhecimento da importância do uso de metodologias adequadas, com enfoque ergonômico, por parte dos desenvolvedores. As autoras destacam a importância do desenvolvimento de estudos que proponham uma metodologia exequível, rentável e que se adéque aos princípios do “design centrado no usuário”, através da utilização dos parâmetros da ISO 9241-210 em todas as etapas do desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis. Além disso, que sejam acrescentadas recomendações e sugestões calcadas em critérios ergonômicos.

Moraes e Mont’Alvão (2000) compreendem que a visão contemporânea da ergonomia, centrada na pessoa, coloca o ser humano como elemento mais importante do sistema, e não mais uma simbiose homem-máquina trabalhando de forma harmônica. Assim, consideram a importância de se compreenderem melhor as características humanas tendo em vista a pessoa como o principal agente da interação, controlando, conduzindo e tomando as decisões, e reconhecem que os anseios, as motivações e as experiências devem ser conhecidas, assim como fatores sociais e culturais.

No próximo tópico, discutiremos a usabilidade e sua relação com a ergonomia no projeto de interfaces gestuais para smartphones.

3.3.1 Usabilidade da interface gestual

A ISO 9241-11:1998 (1998) define *usabilidade* como sendo “medida em que um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para atingir metas especificadas com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico”, apontando para as seguintes metas:

- Eficácia – Quantidade e qualidade de objetivos alcançados pelo usuário;
- Eficiência – Quantidade de recursos empregados pelo usuário para alcançar seus objetivos, como: tempo, esforço físico e/ou cognitivo, entre outros;
- Satisfação – Contentamento subjetivo dos usuários com o uso.

Nesse contexto, eficácia e eficiência são avaliadas de forma mais objetiva e a satisfação conferida como uma medida mais subjetiva (QUARESMA, 2018).

A usabilidade também está relacionada ao conforto e à qualidade da interação física (IIDA; BUARQUE, 2016). Porém, quando explorada em interfaces digitais, acaba tendo um foco específico, voltado para questões cognitivas do usuário, a fim deste conseguir utilizar a interface para cumprir o objetivo para o qual ela se destina. São usadas, muitas vezes, as palavras “intuitivo” ou “natural”, jargões bastante comuns na área, as quais estão relacionadas aos processos mentais de interação com a interface, envolvendo facilidade de uso, de aprendizagem e poucos erros operacionais. Todavia, é importante destacar que o corpo também faz parte desse processo, e, mesmo que não apresente sinais de dor ou desconforto, a longo prazo, uma interface com problemas ergonômicos pode causar prejuízos à saúde, muitas vezes, irreversíveis ou de difícil tratamento.

De acordo com Paschoarelli (2003), a usabilidade deve estar apoiada na ergonomia para fundamentar-se na teoria e na abordagem ergonômica, e, assim, conceituar o problema e a determinação dos critérios projetuais. Essa noção deve, também, estar aliada ao design industrial, possibilitando a implementação do produto dentro dos parâmetros adequados de segurança, conforto e desempenho. Tratando-se de interface mão/instrumentos, a usabilidade pode ser considerada um dos principais aspectos do desempenho e da qualidade dessa interação, e sua aplicação deve estar fundamentada em metodologias de design ergonômico (PASCHOARELLI, 2003). Assim, a usabilidade pode ser avaliada com uma visão holística para a interação usuário-produto.

De acordo com Cybis, Betiol e Faust (2017), as técnicas destinadas à identificação de problemas ergonômicos e de usabilidade podem ser divididas em três categorias:

- Inspeção – o avaliador utiliza uma lista de verificação para indicar pontos que devem ser conferidos e os critérios aos quais a interface deve atender. É uma abordagem sistemática, no entanto, é limitada em suas possibilidades.
- Avaliação por especialistas – especialistas em usabilidade examinam a interface e avaliam as características do ponto de vista da adaptação ao usuário e à tarefa que este realiza com o sistema, é uma avaliação mais subjetiva e depende da competência do avaliador.
- Teste com o usuário – envolve usuários reais ou representativos da população-alvo do sistema examinado. O usuário é convocado a utilizar a interface diante de um avaliador, que observa perda de tempo, erros, retrabalho, bloqueios na interação, entre outros problemas. É uma avaliação mais confiável, porém mais dispendiosa.

Ainda conforme Cybis, Betiol e Faust (2017), para avaliação ergonômica de interfaces envolvendo especialistas, duas técnicas são comumente utilizadas:

- Avaliações heurísticas por especialistas – em que a avaliação é realizada por especialista na área de usabilidade, que confere problemas na interface, geralmente orientando-se por heurísticas.
- Avaliações participativas envolvendo especialistas e usuários – Quando o especialista se reúne com um usuário para simulação de uso do sistema avaliado, podendo estar em diferentes fases de desenvolvimento, observando de maneira informal os problemas na interface e levantando informações sobre erros e sugestões para melhoramento.

Alguns estudos desenvolveram heurísticas específicas para avaliar as interfaces gestuais (CHUAN; SIVAJI; AHMAD, 2015; FALCAO; LEMOS; SOARES, 2015; MAIKE *et al.*, 2015), porém, na essência, são baseadas nas já consolidadas heurísticas de Nielsen (2005) e nos princípios de Jordan (1998). No entanto, ao observar a síntese das heurísticas específicas para interfaces gestuais realizada por Vitorino (2017), duas heurísticas são adicionadas além das convencionais, que são “Conforto” e “Imersão”.

A primeira, ligada ao conforto físico no momento do uso, e a segunda, relacionada à sensação de interligação do usuário com o sistema. Desse modo, essas heurísticas específicas podem ser utilizadas para a identificação de problemas ergonômicos específicos dessas interfaces, que normalmente não são explorados diretamente nas heurísticas consolidadas.

Os “testes com o usuário”, por sua vez, envolvem usuários reais ou representativos da população-alvo do sistema, em um contexto real ou simulado. Esses testes podem apresentar resultados mais satisfatórios para constatação de problemas e identificação de suas causas, como:

- Ensaios de interface – mais informal, próximo de uma avaliação participativa e com mais interesse nos aspectos qualitativos;
- Testes de usabilidade – mais formais e com interesse em aspectos qualitativos e quantitativos de desempenho e experiência do usuário (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2017).

Assim, é possível aproveitar a realização dos testes de usabilidade, que normalmente lidam com o desempenho e a satisfação do usuário, para observar outras questões de interesse, como a percepção de desconforto, o esforço percebido, a sobrecarga musculoesquelética e o nível de estresse psicológico (FALCAO; LEMOS; SOARES, 2015; PASCHOARELLI, 2003; SILVA; PASCHOARELLI; ALVES, 2019). Logo, ergonomia e usabilidade são disciplinas associadas e com conceitos que acabam se mesclando. No entanto, é importante deixar claro seus limites, uma vez que a ergonomia é responsável pela adaptação do produto ao usuário e a usabilidade atua no momento da interação, em que o usuário busca alcançar seus objetivos (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2017).

Com a revisão da ISO 9241-11:2018 (2018), a abordagem da usabilidade é atualizada, e seus conteúdos são estendidos, incluindo metas para resultados pessoais, como entretenimento e desenvolvimento pessoal, reconhecendo que o usuário tem objetivos individuais que estão interligados, e levando em consideração a experiência do usuário com relação a necessidades e expectativas conferidas nas suas respostas físicas, cognitivas e emocionais.

Ainda, outro ponto importante está no tópico “Qualidade centrada no ser humano”, que garante, além da usabilidade, da acessibilidade e da experiência do usuário, que os danos decorrentes do uso “só podem ser gerenciados na medida em que podem ser controlados por aspectos projetados do sistema interativo” (ISO, 2018, tradução nossa). Ou seja, os danos devem ser previstos pelos desenvolvedores do artefato, sejam danos econômicos, à saúde (física ou psicológica), ao meio, entre outros.

Com isso, fica evidente a necessidade de os responsáveis pelo desenvolvimento de aplicações digitais compreenderem melhor as características dos usuários que estão envolvidos na interação com os artefatos que desenvolvem, e não apenas no desempenho do sistema. Portanto, é necessário lançar mão do design ergonômico, que, segundo Paschoarelli e Silva (2006, p. 200), têm justamente o propósito de melhorar o desenvolvimento de produtos através da inter-relação entre usabilidade, ergonomia e design, compreendendo a interação “entre todos os aspectos humanos e os mais variados e distintos dispositivos tecnológicos”.

No próximo tópico, abordaremos o design ergonômico e como ele pode favorecer o desenvolvimento de produtos com ênfase nos aspectos humanos.

3.3.2 Design ergonômico da interface gestual

Conforme Paschoarelli (2003, p. 8), design ergonômico é “a aplicação do conhecimento ergonômico no projeto de dispositivos tecnológicos, com o objetivo de alcançar produtos e sistemas seguros, confortáveis, eficientes, efetivos e aceitáveis”. Tal definição corrobora uma melhor interface usuário-produto, inserindo elementos importantes para o bem estar humano, além de atingir os objetivos da tarefa para a qual o produto foi projetado.

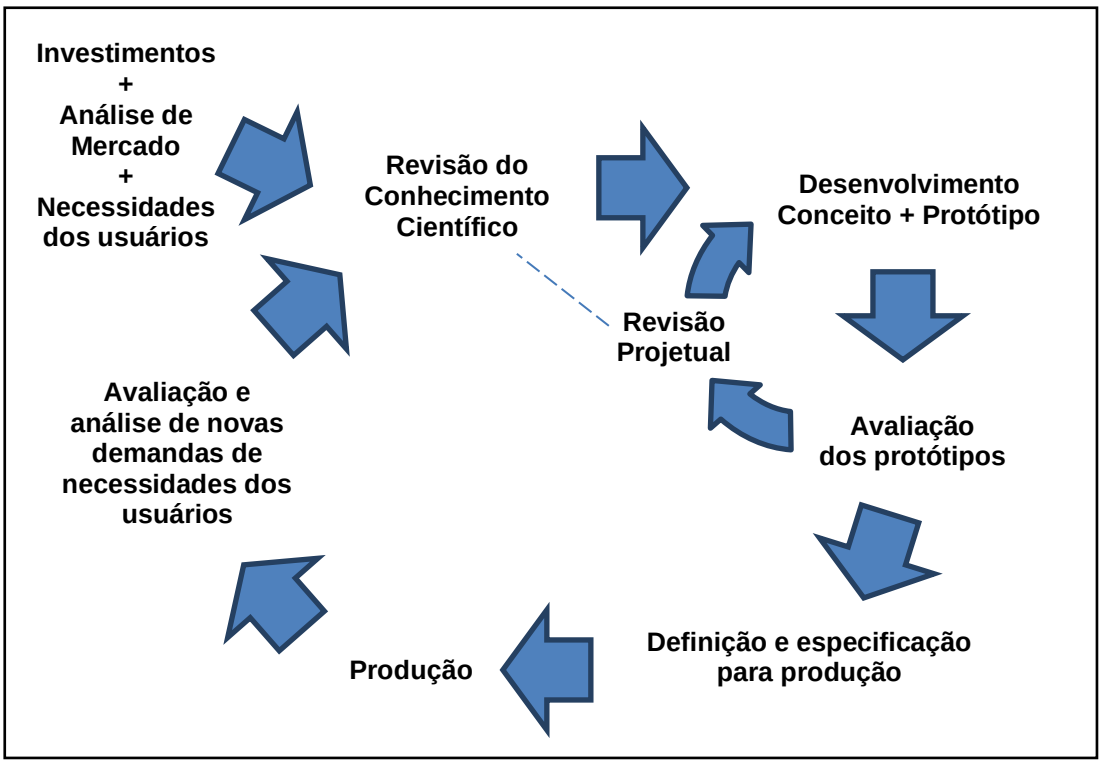
Com relação às metodologias de design ergonômico, Paschoarelli e Silva (2006), destacam alguns pontos importantes que devem ser levados em consideração, que são:

- Caracterizar-se por um processo trans e multidisciplinar.
- Envolver, no mínimo, os conhecimentos fisiológico, perceptivo e psicológico dos aspectos humanos na interface tecnológica.
- Fundamentar-se em abordagens epidemiológicas ou laboratoriais para a detecção e avaliação dos problemas ergonômicos.

- Alternar desenvolvimento e criatividade com avaliação sistematizada de produtos e sistemas, utilizando-se, para isso, de *mockups* e/ou protótipos físicos.

Considerando esses aspectos, os autores propõem uma alternativa metodológica para o design ergonômico (Figura 24).

Figura 24 – Proposta metodológica de design ergonômico.



Fonte: Paschoarelli e Silva (2006, p. 211).

Conforme verificado, as principais etapas, a seguir, são desenvolvidas em um sistema cíclico, permitindo, desse modo, uma evolução contínua no design ergonômico de produtos (PASCHOARELLI; DA SILVA, 2006):

- Revisão do Conhecimento Científico – todo conhecimento relacionado com a interface é revisado, não só em relação a questões tecnológicas do produto, mas principalmente na apropriação das variáveis ergonômicas e de usabilidade envolvidas no sistema;
- Desenvolvimento – definição de novo conceito de produto, auxiliada pelas mais variadas técnicas projetuais, até o desenvolvimento de protótipos.
- Avaliação – revisão projetual com base nos conhecimentos científicos levantados na “Revisão”, que promoverá alterações no projeto, podendo

retroceder para a fase de “Desenvolvimento”, até que condições adequadas de usabilidade sejam atendidas;

- Preparação – ajustes para a definição e preparação para a produção;
- Produção – processo produtivo do produto final para comercialização;
- Reavaliação Final – após o uso do produto em condições reais, o produto recebe uma série de avaliações, podendo surgir novas necessidades e oportunidades de redesenho.

Em todo o processo, podemos destacar a primeira etapa, “Revisão do Conhecimento Científico”, como sendo a base para todos os procedimentos metodológicos do “design ergonômico”, com foco em questões ergonômicas e de usabilidade com a finalidade de melhorar a qualidade de vida humana. Portanto, há a ênfase na necessidade de se compreenderem as características particulares da interação usuário-produto em questão, a fim de serem propostas soluções de produtos e sistemas apropriados e benéficos, servindo como parâmetros para a avaliação na revisão projetual. Também podemos salientar a “Avaliação dos Protótipos”, que é o meio de aferir se a solução promove uma interface que favoreça o usuário a cumprir seu objetivo e que reduza o máximo de prejuízos ao corpo.

De acordo com Saffer (2008), é importante considerar os problemas relacionados ao corpo no projeto das interfaces gestuais e os gestos interativos que as controlam. No entanto, normalmente, a aplicação de conhecimentos ergonômicos não é considerada no desenvolvimento de aplicativos para smartphone, seja por prioridade ou desconhecimento do assunto (CHAMMAS; QUARESMA; MONT’ALVÃO, 2013).

Assim, a maioria das intervenções é de natureza instrutiva, em que o usuário precisa se adaptar ao produto para reduzir o impacto de um produto a sua saúde. A exemplo de Kroemer e Kroemer (2016), que apresentam recomendações de ergonomia de conscientização, ao lidar com o dispositivo smartphone no ambiente de trabalho:

- Utilizar suporte para sustentar os cotovelos.
- Aproximar o smartphone ao nível dos olhos.
- Segurar o aparelho com as duas mãos.
- Não utilizar apenas o polegar da mão dominante para digitar.

- Utilizar, quando possível, comando de voz para digitação.

Ou seja, fica nítido que o smartphone não está adequado para seus usuários, sendo necessário que sejam feitas adaptações, a fim de alertar ou treinar os usuários para executarem medidas ergonômicas preventivas. Contudo, não observamos essa preocupação dos fabricantes desses dispositivos. Nesse sentido, cabe ao usuário se informar sobre essas medidas preventivas, ou mesmo, lidar com os prejuízos que poderão surgir com o uso frequente, resultado das implicações que as inconformidades ergonômicas ocasionam.

Alguns autores promovem alguns princípios genéricos para uma melhor ergonomia dessas interfaces. É o caso de Nielsen *et al.* (2003), que fazem uma compilação de princípios que devem ser levados em consideração para desenvolver interfaces gestuais ergonômicas, tais como:

- Evite posições extremas.
- Evite a repetição.
- Relaxe os músculos.
- Utilize posições relaxadas e neutras.
- Evite ficar em posição estática.
- Evite força interna e externa nas articulações, parando fluidos corporais.

No entanto, são necessários parâmetros mais objetivos e que sejam facilmente verificados em avaliações, como ângulos, medidas e duração, ou seja, parâmetros quantificáveis e específicos para a interface gestual do smartphone.

Saffer (2014) propõe os seguintes princípios para o design de NUIs (*Natural User Interfaces*) ou interfaces gestuais:

- Projetar para dedos, e não para cursores – as áreas de toque precisam ser muito maiores do que em um desktop: 8-10 mm para canetas, e 10-14 mm para as pontas dos dedos.
- Lembre-se de fisiologia e cinesiologia – não faça com que os usuários executem tarefas genéricas ou repetitivas.

- Sem braço de gorila – os seres humanos não foram feitos para realizarem muitas tarefas com as mãos para cima, em frente a seus corpos, por longos períodos de tempo.
- Cobertura da tela – dedos estão ligados a uma palma, que pode cobrir a tela enquanto você está tentando fazer um gesto. Evite colocar elementos essenciais como rótulos abaixo de um controle, de forma que possa ser encoberto pela própria mão do usuário. Coloque itens como menus na parte inferior da tela, para evitar este fenômeno.
- Conheça a tecnologia – o tipo de tela sensível ao toque, sensor ou câmera determina o tipo de gestos que você pode projetar para a interação.
- Quanto mais desafiador for o gesto, menos pessoas serão capazes de (ou desejarão) realizá-lo.
- Ativar ações quando o usuário remover o dedo, e não enquanto toca a tela.
- Reconhecimento (*Affordance*) – utilize gestos simples e intuitivos para atrair usuários a começar a usar o seu sistema.
- Evite a ativação de ações de forma não intencional – uma variedade de movimentos diários por parte do usuário pode acidentalmente acionar o sistema.
- Gestos e teclas de comando – fornecer maneiras fáceis de acessar a funcionalidade (como botões, controles deslizantes, itens de menu etc.), mas também fornecer formas avançadas e ágeis de gestos aprendidos como atalhos.
- Variedade de requisitos – Há uma grande variedade de maneiras de realizar um mesmo gesto.
- Determinar a complexidade do gesto de acordo com a complexidade e a frequência da tarefa – tarefas simples e frequentemente utilizadas devem ter gestos igualmente simples para executá-las.

Dentre esses princípios apresentados por Saffer (2014), podemos destacar apenas dois que abordam a ergonomia física: o segundo, que fala sobre evitar tarefas genéricas e repetitivas, e o terceiro, que lembra que os seres humanos não são capazes

de permanecer muito tempo com os membros superiores levantados a frente do corpo. No entanto, esses fundamentos precisam ser mais difundidos e explorados nos sistemas e nos aplicativos para smartphones, tendo em vista que os problemas persistem.

Apesar dessas importantes contribuições, algumas lacunas precisam ser preenchidas. Nesse sentido, perguntamos: como avaliar essas questões, como: posições extremas e neutras, repetição e os músculos envolvidos na interação de forma sistemática para o desenvolvimento ou correção de interfaces gestuais, e quais parâmetros ergonômicos podem ser considerados para verificação dessas questões? Deste modo, discutiremos nas próximas seções pontos importantes para compreensão dessa abordagem voltada para o corpo e as implicações físicas aos usuários, desenvolvendo uma revisão desses conhecimentos científicos para serem utilizados como base para o design ergonômico de interfaces gestuais.

3.3.3 Antropometria aplicada em smartphones

Segundo Pheasant e Haslegrave (2005, p. 7, tradução nossa),

> Antropometria é o ramo das ciências humanas que trata das medidas corporais, em particular das medidas de tamanho corporal, forma, força, mobilidade, flexibilidade e capacidade de trabalho. Os seres humanos são variáveis (em dimensões, proporções e forma, como em todas as outras características), e o design centrado no usuário requer uma compreensão dessa variabilidade.

De acordo com Kroemer e Grandjean (2005), um dos grandes desafios para os designers está na variedade de medidas corporais dos seres humanos. Apesar disso, os autores salientam que soluções baseadas em dimensões da “pessoa média” não devem ser uma regra. Mesmo que, do ponto de vista industrial, o projeto de um único produto padronizado seja o ideal, nem sempre é uma solução favorável para os diferentes tipos de usuários, sendo necessário buscar estratégias para atendê-los. Ou seja, outras estratégias devem ser levadas em consideração, como projetar para os extremos, aqueles com menor e maior dimensão corporal da população; disponibilizar produtos com diversos tamanhos para faixas da população; permitir que as dimensões sejam ajustáveis para se adaptar a cada usuário; e, até mesmo, um projeto adaptado para um único indivíduo, feito sob medida. Porém, cada situação deve ser analisada individualmente, verificando riscos e prioridades (IIDA; BUARQUE, 2016).

Com relação aos smartphones e outros dispositivos portáteis cuja interação ocorre com as mãos, não é algo comum a disponibilidade de diferentes tamanhos do mesmo produto para atender a uma necessidade de adaptação às medidas corporais dos usuários. Geralmente, suas dimensões têm relação com a tecnologia aplicada, em que o tamanho e a quantidade dos componentes físicos interferem nas dimensões do produto final. Quanto maior o dispositivo, normalmente, mais recursos disponíveis, como, por exemplo, capacidade da bateria, quantidade sensores e dimensão do display (WOYKE, 2014).

Um fator importante está na dimensão das telas (displays), que são cada vez maiores e com resoluções mais altas, proporcionando que os usuários consigam navegar na web, assistir a vídeos e jogar com melhor qualidade visual, sendo considerado um dos principais critérios que orienta o momento da compra, uma vez que os usuários têm uma tendência de preferir telas maiores por proporcionar maior noção utilitária (facilidade de uso) e hedônica (qualidade afetiva percebida) (CHIANG *et al.*, 2013; KIM; SUNDAR, 2014). Segundo Woyke (2014, p. 73 e 74, tradução nossa), “Os smartphones criam um paradoxo de design. As pessoas querem que suas telas sejam tão grandes quanto possível, enquanto ainda caibam nos bolsos”.

Conforme Hoober (2014), os smartphones maiores, também conhecidos como phablets (intermediários entre smartphones e tablets menores), não apresentam problemas graves de alcance dos elementos da tela. Em suas observações, o autor percebeu que, independentemente do tamanho da tela do dispositivo, os usuários geralmente utilizam as duas mãos ou revezam os lados, e, com alguns ajustes, movendo a mão, podem tocar facilmente em qualquer lugar da tela. Porém, destaca que o centro da tela é o local mais adequado para as interações principais, e as funções secundárias ou menos utilizadas localizam-se nas bordas da tela.

Entretanto, diversos estudos apontam que, quanto maior a tela, maior a exposição biomecânica e a relação com sintomas musculoesqueléticos (AKURKE; LI; CRAIG, 2018; CHIANG *et al.*, 2013; GUSTAFSSON *et al.*, 2018; KIETRYS *et al.*, 2015; KIM; KIM, 2015). Contudo, a tendência de telas maiores continua, agora com o conceito de “tela infinita”, que preenche praticamente toda a parte frontal dos aparelhos, com a remoção dos botões físicos, que normalmente existiam na barra inferior, e a possibilidade de localização de sensores e câmeras no próprio display (UOL, 2020). Com isso,

aumentaram as áreas de interação touchscreen, resultando em mais pontos de difícil acesso.

Assim, apesar de as mais recentes revisões sistemáticas sobre a temática apontarem que as principais ocorrências de problemas relacionados ao uso de smartphones estão localizadas no pescoço (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; TEGTMEIER, 2018; TOH *et al.*, 2017; XIE; SZETO; DAI, 2017) – resultado do modo como as pessoas visualizam as telas dos aparelhos, geralmente com o pescoço flexionado, inclinado a cabeça para baixo –, Eitivipart, Viriyarojanakul e Redhead (2018, p. 78, tradução nossa) destacam que “os sintomas musculoesqueléticos, como desconforto e dor, em usuários de smartphones não ocorrem apenas no pescoço, mas também em outras áreas do corpo, incluindo ombros, cotovelos, braços, punhos, mãos, polegares e pés”.

Essa informação coaduna as instruções localizadas no manual do usuário do iPhone, que alerta sobre movimentos repetitivos, sugerindo que: “ao realizar atividades repetitivas, como digitar, passar o dedo ou jogar no iPhone, você pode sentir um desconforto em suas mãos, braços, pulsos, ombros, pescoço ou outras partes do corpo. Se você sentir um desconforto, pare de usar o iPhone e consulte um médico” (APPLE, 2020). Portanto, esses problemas são conhecidos pelos fabricantes de smartphone e sua responsabilidade pela saúde dos usuários deve ir além de apenas indicações de precaução, mas também reduzir os aspectos negativos que levam a esses problemas. Além disso, não só os movimentos repetitivos, mas também os gestos inadequados, as dimensões dos aparelhos e o posicionamento dos elementos interativos da interface podem gerar problemas ao corpo dos usuários. A aplicação dos conhecimentos da antropometria, entre outras áreas da ergonomia, pode favorecer uma melhor adequação às limitações dos usuários.

A antropometria apresenta três tipos de medidas: a estática, a dinâmica e a funcional. A estática é realizada com o corpo parado, em segmentos corporais, entre pontos anatômicos nitidamente identificados; a dinâmica mede os alcances dos movimentos do corpo; a funcional, quando há um conjunto de movimentos para realização de uma tarefa específica, cada tipo de medida tem sua importância e deve ser selecionado de acordo com a complexidade e o objetivo do estudo (Iida e Buarque, 2016).

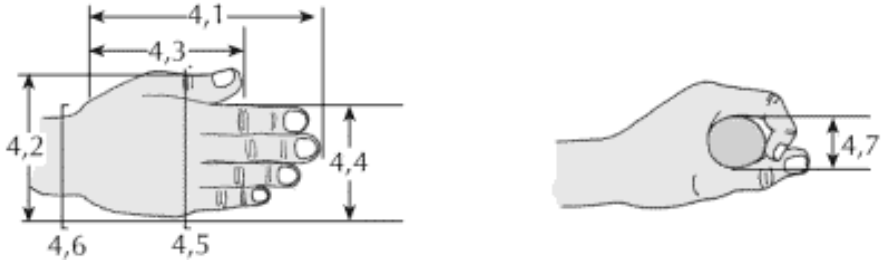
Desse modo, a seguir, apresentamos alguns dados que levam em consideração as partes do corpo envolvidas na interação gestual, principalmente os membros superiores. A Tabela 4 e a Figura 25 e apresentam as medidas da antropometria estática de várias partes da mão, de acordo com os percentis 5, 50 e 95 da população de homens e mulheres, resumidas da norma alemã DIN 33402 de 1981.

Tabela 4 – Medidas de antropometria estática das mãos.

	Medidas de antropometria estática (cm)	Mulheres			Homens		
		5°	50°	95°	5°	50°	95°
4 MÃOS	4,1 Comprimento da mão	15,9	17,4	19,0	17,0	18,6	20,1
	4,2 Largura da mão	8,2	9,2	10,1	9,8	10,7	11,6
	4,3 Comprimento da palma da mão	9,1	10,0	10,8	10,1	10,9	11,7
	4,4 Largura da palma da mão	7,2	8,0	8,5	7,8	8,5	9,3
	4,5 Circunferência da palma	17,6	19,2	20,7	19,5	21,0	22,9
	4,6 Circunferência do pulso	14,6	16,0	17,7	16,1	17,6	18,9
	4,7 Cilindro de pega máxima (diâmetro)	10,8	13,0	15,7	11,9	13,8	15,4

Fonte: Iida e Buarque (2016, p. 208).

Figura 25 – Variáveis da antropometria estática das mãos.



Fonte: Iida e Buarque (2016, p. 207).

Mesmo sendo um conjunto de medidas para a realidade de outra população, a alemã, esses dados podem servir como base para atender a limitações dimensionais tanto do produto físico como do produto digital. O estudo de Barros (2004) realizou o levantamento em moradores da cidade do Recife-PE, entre 18 e 65 anos, de ambos os sexos. A Tabela 5 apresenta as dimensões (em milímetros) dos segmentos corporais com os percentis 2,5, 50 e 97,5, aparecendo em destaque as medidas comprimento e largura da mão, que podem servir como parâmetro para realidade do Brasil. Contudo, ainda são necessários mais estudos, ampliando a amostra e a representatividade da população brasileira, e conferindo outras variáveis dos segmentos corporais que atuam na interação gestual.

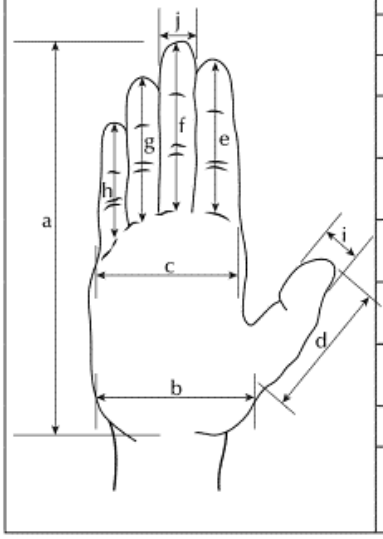
Tabela 5 – Medidas de antropometria estática (2,5°, 50° e 97,5° percentis)

SEGMENTOS CORPORAIS	MULHERES			HOMENS		
	2,5	50	97,5	2,5	50	97,5
Comprimento da Mão	135	175	204	183	193	222
Largura da Mão	63	79	89	83	87	102

Fonte: Barros (2004).

Segundo Iida e Buarque (2016, p. 357), as mãos possuem muitas variações de formas e tamanhos, e vários projetos costumam levar em consideração as faixas entre o extremo inferior (1º percentil feminino) e o superior (99° percentil masculino), conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Dimensões da mão.



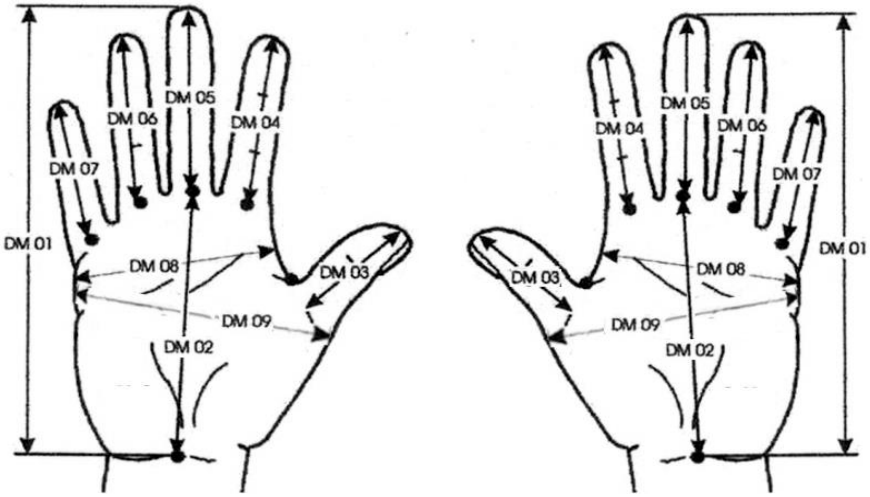
Parte da mão	Inferior (1° das mulheres), em mm	Superior (99° dos homens), em mm
a. Comprimento da mão	165	215
b. Largura da palma	97	119
c. Largura metacarpial	74	85
d. Comprimento do polegar (1º dedo)	43	69
e. Comprimento do indicador (2º dedo)	56	86
f. Comprimento do dedo médio (3º dedo)	66	97
g. Comprimento do anelar (4º dedo)	61	91
h. Comprimento do midinho (5º dedo)	46	71
i. Largura do polegar	16,5	23
j. Diâmetro dedo médio (3º dedo)	20	22,5

Fonte: Lehto e Buck (2008 apud Iida e Buarque, 2016, p. 357)

Em pesquisa sobre a antropometria da mão, Paschoarelli *et al.* (2011), avaliaram a influência do sexo na antropometria da mão humana com 44 estudantes universitários (masculino n = 22, e feminino n = 22) da UNESP/Bauru-SP. Os resultados indicam diferenças significativas, sendo, portanto, mais um fator a ser considerado no design de interfaces gestuais. Na investigação, os autores utilizaram um paquímetro digital para medir os nove segmentos definidos da mão esquerda e direita (conforme Figura 26). Em seguida, os dados foram tabulados e analisados estatisticamente através da técnica estatística de Análise da Variância (ANOVA - $p \leq 0,05$), aplicada para

comparar as dimensões das variáveis avaliadas e fornecer a média e desvio padrão para cada variável conferida para as mãos direita e esquerda de ambos os sexos.

Figura 26 – Nove variáveis antropométricas da mão (direita e esquerda).



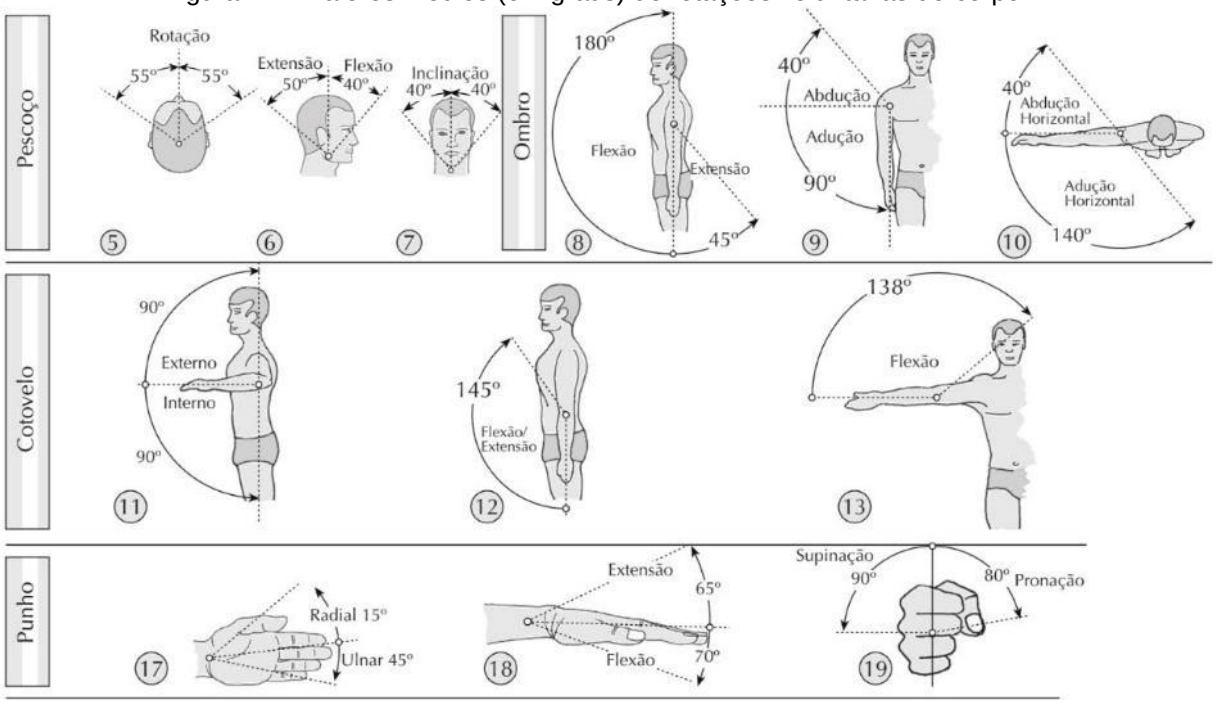
Fonte: Paschoarelli *et al.* (2011, p. 6).

Conforme Saffer (2008), os dedos adultos têm um diâmetro de 16 a 20 mm, as pontas dos dedos possuem de 8 a 10 mm de largura e as almofadas dos dedos medem, normalmente, entre 10 e 14 mm. Estas, geralmente, são a parte mais utilizada para tocar a tela. Vale ressaltar que os dedos de crianças são menores e que as pessoas com deficiência, idosos ou obesos podem ter dedos deformados ou maiores.

Com relação à lateralidade ou dominância lateral, os destros, ou seja, aqueles que possuem maior habilidade com o membro superior direito, são a maioria, apenas de 6 a 10% da população é canhota, com lado esquerdo dominante (IIDA; BUARQUE, 2016; SAFFER, 2008). Conforme Saffer (2008), apesar de cerca de 90% da população ser destra, não significa que os que possuem maior habilidade com o lado esquerdo devam ser sobrecarregados indevidamente, sendo possível inverter os controles ou ajustar o layout da interface gestual de acordo com a dominância do usuário.

Outra propriedade imprescindível está relacionada aos movimentos dos membros superiores e pescoço, aos movimentos voluntários (realizados sem auxílio de outra pessoa) e aos ângulos adequados dentro dos limites humanos, estudados na antropometria dinâmica (Figura 27). Os movimentos geralmente ocorrem em dois momentos: primeiro há execução do movimento e, depois, o movimento oposto para retornar ao estado neutro (Saffer, 2008).

Figura 27 – Valores médios (em graus) de rotações voluntárias do corpo.



Fonte: Iida e Buarque (2016, p. 214)

Conforme Iida e Buarque (2016), os movimentos, de acordo com a terminologia da fisiologia estudados na cinesiologia, são:

- Abdução: quando membro se afasta do corpo; e adução: movimento oposto, quando o membro se aproxima do corpo.
- Flexão: movimento de braço para cima ou de dobrar o antebraço; e extensão: movimento braço para baixo ou de desdobrar o antebraço.
- Rotação lateral: girar antebraço sobre o cotovelo, para fora; e rotação medial: movimento contrário
- Pronação: rotação da mão com o polegar, para dentro do corpo; e supinação: girando para fora.
- Flexão dos dedos: mão fechando; e extensão dos dedos: mão abrindo.
- Desvio ulnar: deslocamento da mão na horizontal, no sentido do dedo mínimo; e desvio radial: no sentido do dedo polegar.

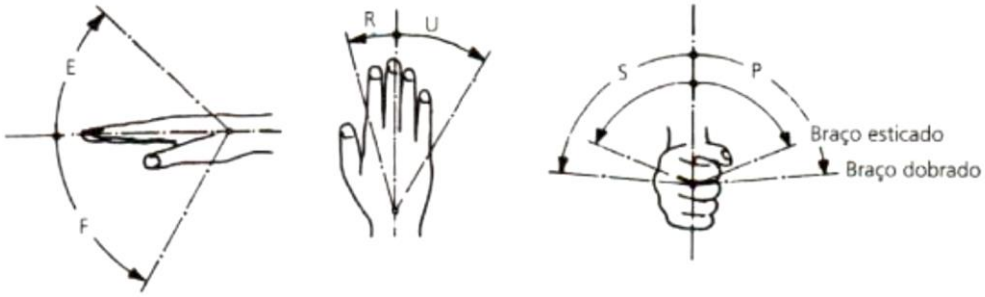
Kroemer e Grandjean (2005) apresentam faixas de movimento angular da mão e antebraço. Nas Tabela 7 e Figura 28 pode ser conferida a mobilidade em graus de cada direção, de acordo com sexo e percentil do indivíduo.

Tabela 7 – Mobilidade de punho e antebraço (em graus).

Direção (veja Figura 3)	Homens			Mulheres		
	5º percentil	50º percentil	95º percentil	5º percentil	50º percentil	95º percentil
Flexão do punho F	51	68	85	54	72	90
Extensão do punho E	47	62	76	57	72	88
Desvio radial do punho (adução) R	14	22	30	17	27	37
Desvio ulnar do punho (abdução) U	22	31	40	19	28	37
Supinação do antebraço S	86	108	135	87	109	130
Pronação do antebraço P	43	65	87	63	81	99

Fonte: Kroemer *et al.* (1997 apud KROEMER e GRANDJEAN 2005, p. 46)

Figura 28 – Movimentos de mão e punho listados na Tabela 7.

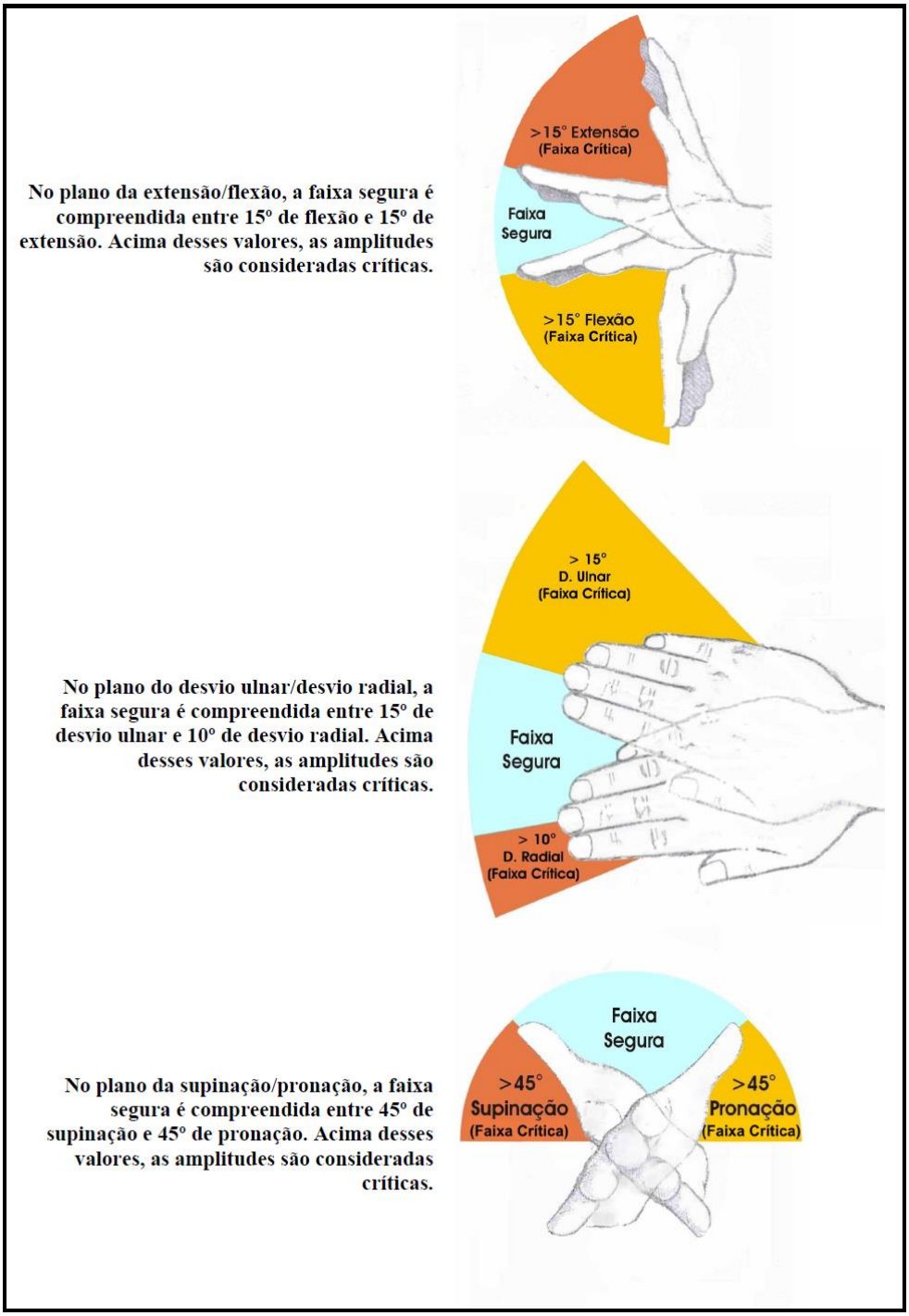


Fonte: Kroemer e Grandjean (2005, p. 45)

Conforme Dul e Weermeester (2012), a posição neutra das articulações deve ser mantida o máximo possível. Assim, os músculos e os ligamentos são tensionados o mínimo possível. Além disso, a alternância de posturas e movimentos pode reduzir as chances de lesões nos músculos e articulações.

Paschoarelli (2003) faz uma revisão das faixas de amplitude seguras para movimentos e posturas do punho e antebraço, conforme Figura 29. O estudo demonstra não só os parâmetros que devem ser seguidos para o projeto de interfaces manuais, mas também a necessidade de mais dados específicos para outras situações de uso, como é o caso da interação gestual com o smartphone, servindo como base para avaliações. Portanto, é necessário compreender melhor a tarefa e as regiões do corpo envolvidas nas atividades, a fim de se buscarem os parâmetros corretos que servirão como base para avaliações.

Figura 29 – Representação gráfica das faixas de amplitude segura e crítica para movimentos e posturas de punho e antebraço.



Fonte: Paschoarelli (2003, p. 34).

Porém, como dito anteriormente, como a interação com smartphones é recente em comparação com outros objetos de estudo da ergonomia, existem poucas referências de faixas de amplitude seguras relacionadas ao seu uso. Assim, para apoiar as avaliações ergonômicas são necessários valores de referência para faixas de amplitudes seguras e críticas com relação a posturas e movimentos envolvidos na interação

gestual com o smartphone. Esse conteúdo será desenvolvido no tópico *3.4.1.1 Mãos e dedos* (p. 90).

A seguir, serão desenvolvidos novos aspectos sobre o conteúdo dos movimentos relacionados ao uso do smartphone, bem como sobre a compreensão das características fisiológicas humanas e as variáveis biomecânicas envolvidas nesse tipo de interação.

3.4 CINESIOLOGIA DA INTERAÇÃO GESTUAL

De acordo com Saffer (2008), poucos designers e desenvolvedores estudam o corpo humano, com exceção dos designers industriais. Entretanto, para aplicar os gestos de interação de forma coerente, é necessário entender como o corpo se movimenta e suas limitações, pois ele é o principal “dispositivo de entrada” em qualquer interface gestual. Portanto, o estudo da anatomia, da fisiologia e da mecânica do movimento do corpo humano, conhecido como cinesiologia, é imprescindível.

A cinesiologia é o estudo do movimento (NEUMANN, 2010). Conforme Neumann (2010), essa disciplina ou ciência do movimento é baseada, na sua maior parte, em três corpos do conhecimento, que são:

- Anatomia: ciência responsável pelo estudo da forma e da estrutura do corpo humano e sua composição.
- Fisiologia: estudo biológico dos organismos vivos.
- Biomecânica: disciplina que utiliza os princípios da física para estudar, quantitativamente, como as forças interatuam em um organismo vivo.

Segundo Silva (2015), o estudo e a compreensão da cinesiologia são importantes para conhecermos os efeitos e as alterações desencadeadas pelo movimento, possibilitando o estabelecimento dos limites para as estruturas corporais e individuais por meio da avaliação das forças e dos componentes dos movimentos realizados em atividades humanas.

Portanto, apresentaremos, a seguir, como o conhecimento desenvolvido nessas áreas pode favorecer projetos e avaliações das interfaces gestuais em smartphones.

3.4.1 Anatomia e fisiologia humanas

Conforme Dul e Weerdmeester (2012), a ergonomia se baseia em outras áreas do conhecimento para desenvolver seus princípios, como biomecânica, fisiologia e antropometria, esta última já apresentada no capítulo anterior. Ainda, podemos complementar essa afirmação indicando também a importância do conhecimento da anatomia humana, que, segundo Tortora e Derrickson (2016a, p. 27), "[…] é a ciência que estuda as estruturas do corpo e as correlações entre elas". De acordo com esses autores, existe uma correlação bastante próxima entre a estrutura e a função. Desse modo, é importante compreender anatomia associada à fisiologia, que "[…] é a ciência que estuda as funções do corpo – como as partes do corpo funcionam". Portanto, anatomia estuda as estruturas e fisiologia, as funções do corpo.

Logo, devido à complexidade do corpo humano, Tortora e Derrickson (2016a) apresentam os seis níveis de organização que auxiliam a compreensão da anatomia e da fisiologia do corpo humano, da menor para a maior estrutura: químico, celular, tecidual, orgânico, sistêmico e organísmico. Apesar da importância do conhecimento de todos esses níveis para as mais variadas áreas da saúde humana, ao tratamos do estudo dos movimentos e forças na interface de smartphones, alguns desses níveis são mais acionados.

Nesse sentido, podemos destacar o nível tecidual, que pode ser dividido em quatro tipos básicos de tecidos, de acordo com suas estruturas e funções (TORTORA; DERRICKSON, 2016a). Quais sejam:

- Tecido Epitelial – que reveste as superfícies corporais e os órgãos ocos, cavidades corporais e ductos, e também forma as glândulas.
- Tecido Conjuntivo – protege e sustenta o corpo e os órgãos, une órgãos, armazena energia em forma de gordura e ajuda na imunidade do corpo. É um dos mais abundantes e distribuídos por todo o corpo.
- Tecido Muscular – constituído por células especializadas para a contração e a geração de força. Nesse processo, o tecido muscular gera calor, aquecendo o corpo.

- Tecido Nervoso – responsável pela detecção de mudanças em condições externas e internas, respondendo através de sinais elétricos, que ativam contrações musculares e secreções glandulares.

Quando lidamos com a interação gestual, podemos destacar algumas estruturas como: a) epiderme (tecido epitelial), responsável pelo contato direto da pele com o produto, nas preensões e contatos; b) ossos, cartilagem, tendões e ligamentos (tecido conjuntivo), responsáveis pelos movimentos e estabilização através das articulações; c) músculos esqueléticos (tecido muscular), que, junto a ossos e articulações, formam o sistema musculoesquelético, no qual os músculos são responsáveis pelos movimentos do corpo e aplicação de força através da sua contração e relaxamento; e d) nervos (tecido nervoso), responsáveis pela transmissão de impulsos elétricos para os músculos que resultam na contração dos músculos (IIDA; BUARQUE, 2016; KROEMER; GRANDJEAN, 2005; TORTORA; DERRICKSON, 2016b).

Conforme Tortora e Derrickson (2016b), as articulações (juntura), locais de união entre dois ossos, podem ser classificadas de acordo com suas estruturas (articulações fibrosas, cartilaginosas e sinoviais) e com o grau de movimento permitido, podendo ser uma articulação fixa (sinartrose), levemente móvel (anfiartrose) ou livremente móvel (diartrose). No estudo dos movimentos, as articulações sinoviais (todas diartroses) são as mais exploradas, pois são responsáveis pela mobilidade. Ainda conforme os autores, os tipos de movimento nas articulações sinoviais são:

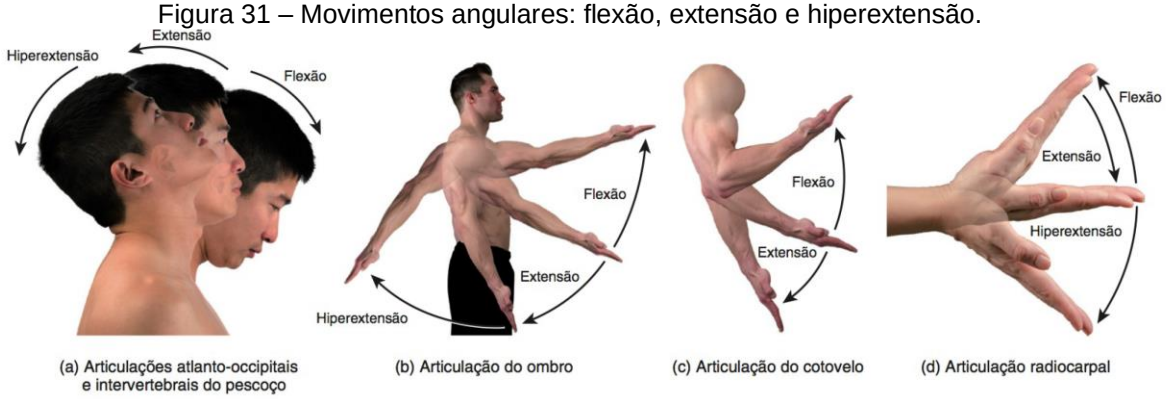
- Deslizamento: nesse movimento, as faces planas do osso se movem para frente e para trás e lateralmente, de forma recíproca, através de articulações planas (Figura 30).

Figura 30 – Deslizamento entre intercarpais (setas).

Fonte: Tortora e Derrickson (2016b, p. 170).

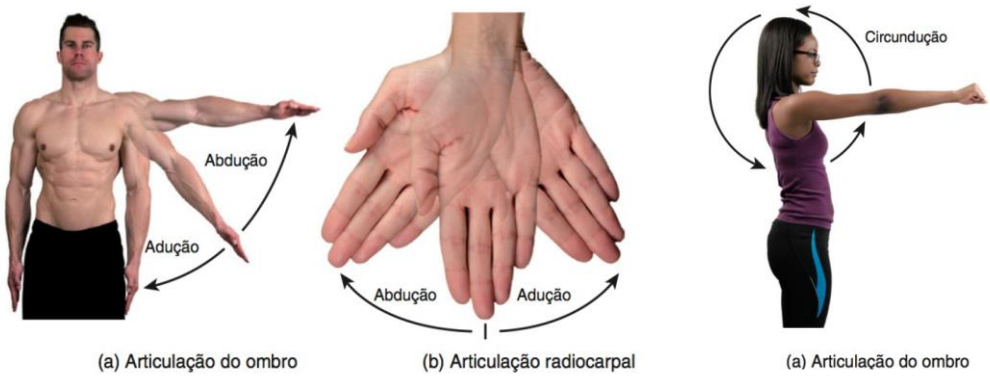
- Movimentos Angulares: nos quais há aumento ou diminuição do ângulo dos ossos articulantes. Ex.: flexão-extensão e hiperextensão, abdução-adução e circundução, por meio de articulações gínglimos, elipsóideas ou esferóideas (Figura 31 e Figura 32).

Figura 31 – Movimentos angulares: flexão, extensão e hiperextensão.



Fonte: Tortora e Derrickson (2016b, p. 171).

Figura 32 – Movimentos angulares: abdução, adução e circundução.

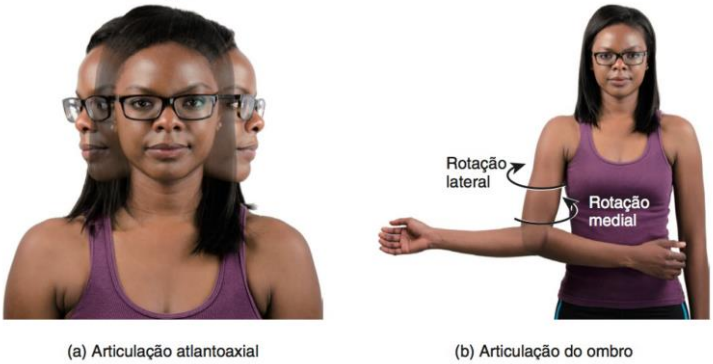


Fonte: Tortora e Derrickson (2016b, p. 172).

Os movimentos angulares são bastante comuns em avaliações posturais e de movimentos, devido à importância destes para a maioria das tarefas comuns, à existência de referências consolidadas de faixas de amplitude seguras como parâmetro e, também, à facilidade de medição das angulações com técnicas simples e menos onerosas.

- Rotação: situação em que um osso gira em torno do seu próprio eixo longitudinal, através de articulação do tipo trocóideas (Figura 33).

Figura 33 – Rotação nas articulações sinoviais.



Fonte: Tortora e Derrickson (2016b, p. 172).

- Movimentos Especiais: ocorrem em articulações específicas. Exemplos: supinação-pronação e oposição (Figura 34).

Figura 34 – Movimentos especiais nas articulações sinoviais.

Fonte: Tortora e Derrickson (2016b, p. 173).

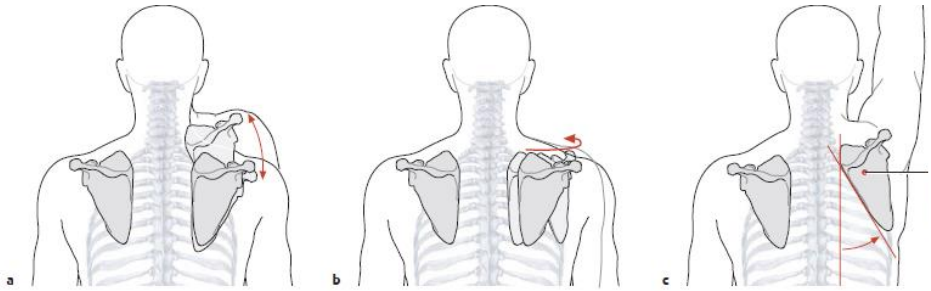
Os principais movimentos, bem como os ângulos de referência para os limites humanos, já foram explorados no tópico *3.3.3 Antropometria aplicada em smartphones*. Outro movimento que podemos considerar importante na interação com smartphone é o movimento escapular. Segundo Schuenke *et al.* (2010), as articulações da escápula e da clavícula estão mecanicamente ligadas, e os movimentos e fixações da escápula são efetuados por faixas musculares (a, b e c), conforme Figura 35.

a) Elevação e depressão: translação da escápula no sentido craniocaudal (cabeça-pés);

b) Abdução e adução: translação horizontal da escápula no sentido posteromedial-anterolateral (costa-peito);

c) Rotação lateral do ângulo inferior: rotação da escápula em torno de um eixo ântero-posterior através do centro da escápula. Com uma amplitude de rotação de aproximadamente 60 °.

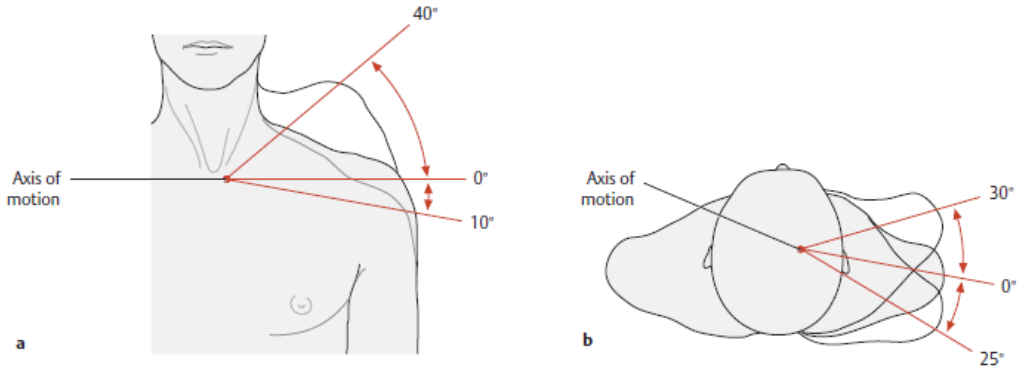
Figura 35 – Movimentos da escápula.



Fonte: Schuenke *et al.* (2010, p. 236)

Duas dessas situações podem ser comuns: a) elevação-depressão e b) protação-retração da escápula (a Figura 36 ilustra a amplitude desses movimentos). Esses ângulos podem variar conforme a posição que o usuário adota ao segurar o dispositivo smartphone, a sua postura corporal (sentado, em pé ou deitado) e se está utilizando-o com ou sem apoio para os braços.

Figura 36 – Movimentos (e amplitude de movimento) na articulação esternoclavicular.



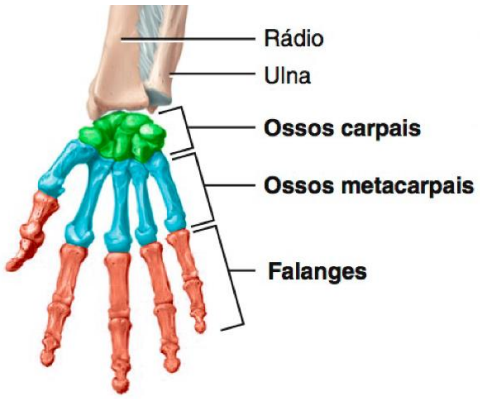
Fonte: Schuenke *et al.* (2010, p. 236).

3.4.1.1 Mãos e dedos

Na interação com smartphone, faz-se imprescindível considerar as características e a complexidade das mãos e dos dedos humanos, como: a estrutura, as amplitudes e os tipos de preensão.

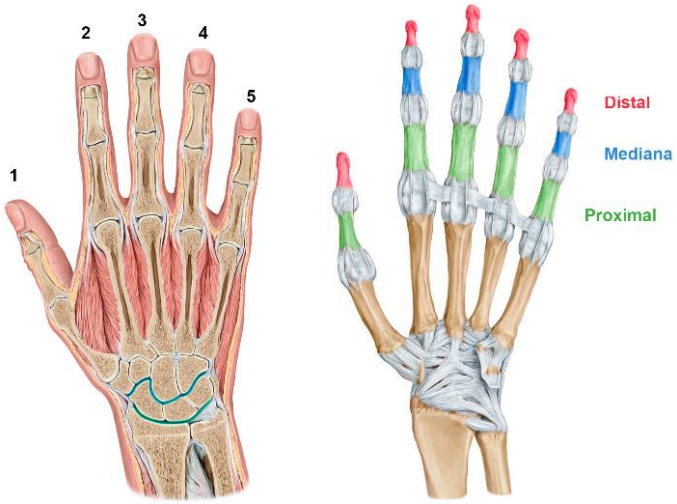
Estruturalmente, a mão é dividida em três grupos compostos por ossos (Figura 37): carpo (pulso) – região proximal da mão, contém oito ossos interligados por ligamentos; metacarpo (palma) – região intermediária, contém cinco ossos; e falanges – são os ossos dos dedos, região distal, contendo 14 ossos. Os dedos são nomeados como: 1) polegar, 2) indicador, 3) dedo médio, 4) anular, e 5) dedo mínimo. As falanges são divididas em três categorias: proximal, medial e distal, com exceção do polegar, que possui apenas DERRICKSON, 2016b).

Figura 37 – Estrutura da mão.



Fonte: Adaptado de Tortora e Derrickson (2016b, p. 149).

Figura 38 – Dedos e falanges.



Fonte: Adaptado de Schuenke *et al.* (2010, p. 247 e 254).

A mão e os dedos possuem uma série de movimentos, alguns dos quais já conferidos anteriormente, como os pares “flexão/extensão” e “desvio ulnar/desvio radial”. Os dedos possuem as articulações interfalângica proximal (PIP) e interfalângica distal (DIP), que funcionam com o movimento de dobradiça (flexão e extensão), e as articulações

metacarpofalangeanas (MCP), do segundo ao quinto dedo, que possuem articulações esferoidais que, por sua vez, possibilitam os movimentos de flexão/extensão e abdução/adução (SCHUENKE *et al.*, 2010).

Conforme Schuenke *et al.* (2010, p. 255), os movimentos de articulação e amplitude dos dedos (Figura 39) são:

a) Flexão na articulação interfalângica distal (DIP);

b) Flexão na articulação interfalângica proximal (PIP);

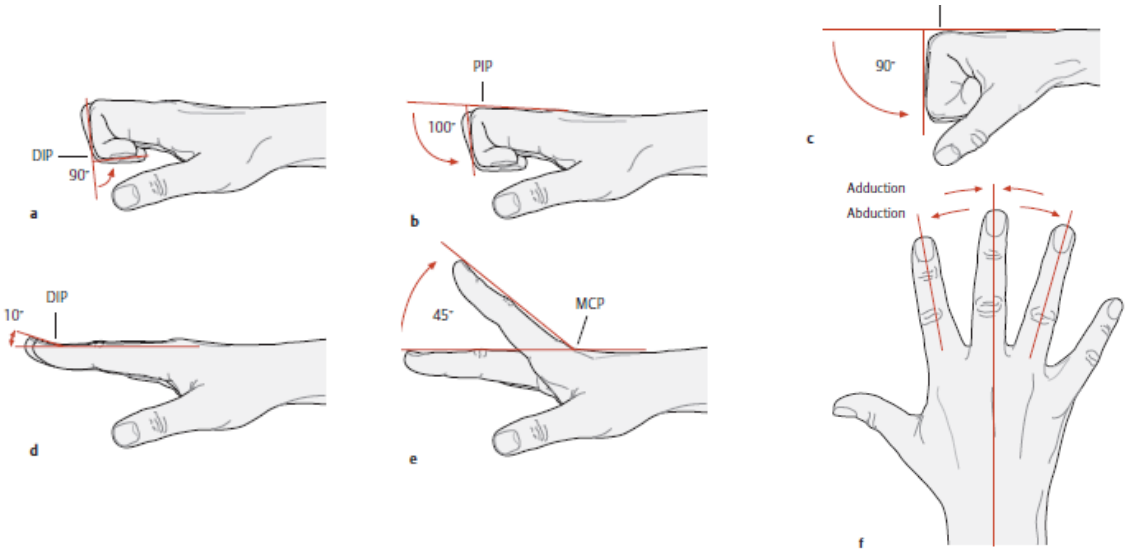
c) Flexão na articulação metacarpofalangeana (MCP);

d) Extensão na articulação interfalângica distal (DIP);

e) Extensão na articulação metacarpofalangeana (MCP);

f) Abdução e adução nas articulações metacarpofalangeanas.

Figura 39 – Amplitudes das articulações dos dedos.



Fonte: Adaptado de Schuenke *et al.* (2010, p. 255).

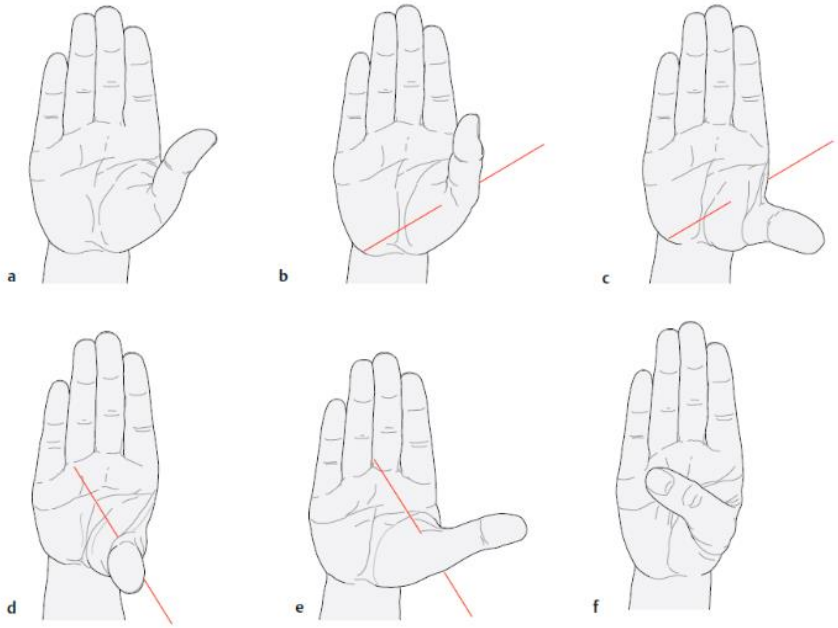
Ainda conforme Schuenke *et al.* (2010), a articulação carpometacarpal do polegar (CMC) possibilita os seguintes movimentos (Figura 40):

a) A posição neutra (grau zero);
b) Adução;
c) Abdução;
d) Flexão;

e) Extensão;

f) Oposição.

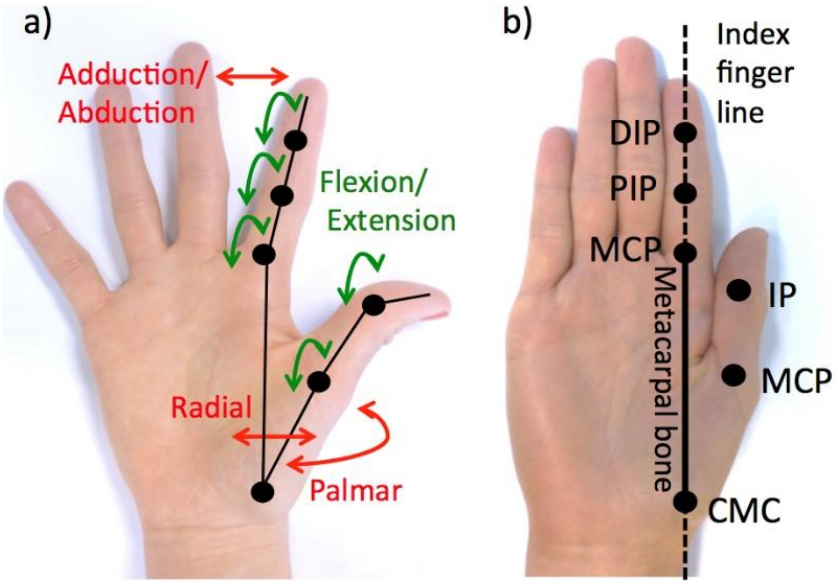
Figura 40 – Movimentos na articulação carpometacarpal do polegar.



Fonte: Adaptado de Schuenke *et al.* (2010, p. 253)

De acordo com os dados levantados por Bergstrom-Lehtovirta e Oulasvirta (2014), baseados em Jones e Lederman(2006) e Neumann (2010), com relação aos tipos de movimentos e articulações do polegar e indicador (Figura 41), estes dois dedos estão mais envolvidos na interação com o smartphone. Assim, foi desenvolvida a Tabela 8.

Figura 41 – a) Movimentos do polegar e indicador e b) siglas das articulações dos dedos.



Fonte: Bergstrom-Lehtovirta e Oulasvirta (2014 p. 1992).

Tabela 8 – Articulações dos dedos e amplitude máxima dos movimentos.

Articulação	Amplitude Máxima
DIP	Extensão 65° e Flexão 110°
PIP	Extensão 65° e Flexão 110°
MCP	Flexão 85° a Hiperextensão 30/40°
CMC Palmar	Abdução45°
CMC Radial	Abdução60°
MCP Polegar	Flexão 55° a Hiperextensão 10°
IP Polegar	Flexão 70/80° e Hiperextensão 15/20°

Fonte: Baseado em Bergstrom-Lehtovirta e Oulasvirta (2014).

3.4.1.2 Faixas seguras para articulações do polegar

Neste trabalho, partimos do princípio de que o polegar é o dedo mais utilizado na interação com o smartphone, conforme a Revisão Sistemática de Literatura (p. 102), a pesquisa com usuários (Estudo 1, p. 129) e as observações de Hoober (2013, 2017b). Além disso, conforme destacado por Tegtmeier (2018), não existem indicações na literatura para uma avaliação dos movimentos das três articulações do polegar. O autor sugere que possam ser aplicados sobre as faixas de amplitude máxima dessas articulações os parâmetros de Drury (1987), que dividem os níveis de exposição dos ângulos articulares em quatro categorias, que são: até 10%, sem exposição; entre 10 e 25%, baixa exposição; entre 25 e 50%, moderada exposição; acima de 50%, elevada exposição.

Assim, foram observados os dados de diferentes autores com relação à amplitude dos movimentos dos polegares para três movimentos articulares que são avaliadas neste estudo, ou seja, i) movimento radial da articulação carpometacarpal (CMC Radial), para adução e abdução, ii) flexão e hiperextensão das articulações metacarpofalângea (MCP) e iii) interfalangeana proximal (IP). Assim, sendo verificadas similaridades, discrepâncias e tipos de técnicas de medição, em que foram selecionados os ângulos análogos para os valores do IP e MCP e, para o CMC, os valores de Holzbauer *et al.* (2021), por empregarem estratégia semelhante a que é utilizada neste estudo, isto é, utilizando como referência a cabeça do primeiro e segundo metacarpo para o alinhamento do goniômetro. Em seguida, foram aplicados os parâmetros de Drury (1987) como base na construção das faixas de amplitude seguras e críticas adotadas nesta pesquisa, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Amplitude dos movimentos das articulações do polegar baseada em diferentes autores.

Referência	Amplitude de Movimento (ADM)					
	CMC/Radial		MCP		IP	
	AD	AB	FL	HEX	FL	HEX
(BERGSTROM-LEHTO-VIRTA; OULASVIRTA, 2014)		60°	55°	10°	70/80°	15/20°
(BARAKAT; FIELD; TAY-LOR, 2013)	10,2°	61,2°	60°	15°	80/90°	12°
(PITARCH, 2008)		0 a 60°	55°	10°	80°	15°
(MARQUES, 2014)		0 a 70°			110°	10°
(HOLZBAUER *et al.*, 2021)	23°	51,5°				
Limites de ADMs adotados	23°	51,5°	55°	10°	80°	15°
Faixas adotadas por nível de exposição						
Parâmetros de Drury (1987)	AD	AB	FL	HEX	FL	HEX
Até 10%, sem exposição	40*-37,7°	40*-41,5°	0- 5,5°	0-1°	0- 8°	0-1,5°
Entre 10 e 25%, baixa exposição	37,8-34,3°	41,6-42,9°	5,6-13,7°	1,1- 2,5°	8,1- 20°	1,6-3,8°
Entre 25 e 50%, moderada exposição	34,4-28,5°	43-45,8°	13,8-27,5°	2,6°- 5°	20,1°-40°	3,9°-6°
Acima de 50%, elevada exposição	<28,5°	>45,8°	> 27,5°	> 5°	> 40°	> 6°
Limites adotados	**≤29°**	**≥ 45,8°**	**≤ 27,5°**	**≤ 5°**	**≤ 40°**	**≤ 6°**
* O ângulo de 40º foi adotado com posição neutra (N) do CMC Radial, de acordo com Kapandji (1998) e também através da média obtida nas medições dos voluntários.						

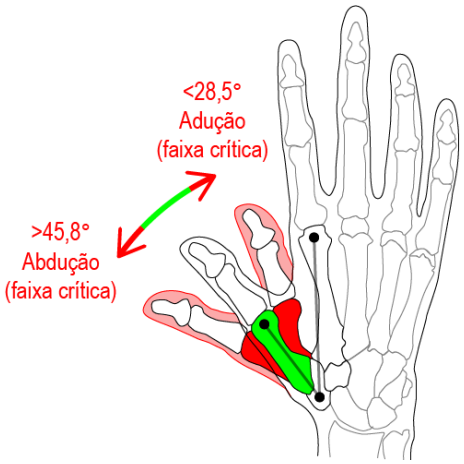
Fonte: Baseado nos autores citados na tabela.

Para uma simplificação das análises, os níveis de exposição “Até 10%, sem exposição” e “Entre 10 e 25%, baixa exposição” foram agrupados em uma única categoria, ou seja, os níveis de 0 a 25% serão identificados como “baixa exposição”, tendo em vista que os ângulos são baixos para serem aferidos com precisão através da ferramenta adotada. Além disso, a faixa crítica adotada será o nível de exposição acima de 50% (elevada exposição), sendo a faixa entre 25 e 50% (moderada exposição) uma medida para indicar a transição entre a faixa aceitável e a crítica, servindo de parâmetro para comparações mais criteriosas em estudos com mais de um tipo de interface sendo avaliadas.

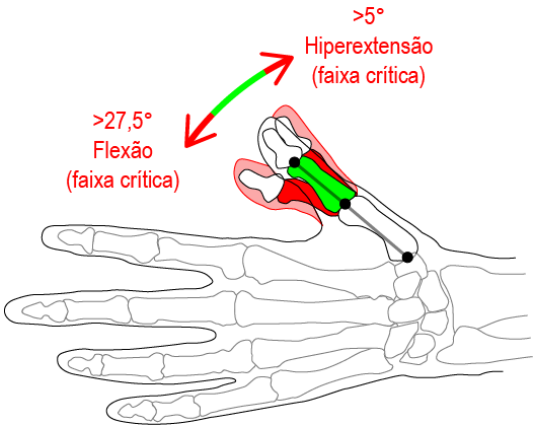
A Figura 42 apresenta ilustrações da mão humana e destaques para as três articulações avaliadas neste estudo, indicando as faixas aceitáveis em verde e as críticas em vermelho.

Figura 42 – Ilustração das faixas seguras e críticas para os movimentos do polegar das articulações CMC Radial, MCP e IP.

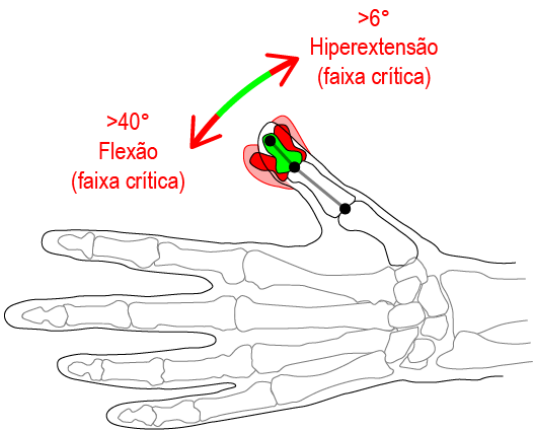
Para movimento radial da articulação carpometacarpal (CMC) do polegar, a faixa segura determinada para este estudo está entre 45,8° e 28,5° (40° neutro), sendo 5,8° de abdução e 11,5° de adução. Valores fora dessa faixa são considerados críticos.



Para o movimento da articulação metacarpofalangeana (MCP) do polegar, a faixa segura determinada foi de 27,5° de flexão e 5° de hiperextensão. Valores maiores que esses são considerados críticos.



Para o movimento da articulação interfalangeana proximal (IP) do polegar, a faixa segura determinada foi de 40° de flexão e 6° de hiperextensão. Valores maiores que esses são considerados críticos.



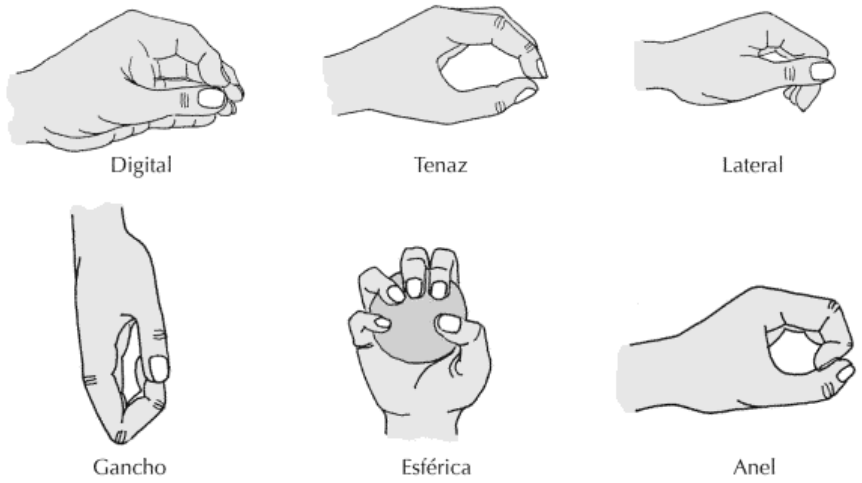
Fonte: O autor, baseado em ilustração de Hoober (2017a).

3.4.1.3 Tipos preensão

O polegar trabalha em oposição aos demais dedos, possibilitando grande variedade de manejos, variação de aplicação de força, precisão e velocidade de atuação. Através do manejo (ou preensão), forma de interação manual com predomínio da palma das mãos e dos dedos, são possíveis diferentes tipos de interação com produtos (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os manejos podem ser classificados em dois tipos básicos: manejo fino ou de precisão, realizado com a ponta dos dedos, e manejo grosseiro ou de força, utilizando o centro da mão (IIDA; BUARQUE, 2016). Essa classificação pode ser estendida através das seis categorias propostas por Taylor (1994 apud IIDA; BUARQUE, 2016): digital, tenaz, lateral (manejo fino), gancho, esférica e anel (manejo grosseiro) (Figura 43).

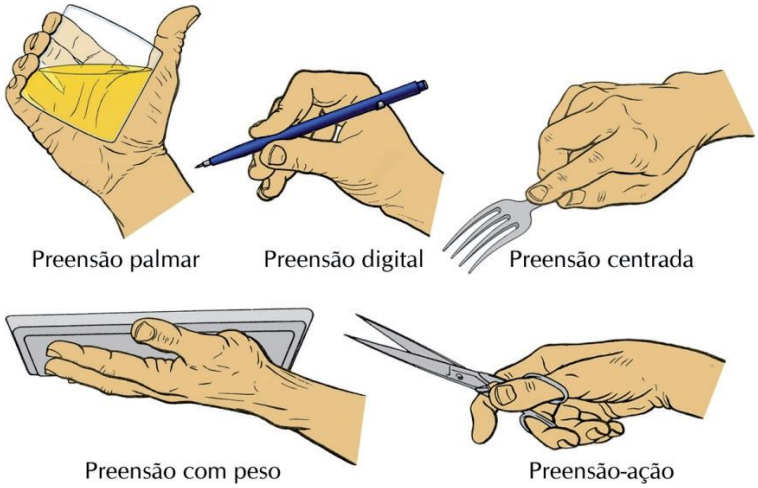
Figura 43 – Seis categorias de manejo.



Fonte: Taylor (1994 apud IIDA; BUARQUE, 2016).

Segundo Razza e Paschoarelli (2009), muitas das atividades do cotidiano são realizadas através da manipulação de objetos, e a preensão associada à aplicação de força muscular permite essas formas de interação. A classificação de Kapandji (1987 apud RAZZA; PASCHOARELLI, 2009) apresenta as seguintes preensões: preensões puras (palmares, digitais, centradas), preensões com peso (auxiliadas pela gravidade) e preensões-ações (associadas a movimentos) (Figura 44).

Figura 44 – Tipos de preensão.



Fonte: Kapandji (1987 apud RAZZA; PASCHOARELLI, 2009, p. 77).

Ao associar essas preensões ao uso de smartphones, identificamos a preensão-ação, ou seja, situação na qual o usuário segura o produto e, ao mesmo tempo, executa uma ação com o polegar, quando se utiliza uma única mão. E, quando se empregam as duas mãos, essas preensões podem se alternar entre preensão palmar e preensão com peso. Tais variações de preensões e movimentos articulares geram diferentes comportamentos musculares dos membros superiores. Além disso, proporcionam variados níveis de pressões exercidas nos tecidos das mãos (região palmar) e das falanges, e, caso sejam mal dimensionadas, podem ocasionar problemas musculoesqueléticos (PASCHOARELLI, 2003; RAZZA; PASCHOARELLI, 2009).

No próximo tópico, abordaremos a biomecânica e como essa disciplina pode auxiliar na avaliação das ações realizadas no manuseio dos smartphones.

3.4.2 Biomecânica da interação gestual

Conforme Hall (2016), “a biomecânica do movimento humano é uma das subdisciplinas da cinesiologia […]”. Essa disciplina aplica princípios clássicos da mecânica na análise dos movimentos do corpo humano para diferentes finalidades, como melhoramento de desempenho, redução ou tratamento de lesões, e é aplicada em diversas áreas como educação física, dança, fisioterapia, medicina esportiva, entre outras (KNUDSON, 2007; NORDIN; FRANKEL, 2001).

A biomecânica ocupacional, subárea da biomecânica, é responsável pelo estudo com foco nos movimentos corporais e nas aplicações de força relacionadas à interação dos trabalhadores com ferramentas, máquinas e materiais, visando minimizar os

danos a essas pessoas, por meio da quantificação das cargas mecânicas envolvidas na atividade, da análise de seu impacto ao sistema osteomuscular e da produção de recomendações ergonômicas posturais e de limites das forças (CHAFFIN; ANDERSSON; MARTIN, 2006; IIDA; BUARQUE, 2016).

De acordo com o Ministério da Saúde (2012), as doenças ocupacionais (LER/DORT) são resultado da utilização excessiva do sistema musculoesquelético sem o tempo necessário para recuperação física, muito comum nos membros superiores, apesar de existirem outros fatores de risco, como climático, acústico, de acidentes, entre outros.

3.4.2.1 Variáveis biomecânicas

Segundo Paschoarelli (2003), ao considerar a relação entre esforços biomecânicos do membro superior e a ocorrência de DORT (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho), quatro variáveis físicas, em situações críticas, devem ser consideradas:

- Postura – posicionamento das partes do corpo, como cabeça, tronco e membros;
- Força/pressão – limite das forças musculares e pressão exercida sobre os tecidos;
- Repetitividade – incidência de movimentos repetitivos;
- Duração – período de tempo em que ocorre a interação.

3.4.2.1.1 Postura

Com relação à postura, já foram conferidas informações relativas a essa variável, bem como às amplitudes dos movimentos, em tópicos anteriores (3.3.3 e 3.4.1), as quais são utilizadas como parâmetro para os experimentos desta pesquisa.

Entretanto, além de evitar posturas extremas, é necessário verificar também outros fatores, como força da gravidade, que resulta em aumento de carga sobre os músculos e outros tecidos, e posturas “que modificam a geometria musculoesquelética, que podem gerar estresse sobre os músculos, tendões e outros tecidos e/ou causar redução da tolerância dos tecidos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p. 17 e 18). A situação em que alguns usuários apoiam o smartphone sobre o dedo mínimo (HOOBER, 2013)

é um exemplo. Essa situação é realizada por reduzir a contração estática que a preensão palmar geralmente ocasiona, facilitando a movimentação do polegar para interagir com a tela, no entanto, resulta em uma preensão com peso, que pode ocasionar desconforto ou deformações na área de contato com o dispositivo.

3.4.2.1.2 Força

A variável força, conforme Razza e Paschoarelli (2009), é uma das mais complexas a ser estuda, pois pode ser influenciada por características do indivíduo, da postura, da tarefa, do ambiente e do artefato. Desse modo, os autores propõem uma divisão dessas variáveis para se compreenderem melhor os principais fatores de influência na força manual, que são:

- Características individuais – sexo, idade, dominância lateral, antropometria etc.;
- Características anatômicas e biomecânicas – relação entre a atividade e o organismo humano, resultando em posturas corporais.

Ao aplicar força para realizar uma atividade, um grupo muscular é contraído. Nessa contração, os vasos capilares, que fazem a irrigação sanguínea para os músculos, são estrangulados à medida que a força vai aumentando. Assim, entre 15% e 20% da força máxima, a circulação ocorre normalmente, com a contração em 60%, o sangue para de circular no músculo, resultando rapidamente em fadiga (IIDA; BUARQUE, 2016), com “50% do esforço muscular máximo, o tempo suportável é de aproximadamente dois minutos” (DUL; WEERDMEESTER, 2012, p. 19).

Desse modo, é aconselhável evitar situações de trabalho estático (contração isométrica), que exige contração contínua dos músculos em posições inalteradas do segmento corporal envolvido, o que pode provocar fadigas musculares localizadas. Portanto, o trabalho dinâmico (contração isotônica), no qual ocorrem contrações e relaxamentos alternados dos músculos, deve substituir, sempre que possível, o trabalho estático, ao mesmo tempo que deve permitir mudanças de postura para evitar movimentos repetitivos (DUL; WEERDMEESTER, 2012; IIDA; BUARQUE, 2016).

Conforme Peebles e Norris (2003), para um design de produtos seguros e utilizáveis, dados sobre as capacidades físicas dos usuários são essenciais, e, apesar da grande quantidade de dados sobre essas capacidades e limitações humanas, ainda existe

uma carência de informações aplicáveis para o processo de design. Nesse sentido, utilizando como instrumentos de medição, o dinamômetro e o torquímetro, os autores desenvolveram estudo com seis medidas de força manual para aplicação em design de produto: (1) força de impulso do dedo, (2) força de pinça, tração, (3) força de preensão manual, (4) força de torção da alça, (5) força de abertura e (6) força de empurrar e puxar.

3.4.2.1.3 Repetitividade

A repetitividade, extensão de movimentos semelhantes no trabalho, é o fator de risco mais importante a ser considerado nas doenças ocupacionais (COLOMBINI, 1998; SILVERSTEIN; FINE; ARMSTRONG, 1987). Essa variável pode ser aferida através do tempo de ciclo[12] e da frequência de movimentos (YOU; KWON, 2005), e o risco de lesão aumenta quando o mesmo movimento é repetido pela mesma articulação. Assim, para uma avaliação coerente, é necessário medir a frequência de cada tipo de movimento (flexão, extensão, abdução, adução etc.) realizado na tarefa, em que uma alta repetitividade pode ser considerada quando um mesmo movimento é executado em 50% do tempo de ciclo (COLOMBINI, 1998). Em pesquisa sobre a repetitividade em tarefas com o uso intensivo da mão, You e Kwon (2005, p. 1) identificaram que os métodos de medição da repetitividade mais utilizados são eletrogoniometria, gravação de vídeo e escala visual analógica (EVA).

3.4.2.1.4 Duração

A duração para execução de uma tarefa é um importante fator de risco para doenças ocupacionais. O tempo prolongado, sem pausas espontâneas, associado a outros fatores como posturas inadequadas, aplicação de força, repetitividade e fatores ambientais, como exposição a calor ou frio, ruídos, alta ou baixa luminosidade, pode aumentar o risco à saúde das pessoas (IIDA; BUARQUE, 2016; KROEMER; GRANDJEAN, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

Portanto, é necessário verificar o tempo ideal para a tarefa a ser realizada e para as pausas necessárias para descanso. No entanto, quando lidamos com um produto de uso pessoal, essa limitação de tempo é difícil de ser controlada, principalmente quando o artefato é utilizado para diversas atividades do cotidiano, como no caso do

[12] Tempo de ciclo = tempo necessário para execução de uma tarefa.

smartphone. Uma das estratégias que pode ser aplicada para corrigir essa questão é utilizar a ergonomia de conscientização para informar aos usuários sobre o uso adequado do produto. Esse tipo de abordagem já acontece em alguns aplicativos como Instagram, no qual é possível verificar o tempo de uso e definir a meta de tempo diário. Porém, esse recurso pode ser aperfeiçoado com sugestões de pausa para descanso e exercícios.

Como visto anteriormente, na interação gestual com smartphones, o usuário pode adotar a preensão-ação ou preensão com peso, resultando em um misto das duas situações de trabalho, estático e dinâmico, em que é necessário permanecer com o músculo contraído para segurar/apoiar o aparelho, com articulação do antebraço em supinação (palma da mão para cima) e com movimentos repetitivos do(s) polegar(es) e outros dedos. Assim, são necessários métodos e técnicas adequados para avaliar essas variáveis.

A seguir, discutiremos as implicações para a saúde das pessoas que utilizam smartphone, os principais problemas e seus fatores geradores.

3.5 SAÚDE FÍSICA DOS USUÁRIOS DE SMARTPHONES

De acordo com Scliar (2007), a Organização Mundial de Saúde (OMS), na carta de princípios de 7 de abril de 1948, definiu que saúde é “[…] o estado do mais completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de enfermidade”. Tal definição também está presente no Decreto Nº 26.042, de 17 de Dezembro de 1948 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1948). O Dicionário Michaelis On-line (2021) define o termo como “[…] estado do organismo com funções fisiológicas regulares e com características estruturais normais e estáveis […]. Bem-estar físico, psíquico e social”. Portanto, compreendemos que, para se ter saúde, é necessário estar em boas condições nos aspectos físico, mental e social, e, focando nas questões fisiológicas, é necessário que suas funções estejam regulares e as estruturas ilesas e equilibradas.

Assim, como explicitado anteriormente, o presente trabalho tem como foco questões de saúde física relacionadas ao uso do smartphone, no entanto, os demais aspectos serão considerados para uma compreensão global do contexto durante os experimentos. Desse modo, neste capítulo apresentamos definições relacionadas aos problemas osteomusculares, principais problemas de saúde física que podem surgir com a

manipulação dos smartphones e possíveis fatores geradores dessas desordens musculoesqueléticas.

3.5.1 Distúrbios osteomusculares e DORT

Apesar dos diversos prejuízos à saúde física que podem ser ocasionados por determinados tipos de uso de smartphones, estes não necessariamente estão relacionados a atividades laborais. Porém, esses danos podem ser um somatório entre uso pessoal e profissional, assim como é possível que o mesmo ocorra com o uso de outros dispositivos, como a utilização de computadores e notebooks nos escritórios e posteriormente nas casas dos trabalhadores, por exemplo.

Alguns termos e siglas são muito comuns quando lidamos com problemas musculoesqueléticos, como a expressão distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), que designam um conjunto de afecções musculoesqueléticas heterogêneas relacionadas a atividades ocupacionais, anteriormente conhecido como LER (lesão por esforço repetitivo), ou LTC (lesões por traumas cumulativos), ou, como também é comum, LER/DORT, junção de siglas usada para denominar esse grupo de problemas ocupacionais do sistema osteomuscular (CARVALHO *et al.*, 2013; IIDA; BUARQUE, 2016).

Conforme Carvalho *et al.* (2013, p. 222),

> É imperativo entender que DORT não é uma doença genuína, *lato sensu*, tampouco representa uma síndrome clínica. No Brasil, esse acrônimo tem sido utilizado exclusivamente para os trabalhadores; não é empregado para atletas, músicos e dançarinos, entre outros que desenvolvem atividades que podem envolver sobrecargas biomecânicas.

Além disso, essa terminologia é encontrada de forma desordenada na literatura, uma vez que os estudos científicos, em sua maioria, não possuem o rigor necessário para o estudo da incidência e da prevalência desses variados distúrbios, podendo ser confundidos com outras enfermidades fora do cenário ocupacional, ou mesmo associado a fatores sociais, familiares, econômicos, ao estresse, à insatisfação com o trabalho, à depressão, à ansiedade, entre outros problemas pessoais (CARVALHO *et al.*, 2013; SOCIEDADE BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA, 2021a). Conforme a Sociedade Brasileira de Reumatologia (2021a), os distúrbios mais comuns são as tendinites no

ombro, cotovelo e punho, as lombalgias (dores na região lombar) e as mialgias (dores musculares) que afetam diferentes partes do corpo.

De acordo com Paschoarelli (2003), os DORTs são frequentemente relacionados a manipulação e/ou atividades manuais. Alguns dos problemas mais comuns são síndrome do túnel de carpo, lesão do nervo mediano na base da mão, síndrome do canal cubital, síndrome do canal de Guyon, tenossinovite de De Quervain, dedo em gatilho, tenossinovite dos extensores e flexores dos dedos e do carpo, cistos sinoviais, câimbra do escrivão, contratura fibrosa do fáscia palmar e síndrome da vibração ou “dedo branco decorrente de vibrações”.

No entanto, existem várias discordâncias no meio científico sobre o fato de haver uma relação causal desses distúrbios com as atividades ocupacionais ou se são um somatório de vários fatores além do trabalho, pois esses distúrbios também são comuns fora do contexto ocupacional. Porém, é possível verificar se o distúrbio identificado tem relação com as atividades através da análise do ambiente de trabalho, localizando fatores de risco e aplicando correções para redução das sobrecargas biomecânicas envolvidas (CARVALHO *et al.*, 2013).

Assim, voltando ao objeto de estudo, independentemente de ser decorrente do uso pessoal ou no trabalho, é necessário avaliar cada aplicação para identificar problemas e corrigi-los, reduzindo as chances do surgimento de prejuízos ao corpo provenientes da interação gestual com o smartphone. Portanto, como visto anteriormente, os prejuízos à saúde das pessoas são prováveis e é importante compreender quais são os principais problemas que podem surgir e, assim, poder avaliar e corrigir essas inadequações na interface do produto.

Nessa perspectiva, a seguir, serão apresentados os principais problemas identificados no sistema osteomuscular que podem ser ocasionados pelo uso do smartphone.

3.5.2 Principais problemas osteomusculares relacionados ao uso de smartphone

Muito se discute sobre evidências científicas que apontem com exatidão os problemas osteomusculares, como doenças reumáticas, distúrbios ou síndromes, que estejam diretamente ligados ao uso do smartphone (TOH *et al.*, 2017; XIE; SZETO; DAI, 2017). No entanto, como dito anteriormente, os aspectos negativos observados durante a

interação são indícios de que o resultado da interação pode ser prejudicial ao corpo. Assim, a longa duração de uso, as posturas corporais incoerentes e a repetitividade de ações são consideradas fatores de risco para desordens musculoesqueléticas, e a identificação e solução de tais inconformidades pode auxiliar na prevenção de doenças futuras.

Conforme a Sociedade Brasileira de Reumatologia (2021b), é comum, nesse tipo de interação em que os smartphones se enquadram, juntamente aos computadores pessoais e videogames, inflamações que acometam o tecido periarticular (músculos, ligamentos e tendões), como tendinite, bursite e outros problemas de ordem mecânica. Alguns estudos relacionam o uso do smartphone com aumento do nervo mediano e consequentemente aumento da pressão no túnel de carpo (TEGTMEIER, 2018), o que pode causar a Síndrome do Túnel de Carpo (PEREIRA *et al.*, 2019).

De acordo com Sharan *et al.* (2014), o uso de dispositivos portáteis, como telefones celulares, controles de jogos, tablets, entre outros, pode causar tendinose do extensor longo do polegar e síndrome da dor miofascial, afetando o extensor dos dedos e o primeiro interósseo (abdução do dedo indicador e auxílio na adução do polegar). Em estudo piloto sobre a diferença entre o alto e o baixo volume de digitação de mensagens de textos com telefone móvel e a relação com as tendinopatias de início precoce, Gold *et al.* (2012) apontam para o risco de tendinopatia do polegar com o alto volume de digitação de textos. Outros estudos indicam que o uso excessivo do polegar para enviar mensagens de texto pode ser fator de risco para Tenossinovite de De Quervain (ALI *et al.*, 2014; BAABDULLAH *et al.*, 2020).

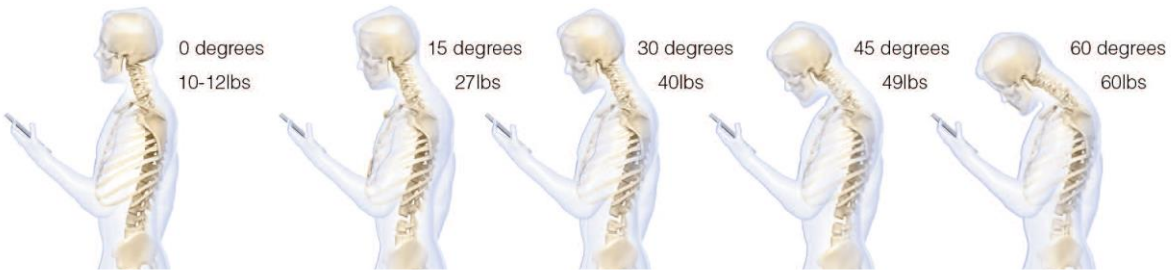
Além disso, sintomas como fadiga muscular relacionada ao peso do produto (SAMBROOKS; WILKINSON, 2015) e dor moderada e intensa na base do polegar relacionada ao tempo gasto na internet com os dispositivos (BEROLO; WELLS; AMICK, 2011), são indicativos de problemas ergonômicos no produto que afetam o sistema osteomuscular dos usuários.

3.5.3 Fatores geradores de problemas osteomusculares

A região cervical (pescoço) é a mais crítica quando buscamos sobre problemas musculoesqueléticos relacionados ao uso do smartphone. Conforme Hansraj (2014), o peso de uma cabeça adulta está em torno de 4,5 kg e 5,4 kg (10 a 12 libras). À medida

que se inclina a cabeça para frente, as forças exercidas no pescoço aumentam para aproximadamente 12 kg a 15°, 18 kg a 30°, 22 kg a 45° e 27 kg a 60° (Figura 45). Assim, conforme o autor, a região cervical sofre um aumento drástico do peso exercido sobre ela com a inclinação da cabeça, e o resultado pode ser desgaste precoce, degeneração e até necessidade de possível cirurgia, sendo aconselhado que os usuários de smartphone utilizem o produto em posição neutra da coluna o maior tempo possível.

Figura 45 – Peso da cabeça de acordo com ângulo de inclinação do pescoço.



Fonte: Hansraj (2014, p. 2).

No entanto, há outras partes do corpo que requerem atenção, como os membros superiores, em destaque, a mão e o polegar. Ao longo desta pesquisa pudemos identificar alguns fatores geradores de problemas, tais como:

- Flexão da cervical por duração prolongada;
- Postura estática em posição não neutra do punho;
- Uso excessivo do polegar e movimentos repetitivos;
- Elevada extensão do polegar (posições extremas da articulação);
- Longa duração e frequência do uso.

Para aprofundamento dessas questões e dos possíveis fatores geradores desses problemas, realizamos uma revisão sistemática da literatura (RSL) abordando problemas musculoesqueléticos relacionados ao uso dos smartphones e às inadequações ergonômicas apontadas pelos pesquisadores.

Portanto, no próximo tópico, apresentaremos a RSL desenvolvida para este estudo, a qual serviu para se compreenderem as pesquisas atuais que lidam com a ergonomia física da interface dos smartphones e sua relação com as implicações

musculoesqueléticas em seus usuários. Com base nessa revisão, discutiremos as regiões do corpo mais afetadas e as possíveis causas, bem como os modelos, métodos, técnicas, ferramentas e procedimentos utilizados nesses estudos, o que auxiliou na configuração do método de avaliação proposto nesta pesquisa.

3.6 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

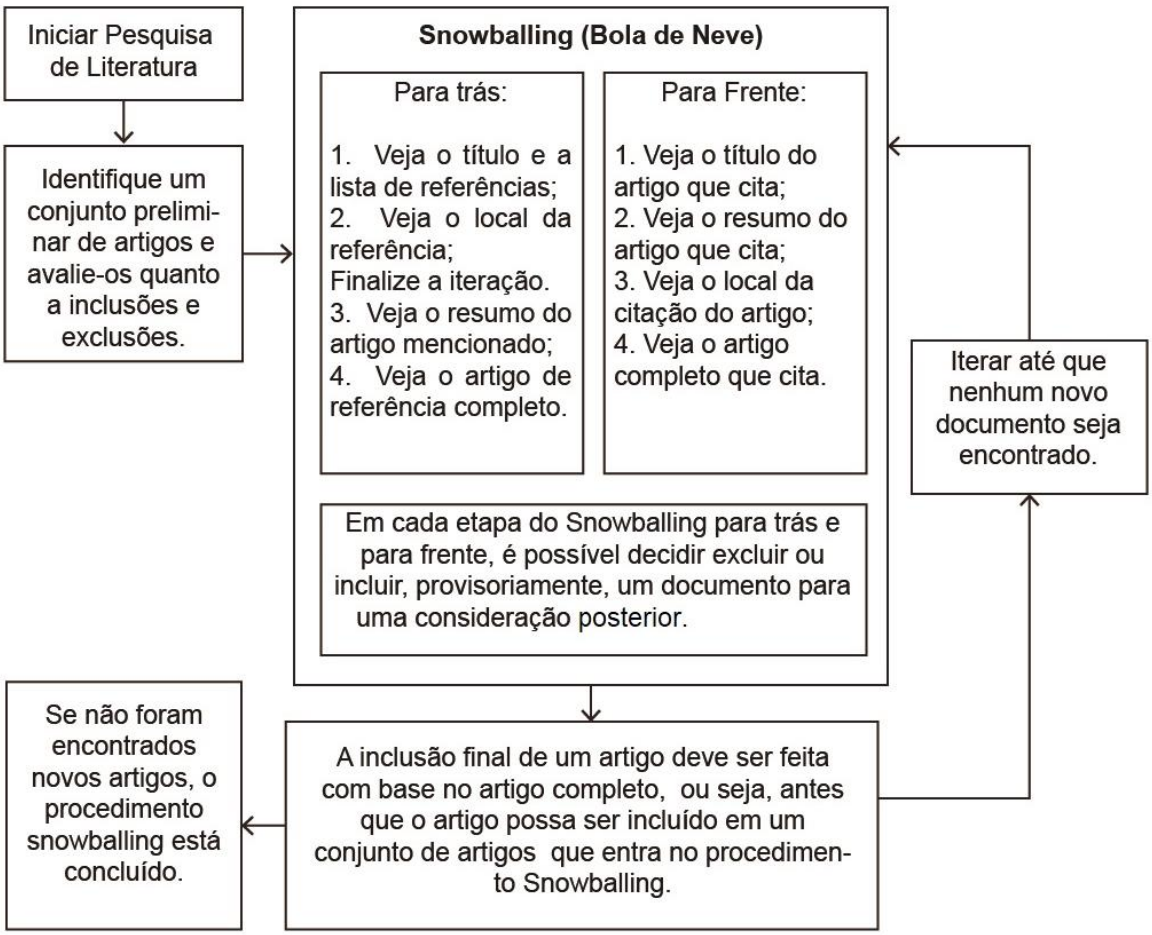
Para que a coleta de informações ocorresse de forma objetiva e imparcial, tendo em vista a ampla quantidade de dados encontrados sobre as temáticas que envolvem este estudo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) com o intuito de encontrar pesquisas mais recentes, específicas e confiáveis sobre o tema abordado (ARAÚJO; VILLAROUCO; ALBUQUERQUE, 2019; CAVALCANTI *et al.*, 2018; WOHLIN, 2014). A base para a busca selecionada foi a Scopus, base referencial da Editora Elsevier, que possui o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares (ELSEVIER, 2020a).

3.6.1 Estratégia de busca

Delineamos como estratégia a busca através de palavras-chave com maior relação com o foco desta pesquisa: “*smartphone*” AND “*ergonomics*” AND “*musculoskeletal*”, localizadas no título, no resumo, ou nas palavras-chave do artigo.

Os critérios objetivos para seleção dos artigos foram: i) período de publicação = a partir de 2015; ii) tipo de documento = todos; iii) linguagem = inglês; e iv) número de artigos encontrados não inferior a 10 publicações, caso contrário as palavras-chave deveriam ser alteradas. O procedimento *snowballing* utilizado para revisão sistemática seguiu as etapas expostas na Figura 46.

Figura 46 – Procedimento Snowballing.



Fonte: (WOHLIN, 2014, p. 4, tradução nossa)

Os documentos encontrados na busca com as palavras-chave são denominados *Start Set* (1), as referências que esses documentos citaram são *Backward Snowballing* (2) e trabalhos posteriores que citaram o *Start Set* são *Forward Snowballing* (3).

1) *Start Set* (Conjunto Inicial)

Como resultado da pesquisa foi obtido o ajuntamento de 20 documentos, sendo estes publicados entre 2015 e 2019, e os tipos de documento encontrados foram: documentos de conferência, artigos, revisões de conferências e revisões. A plataforma Scopus possibilita ativar um alerta para novas publicações relacionadas às palavras pesquisadas, desse modo esse recurso foi habilitado para o surgimento de novas pesquisas relacionadas.

Após um período da primeira busca, surgiram mais dois novos documentos relacionados, totalizando 21 documentos finais até a escrita deste estudo. Em seguida, foi

realizada uma triagem de seleção através da leitura dos títulos, resumos, metodologia e conclusões, a fim de se verificar se atendiam aos critérios de inclusão ou de exclusão definidos.

3.6.2 Critérios de inclusão e exclusão

Critério de inclusão (CI):

- CI1 – Podem ser selecionadas publicações que apresentam métodos ou técnicas aplicados para avaliação ergonômica da interface touchscreen de smartphones.
- CI2 – Podem ser selecionadas publicações que apresentam revisão bibliográfica ou pesquisas relacionadas às consequências musculoesqueléticas do uso de smartphones.
- CI3 – Podem ser selecionadas publicações que apresentam estudos sobre problemas musculoesqueléticos decorrentes do uso de smartphones.
- Critérios de exclusão (CE):
- CE1 - Não serão selecionadas publicações que satisfaçam a nenhum critério de inclusão.
- CE2 - Não serão selecionadas publicações de artigos duplicados.
- CE3 - Não serão selecionadas publicações que não tenha disponibilidade de conteúdo completo para leitura e análise de dados.
- CE4 – Não serão selecionadas publicações feitas antes do ano de 2015.

Desse modo, foram excluídos sete artigos através dos critérios de inclusão/exclusão, resultando em 14 documentos do *Start Set* (Apêndice A – Lista de Artigos do Start Set, p. 275). Após essa seleção, foi realizada uma análise para inclusão das referências citadas no *Start Set* (*Backward Snowballing*) e os artigos que citaram o *Start Set* (*Forward Snowballing*), para ampliar os conteúdos a serem revisados.

2) *Backward Snowballing* (Bola de Neve Para Trás)

Um total de 278 artigos está na lista de referências do *Start Set*. A primeira seleção foi realizada através da verificação do título de todas as listas de referências, sendo excluídos 207 e selecionados 71 artigos. Em seguida, os resumos dos documentos

foram lidos, resultando em 53 documentos excluídos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Totalizaram, ao final, 18 documentos (Apêndice B – Lista de Artigos do Backward, p. 276).

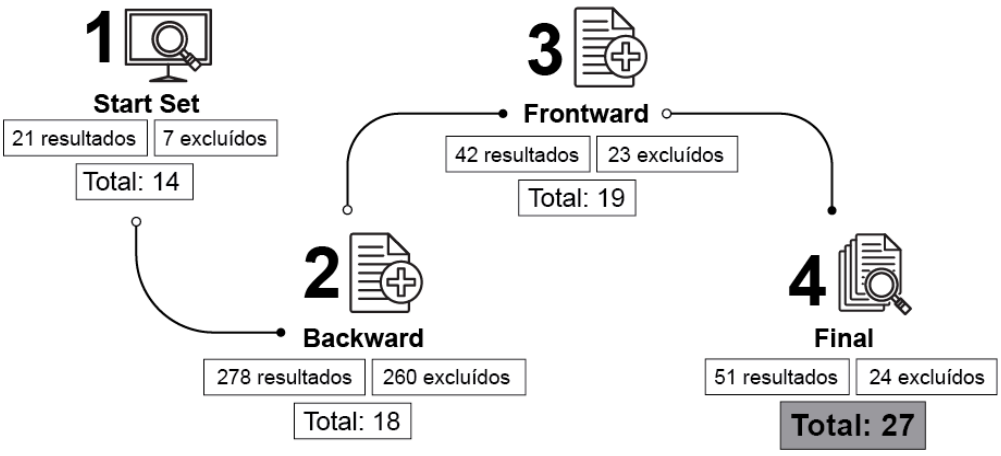
3) *Frontward Snowballing* (Bola de Neve Para Frente)

A plataforma Scopus sinaliza os artigos que citaram o *Start Set* em seu sistema, facilitando a localização destes. Nesse sentido, foram identificados 42 documentos, dos quais foram lidos os títulos e resumos e, consequentemente, sendo excluídos 23 documentos, conforme os critérios de inclusão/exclusão determinados. Finalizamos com um total de 19 documentos (Apêndice C – Lista de Artigos do Forward, p. 277).

3.6.3 Documentos selecionados

Finalmente, após a junção das três etapas de seleção de documentos, o conjunto totalizou 51 artigos para leitura completa, análise do conteúdo e extração de dados relevantes. Para uma seleção de artigos mais relevantes, tendo como critério maior impacto no meio científico, foi utilizada a métrica *Field-Weighted Citation Impact*[13], por meio da qual foram selecionados apenas os artigos que pontuaram nesse quesito. Assim, foram excluídos 24 textos com pontuação 0,0 (zero) de impacto, restando 27 documentos. O esquema do processo pode ser conferido na Figura 47.

Figura 47 – Esquema do processo da Revisão Sistemática *Snowballing*.



Fonte: Baseado na diagramação de Silva e Merino (2020, p. 40).

[13]*Field-Weighted Citation Impact* - O FWCI é a razão entre as citações do documento e o número médio de citações recebidas por todos os documentos semelhantes em uma janela de três anos.

3.6.4 Extração de dados

Após a leitura completa, análise e extração de dados dos artigos selecionados, a Tabela 10 foi desenvolvida e ordenada (ordem decrescente) de acordo com a pontuação *Field-Weighted Citation Impact* (FWCI), que é uma métrica que avalia o impacto de citações de acordo com o campo do assunto. O valor maior que 1,00 significa que o documento é mais citado que o esperado com base na média de citações do campo disciplinar. Para o banco de dados Scopus, o FWCI é obtido diretamente do SciVal[14] (ELSEVIER, 2020b).

Tabela 10 – Artigos Finais.

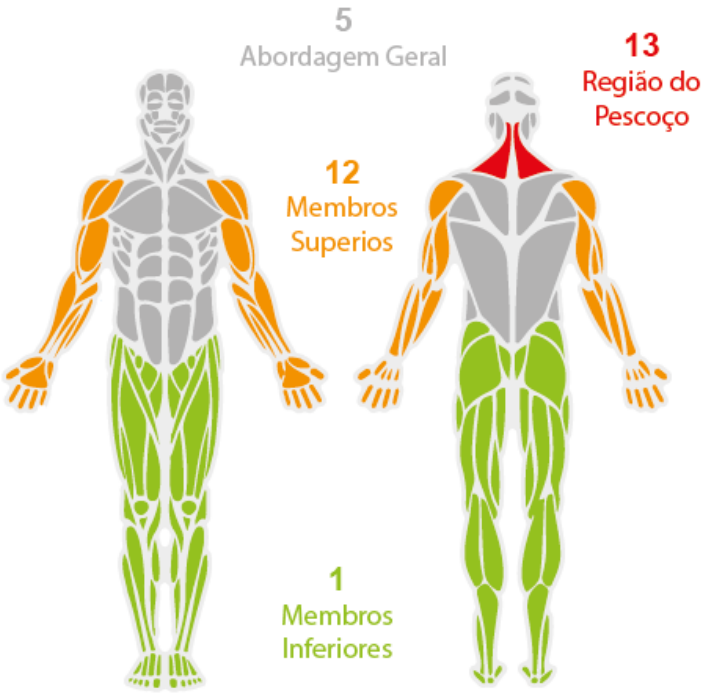
Autor, Ano	**FWCI**	**Autor, Ano**	**FWCI**
1. Xie *et al.*, 2016	7,0	15. Toh *et al.*, 2017	2,33
2. Lee *et al.*, 2015a	5,34	16. Xie *et al.*, 2017	2,3
3. Kim e Koo, 2016	4,31	17. Stalin *et al.*, 2016	2,11
4. Gustafsson *et al.*, 2017	4,12	18. Gustafsson *et al.*, 2018	1,11
5. Yang *et al.*, 2017	3,65	19. Lee *et al.*, 2018	1,11
6. Kim, 2015	3,62	20. Akurke *et al.*, 2018	1,09
7. İnal *et al.*, 2015	3,39	21. Tegtmeier, 2018	1,01
8. Kietrys *et al.*, 2015	3,1	22. Liang *et al.*, 2016	0,87
9. Xiong *et al.*, 2016	2,8	23. Lee e Shin, 2015	0,77
10. Namwongsa *et al.*, 2018a	2,71	24. Eitivipart *et al.*, 2018	0,48
11. Kim e Kim, 2015	2,67	25. Asakawa *et al.*, 2017	0,47
12. Xie *et al.*, 2018	2,60	26. So *et al.*, 2017	0,36
13. Ning *et al.*, 2015	2,39	27. Namwongsa *et al.*, 2018b	0,33
14. Lee *et al.*, 2015b	2,36	**Total de Documentos = 27**	

Fonte: O autor.

[14] “O SciVal oferece acesso rápido e fácil ao desempenho da pesquisa de mais de 16.500 instituições de pesquisa e seus pesquisadores associados de 231 países em todo o mundo.” (SCIVAL, 2020).

A partir dessa seleção e leitura, foram extraídas dos artigos informações para identificação das regiões do corpo mais afetadas pela interação com smartphones, sendo a região do pescoço a área mais citada (n = 13) e, em seguida, partes dos membros superiores: ombro, braço, antebraço, mãos, dedos e polegar (n = 12). Alguns estudos apresentaram uma abordagem geral dos problemas musculoesqueléticos (n = 5), verificando todas as áreas afetadas por tal interação, incluindo um estudo (n = 1) que indica posturas inadequadas dos membros inferiores (Figura 48).

Figura 48 – Partes do corpo verificadas nos estudos.



Fonte: O autor.

Com relação ao pescoço, existe uma grande preocupação com sua elevada flexão durante longos períodos, sendo uma das principais evidências de distúrbios musculoesqueléticos em usuários de smartphone. O chamado Pescoço de Texto (*Text Neck*), ocasionado pela alta flexão do pescoço associada ao peso da cabeça e, por consequência, ao peso sobre a coluna, principalmente a região cervical, ocasiona dor e incômodo (GUSTAFSSON *et al.*, 2017; KIM, 2015; KIM; KOO, 2016; LEE; KANG; SHIN, 2015; NAMWONGSA *et al.*, 2018a; NING *et al.*, 2015). Além disso, sua associação ao uso com duas mãos (bilateral) ocasiona uma maior flexão do pescoço, enquanto com uma mão (unilateral) resulta em postura cervical assimétrica (XIE *et al.*, 2018).

No que tange aos membros superiores, praticamente todas as suas divisões são relacionadas nos estudos: ombros, braços, antebraços, punhos, mãos e dedos, sendo o dedo polegar o componente mais citado nos artigos (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; GUSTAFSSON *et al.*, 2018; TEGTMEIER, 2018; XIONG; MURAKI, 2016). Isso se dá em razão de haver uma maior atividade e repetição de movimentos com esse dedo durante a interação com a tela do dispositivo, principalmente em atividades unilaterais (com uma mão), ocasionando em maior carga muscular (XIE *et al.*, 2016). Segundo Gustafsson *et al.* (2018), em estudo sobre a influência do tamanho da mão em mensagens e texto, a cinemática do polegar tende a ser mais afetada em mãos mais curtas, enquanto mãos longas apresentam uma maior atividade muscular no polegar e no antebraço.

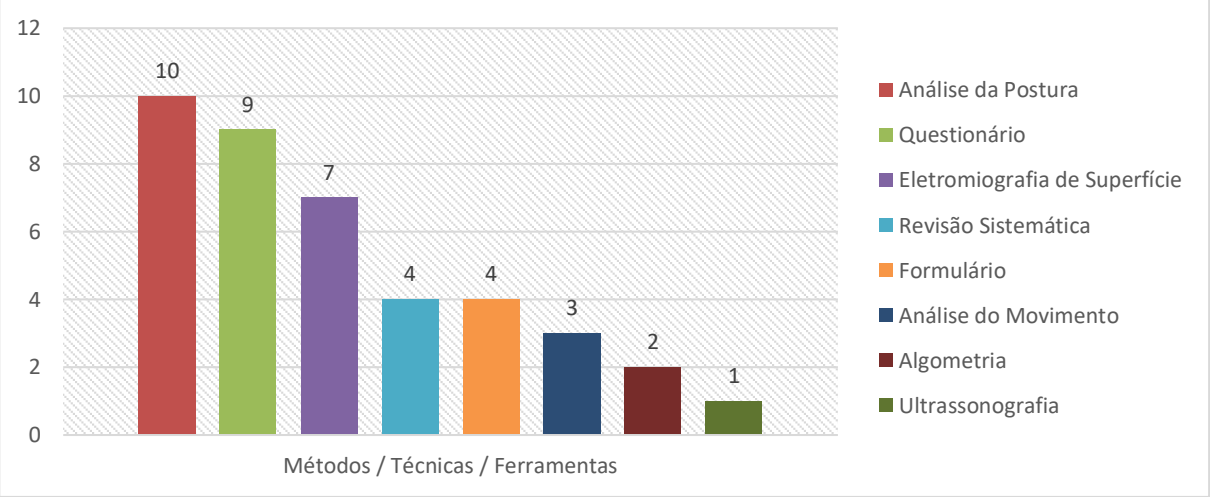
Com relação à região da mão, há uma indicação de que o uso excessivo do smartphone pode aumentar o nervo mediano, causar dor no polegar e diminuir a força de pinça, entre outras funções das mãos (İNAL *et al.*, 2015). Conforme Kietrys *et al.*(2015), em pesquisa sobre tipos de entradas de texto e tamanho de telas em dispositivos móveis, existem algumas medidas que podem reduzir a exposição biomecânica dos membros superiores como: uso de duas mãos ao mesmo tempo (bilateral) e dispositivos smartphones menores e mais leves.

Em estudo sobre as dimensões dos smartphones em atividades com uma mão, Lee *et al.* (2018) identificaram que, quanto maior a largura da tela, pior o desempenho dos usuários, e que as tarefas se tornam cada vez mais difíceis de serem executadas com a diminuição da moldura inferior, resultado numa maior ocupação da tela nessa área de difícil alcance.

Com relação aos métodos, técnicas e ferramentas, foi verificada certa similaridade nos estudos, cuja maioria se baseou no método comparativo apoiado em estatística para validação dos resultados, utilizando-se as técnicas de Análise da Postura (n = 10), Eletromiografia de Superfície (n = 7), Análise do Movimento (4), Ultrassonografia (n = 1), Algometria (n = 2), e/ou as ferramentas Questionário (n = 9) e Formulário (n = 4), conforme o gráfico abaixo (Figura 49). Excetuam-se as Revisões Sistemáticas da Literatura (n = 4), com abordagem de pesquisa bibliográfica, mas que apresentam rica contribuição sobre os riscos biomecânicos do uso do smartphone (TEGTMEIER, 2018), que podem concorrer para alterações musculoesqueléticas (EITIVIPART;

VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018), apontando para a necessidade de mais estudos que evidenciem essa associação (TOH *et al.*, 2017; XIE; SZETO; DAI, 2017).

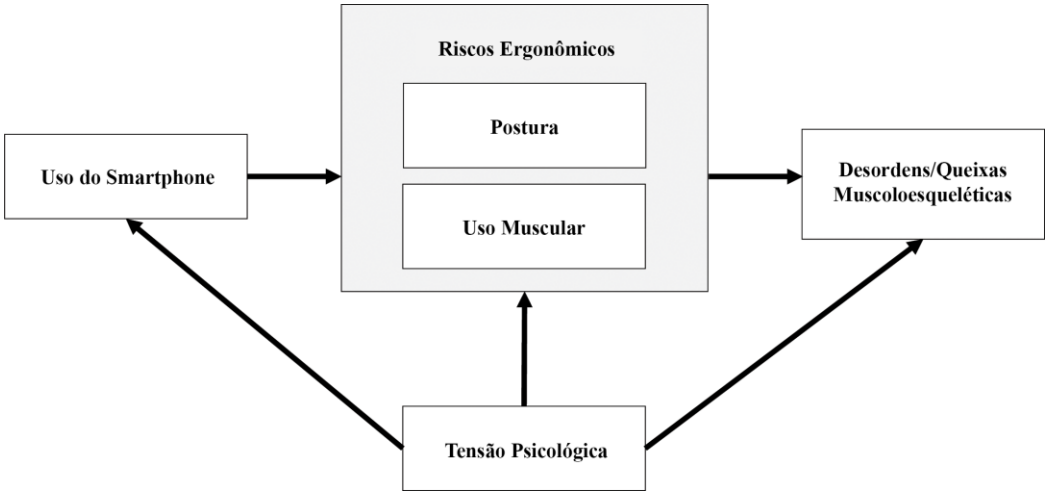
Figura 49 – Métodos, técnicas e ferramentas utilizados nos artigos da RSL.



Fonte: O autor.

Foi identificado no estudo de Namwongsa *et al.* (2018b) um modelo conceitual que descreve a relação do uso do smartphone com os riscos ergonômicos da postura e do uso muscular, aliados à tensão psicológica. Os autores indicam que tal relação pode causar queixas ou distúrbios musculoesqueléticos (Figura 50).

Figura 50 – Modelo conceitual de uso de smartphones.



Fonte: Namwongsa *et al.* (2018b, tradução do autor).

Para essa avaliação, foi utilizada a ferramenta RULA (*Rapid Upper Limb Assessment* – Avaliação Rápida do Membro Superior) a fim de se verificar o risco postural do uso do smartphone em atividade de digitação de texto com 30 pessoas. Porém, não foi

avaliado objetivamente o uso muscular no estudo, sugerindo-se a eletromiografia para a verificação dessa questão em investigações futuras.

No entanto, apesar de ser uma ferramenta bem aceita para avaliações preliminares de atividades com os membros superiores, a RULA não possui especificidades para avaliar os movimentos dos dedos, embora estes sejam, principalmente o polegar, uma das partes do corpo mais empregadas durante a interação. Por outro lado, o modelo conceitual de Namwongsa, que foi baseado no modelo de Dennerlein (2015), compreende como funciona o processo de interação do usuário com o smartphone e os riscos à saúde física, configurando-se como uma base para o desenvolvimento da proposta metodológica para avaliação da interface gestual dos smartphones, que será apresentada no *Estudo 2* – Avaliação ergonômica da interface gestual de App (p. 148).

3.6.5 Discussão dos resultados

Após a finalização do estudo, foram identificadas as regiões do corpo mais afetadas e estudadas na interação com smartphones, que são: pescoço e membros superiores (em diferentes regiões). Ainda, foram verificadas variáveis como postura, força, repetitividade e/ou duração, avaliadas através do uso de técnicas e ferramentas como questionário estruturado, análise da postura, eletromiografia de superfície (sEMG), formulários, análise da postura ou do movimento, algometria e ultrassonografia, as quais foram utilizadas em combinação para conferir mais de uma variável em cada estudo.

Entretanto, algumas das técnicas utilizadas necessitam de conhecimento especializado e equipamentos onerosos, como é o caso da sEMG e da Ultrassonografia, fator que dificulta a sua inclusão no processo de desenvolvimento de interfaces, sendo necessária uma investigação para se identificarem formas mais viáveis de avaliação de questões biomecânicas nas interfaces gestuais. Assim, esse tipo de avaliação se tornaria inexequível para a prática do desenvolvimento de aplicações digitais. Pode-se afirmar que, também, há a necessidade de inserção de profissionais especializados na área de ergonomia para participarem do desenvolvimento e avaliação dessas interfaces antes de serem lançadas no mercado. Nesse sentido, tendo em vista que, dependendo do tipo de tarefa, tempo dedicado ou mesmo uso em atividades laborais, o planejamento de interfaces adequadas pode reduzir as consequências negativas

que essa interação constante pode ocasionar nas pessoas que utilizam os smartphones.

3.6.6 Indicações de trabalhos futuros

Após verificarem-se as indicações de trabalhos futuros, identificamos algumas similaridades nas propostas dos autores, as quais sintetizamos nos seguintes pontos:

- Utilizar uma amostra de usuários consistente e representativa da população, e utilizar grupos de comparação.
- Desenvolver diretrizes ergonômicas para o uso das interfaces de smartphones.
- Avaliar situações realistas de uso para obter dados precisos, considerando as diferentes posturas e hábitos dos usuários.
- Realizar estudos longitudinais e com alta qualidade científica.
- Medir o nível de desconforto da interação.
- Descobrir novos potenciais de risco; ir além dos já descobertos.
- Considerar os diversos gestos realizados nos smartphones.
- Realizar estudo sobre as tarefas realizadas em mídias ou redes sociais, tendo em vista a grande quantidade de horas diárias dedicadas ao seu uso.
- Verificar o uso de smartphones em situações de trabalho e produtividade.

3.6.7 Conclusão

Percebemos que, apesar de existirem diversos estudos e evidências que comprovam os problemas musculoesqueléticos devido ao uso do smartphone, é necessário ir além, verificando o que é possível ser feito para a melhoria dessa interação, como o desenvolvimento de um procedimento de avaliação sistematizado para analisar esse tipo de interface e as implicações físicas aos usuários. Tendo em vista que se trata de um artefato presente no cotidiano de grande parte da população mundial, a tendência é que esse número aumente cada vez mais.

Ao final, foi possível perceber a importância da realização de mais estudos sobre a ergonomia da interface gestual de dispositivos smartphones, por meio, por exemplo,

das indicações de trabalhos futuros apresentadas nos artigos revisados, assim como do aproveitamento dos métodos, técnicas e ferramentas de podem ser empregados em pesquisas posteriores. No entanto, alguns desses recursos de pesquisa necessitam de conhecimento especializado e equipamentos caros, dificultando a sua inclusão no processo de desenvolvimento de interfaces, sendo necessária uma investigação para identificar as formas mais viáveis de avaliar questões biomecânicas nas interfaces digitais. Assim, apresentaremos um detalhamento sobre esse conteúdo a seguir.

3.7 MÉTODOS E TÉCNICAS PARA MONITORAMENTO E MEDIÇÃO

Conforme indica Iida e Buarque (2016, p. 67),

> A escolha dos métodos e das técnicas depende muito da natureza da pesquisa, do objetivo pretendido, dos recursos e tempo disponíveis. Depende também das habilidades e experiência do pesquisador em selecionar os métodos e técnicas adequadas em cada caso. Determinados métodos e técnicas podem ser mais detalhados que outros, mas exigem mais habilidade, tempo e dinheiro.

No caso da ergonomia física, que lida com situações complexas e com variações de movimento, são necessárias ferramentas específicas para o correto registro e análise das diversas variáveis envolvidas na interface estudada, podendo ser qualitativas, semiquantitativas ou quantitativas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Diante disso, apresentaremos as técnicas que podem ser utilizadas para avaliação das variáveis biomecânicas, e que serão selecionadas para a formatação proposta nesta pesquisa.

3.7.1.1 Eletromiografia de superfície

A eletromiografia de superfície permite a quantificação da energia muscular (atividade elétrica), verificando a energia do músculo em repouso e a sua mudança ao longo do movimento, o que possibilita que se diferencie os mais distintos aspectos do músculo, nas mais variadas atividades, sendo considerada uma técnica segura, fácil e não invasiva (CRISWELL, 2010).

Conforme Merletti e Farina (2016, p. 362, tradução nossa), “a eletromiografia de superfície (EMGS) e as medidas cinemáticas são as principais ferramentas para a avaliação quantitativa dos riscos relacionados à atividade laboral”. Caracteriza-se,

portanto, uma ferramenta importante para quantificar força muscular, fadiga e envolvimento muscular em uma atividade de trabalho, auxiliando a ergonomia na prevenção de distúrbios osteomusculares e complementando métodos subjetivos e qualitativos, também utilizados fortemente em avaliações ergonômicas (MERLETTI; FARINA, 2016; SILVA; MERINO, 2020).

Ferreira, Guimarães e Silva (2010) apresentam diferentes aplicações da EMGS nas ciências do movimento:

- Identificação da atividade e repouso muscular;
- Eletromiografia cinesiológica;
- Geração de força;
- Resistência à fadiga;
- Velocidade de condução;
- Determinação do tipo de fibra muscular;
- Estudo da dor.

O instrumento utilizado na EMGS é o eletromiógrafo, geralmente conectado a um computador, e a atividade elétrica dos músculos é captada através de eletrodos fixados com adesivos sobre a pele, livre de invasão tecidual. Os sinais detectados geram um traçado gráfico chamado de eletromiograma, os quais têm atributos específicos, como amplitude, duração e frequência. Esses sinais transmitidos pelo corpo são chamados de sinais analógicos e são convertidos para sinal digital, a fim de serem registrados e armazenados no computador e, posteriormente, analisados (SOUZA, 2015). Para uma coleta mais significativa e prática, é indicado trabalhar com um instrumento SEMG de, no mínimo, quatro canais (CRISWELL, 2010).

De acordo com Criswell (2010), o sistema neuromuscular é bastante complexo, necessitando de conhecimento especializado para se reconhecerem as regiões da musculatura que podem ser de maior interesse para fixação desses eletrodos, uma vez que pequenas mudanças de posicionamento podem alterar drasticamente a amplitude e a qualidade do registro. Em pesquisas ergonômicas utilizando EMGS, normalmente são utilizados eletrodos do tipo monopolar ou bipolar. O primeiro, utiliza dois eletrodos (um ativo e outro terra) para aquisição de sinais simples; no segundo, são colocados

dois eletrodos ativos com espaçamento de 2 cm entre ambos. Este, normalmente, é utilizado em avaliações de atividades que envolvem contração muscular voluntária (IIDA; BUARQUE, 2016; MARCHETTI; DUARTE, 2006).

Nas pesquisas sobre uso de smartphone que realizaram monitoramento da atividade muscular foi aplicada a técnica da EMGS nas regiões do trapézio, cervical, antebraço e polegar (AKURKE; LI; CRAIG, 2018; GUSTAFSSON *et al.*, 2018; KIETRYS *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2018; LEE; KANG; SHIN, 2015; NING *et al.*, 2015; XIE *et al.*, 2016). Conforme Kietrys (2015), para entender os efeitos potenciais do uso do smartphone, no caso específico das mensagens de texto, é importante a avaliação da atividade muscular e dos ângulos articulares.

Mediante o exposto, verificamos que os registros da atividade elétrica dos músculos através da EMGS é um indicador robusto para se avaliar atividade muscular associada à interação gestual, podendo ser utilizada para verificar postura ou movimento de diferentes partes do corpo. Além disso, “pode ser correlacionado com outras informações úteis durante o movimento, tais como: força (utilizando uma célula de carga) e ângulo das articulações (utilizando eletrogoniômetro)” (IIDA; BUARQUE, 2016, p. 103). No entanto, a EMGS necessita de conhecimento específico, manejo adequado para fixação dos eletrodos e o custo dos equipamentos pode ser elevado.

3.7.1.2 Dinamometria e sensores de força

A avaliação de força muscular pode ser mensurada por diferentes técnicas. A dinamometria é uma das mais utilizadas para mensuração da força muscular isométrica (estática). Os testes de dinamometria podem contemplar preensão manual, lombar, torácica, dorsal, membros inferiores, entre outras regiões, utilizando o instrumento chamado dinamômetro, com procedimento rápido, de fácil aplicação, confiável e de baixo custo (EICHINGER *et al.*, 2016; FIGUEIREDO *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2011). Com a dinamometria é possível testar uma variedade de pegas, dependendo do tipo de ação que o pesquisador busca simular, podendo haver ajustes conforme a configuração formal do produto e as características individuais dos participantes, o que possibilita a geração de valores de referência para o dimensionamento da força em produtos (CHAFFIN; ANDRES; GARG, 1983; DA SILVA *et al.*, 2018; PEEBLES; NORRIS, 2003; RAZZA; PASCHOARELLI, 2009).

De acordo com Soares *et al.* (2012), “para a avaliação da força muscular utiliza-se como instrumentação a dinamometria, que é a medida de força isométrica, que envolve o emprego de força sobre um objeto imóvel”. Esse processo consiste em verificar a aplicação de força por compressão ou tração por alguns segundos, sendo suficiente para verificação de valores e do momento de maior intensidade de força. Os valores dessas medições podem ser apresentados em newtons (N) ou quilograma-força (kgf).

Segundo Reis e Arantes (2011), o uso do dinamometria para mensuração de força de preensão manual é recomendado pela *American Society of Hand Therapists* (ASHT) e pela *American Society for Surgery of the Hand* (ASSH), e o dinamômetro Jamar® Hidráulico é o mais recomendável, considerado o “padrão ouro” para avaliar a força de preensão manual (preensão palmar). No entanto, o dinamômetro Saehan® Hidráulico é comparável ao Jamar, fornecendo confiança nas medições. Já para medição de força de preensão digital, o mais indicado é o dinamômetro de pinça (ALBERTONI, 2002).

Para a realização das medições de força de pressão manual, Dias *et al.* (2010) fazem as seguintes recomendações:

- Padronização do horário de avaliação;
- Avaliação de ambas as mãos, devido ao efeito da dominância;
- Realização de, no mínimo, três avaliações em cada mão;
- Adoção de um posicionamento corporal padrão, de preferência o sugerido pela ASHT;
- Ajuste do tamanho da empunhadura, levando em consideração o sexo e o tamanho da mão;
- Utilização de incentivo verbal e/ou visual na tentativa de garantir esforço máximo durante a tarefa.

Outros instrumentos podem ser utilizados para medir a força, como células de carga, transdutores de pressão, *strain gauges*, sensores FRS (*Force Sensing Resistors*) (PASCHOARELLI, 2003). Em dispositivos touchscreen, o teste de força pode ser adaptado para aplicação no próprio dispositivo. Asakawa *et al.* (2017) utilizaram célula

de carga na parte posterior de um tablet para verificar magnitude, direção e impulso da força aplicados em gestos com um dedo (tocar e deslizar nas quatro direções) ou dois dedos (esticar e pinça), sugerindo que a técnica pode ser utilizada para estimar a exposição musculoesquelética e ajudar a desenvolver diretrizes para redução de riscos de lesão.

3.7.1.3 Análise da postura e do movimento

Durante a interação com um produto, dependendo da complexidade, ou do posto de trabalho, o usuário pode assumir várias posturas diferentes, e, em cada tipo de postura, um conjunto distinto de musculatura pode ser ativado. Desse modo, é necessário empregar técnicas especiais para registro e análise da postura, que podem utilizar técnicas de medições diretas ou indiretas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Como dito anteriormente, os recursos cinematográficos e computacionais podem ser utilizados para registrar e analisar os movimentos humanos (medição indireta) em análises ergonômicas. De acordo com Iida e Buarque (2016), a fotografia pode ser utilizada de diferentes formas para registro e alcances dos movimentos, auxiliada com o uso de fundo graduado (*grid*) por trás da pessoa avaliada, servindo como escala de medida se realizada em um sistema de planos triortogonais. A fotogrametria digital, ou bioestereometria, permite avaliar a postura e realizar medições angulares, conferindo amplitude dos movimentos, através de fotografias em alta resolução, com nitidez e livre de distorções (paralaxe), possibilitando análise de pequenos detalhes do corpo do sujeito. Tal técnica, que apresenta baixo custo e praticidade de aplicação, pode ser auxiliada por software de avaliação postural (SOUZA *et al.*, 2013, 2011).

Filmagens também são utilizadas para avaliação de movimentos contínuos, seguindo o mesmo princípio da fotografia. Contudo, com a evolução tecnológica, atualmente, a análise cinemática pode ser realizada com várias câmeras simultâneas conectadas a um computador, que captura os movimentos automaticamente e os processa em um software específico. Para tanto, geralmente são utilizados marcadores reflexivos ou esféricos fixados em partes estratégicas do corpo, seguindo uma padronização de posicionamento para uniformizar o experimento (HALL, 2016; MEDVED, 2000). Em algumas pesquisas sobre uso de smartphones foram utilizados os recursos de filmagem e marcadores esféricos/reflexivos para avaliar a postura da cervical e a

cinemática dos polegares (GUSTAFSSON *et al.*, 2018; KIETRYS *et al.*, 2015; LEE; KANG; SHIN, 2015).

Existem diferentes tipos de sensores de movimento que também são recursos viáveis para avaliação da postura e dos movimentos (KROEMER; CHAFFIN, 2012). Alguns destes podem ser mais acessíveis e versáteis, como os dispositivos populares que utilizam sensor infravermelho, como Kinect, Leap Motion, Intel Realsense, Xtion e LiDAR (GUZSVINECZ; SZUCS; SIK-LANYI, 2019). Com os devidos ajustes e softwares apropriados, eles podem ser utilizados para registro de movimentos. Além disso, com os avanços tecnológicos da visão computacional e da inteligência artificial, o rastreamento a partir de filmagens em câmeras comuns está cada vez mais preciso, eliminando a necessidade de marcadores reflexivos, sensores e câmeras de alto custo financeiro, a exemplo do *framework* MediaPipe (GOOGLE, 2020), do OpenPose (OPENPOSE, 2022), e da aplicação ergonômica Kinebot (KINEBOT, 2022), que realiza uma avaliação robusta a 30 frames por segundo de diversos segmentos do corpo utilizando como base os parâmetros consolidados da RULA, da REBA, entre outros, e, também, podendo ser inseridos parâmetros personalizados de faixas de amplitudes seguras para análise da articulação desejada.

Já a eletrogoniometria (medição direta), é considera o padrão ouro para mensurar a amplitude dos movimentos, tanto em tarefas estáticas como em dinâmicas. Essa técnica associa um goniômetro (medidor de ângulos) a um dispositivo eletrônico que se comunica com um computador, com confiabilidade e margens de erro baixas (CHAO *et al.*, 1980; ROWE *et al.*, 2001; SOUZA *et al.*, 2013). Ainda, existe a técnica de acelerometria, que é utilizada para medir a velocidade dos movimentos utilizando acelerômetro (IIDA; BUARQUE, 2016).

3.7.1.4 Termografia digital por infravermelho

Conforme Brioschi, Macedo e Macedo (2003), o ser humano é um animal homeotérmico, isto é, tem a capacidade de manter a temperatura do corpo relativamente constante. Para que essa temperatura seja regulada, o calor produzido pelo corpo deve ser perdido para o ambiente, sendo esta uma condição essencial para a sobrevivência humana (TANSEY; JOHNSON, 2015). A pele é o órgão de interface entre essa produção de calor e o ambiente, que constantemente ajusta o equilíbrio entre as condições internas e externas. O fenômeno de controle de transferência de calor é chamado

de termorregulação, e depende do sistema nervoso autônomo para funcionar (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; ROMANOVSKY, 2014).

Assim, é possível, por meio da termometria, ou termografia digital por infravermelho, avaliar os padrões térmicos presentes na pele através da irradiação térmica emitida pelo corpo, verificando características como forma, distribuição, simetria e reações a estímulos (mecânicos, térmicos, emocionais etc.), que são registrados em câmeras termográficas (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; IOANNOU; GALLESE; MERLA, 2014). A termografia foi criada na década de 1960, porém, a partir dos anos 2000, essa tecnologia tem evoluído significativamente, por meio de sistemas automatizados, câmeras de altas resoluções, sensíveis e mais baratas, tornando-a mais acessível (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; FLIR, 2020; PRAKASH, 2012).

Normalmente, o corpo humano exibe uma simetria térmica quando exposto a um ambiente de temperatura constante, facilitando o estudo das regiões de interesse em pesquisas que aplicam a termografia (DOS SANTOS; SEIS, 2014). Desse modo, quando verificada qualquer assimetria entre as temperaturas do lado do corpo equivalente (lado oposto), é possível detectar alterações neurovasculares que podem indicar inflamações, fraturas de estresse, doenças reumáticas, alguns tipos de tumores e, consequentemente, dor. A fim de averiguar a presença da dor de forma objetiva, é possível evidenciar seus diversos tipos. Por isso, a avaliação térmica cutânea, padronizada internacionalmente, é realizada comparando-se as metades correspondentes (dimídios) do corpo humano (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; DOS SANTOS; SEIS, 2014).

O método da termografia é utilizado em diversas áreas, como ciências dos materiais, ciências biológicas e engenharia aplicada (PRAKASH, 2012). De acordo com Marçal, Silva e Neto (2016), a termografia é capaz de fornecer indicadores quantitativos e fisiológicos, sendo um bom instrumento para avaliar a sobrecarga musculoesquelética. Essa técnica pode ser utilizada para estudar condições psicofiosiológicas, permitindo avaliarem-se condições de excitações emocionais, como estresse e medo, excitação sexual etc., através da captação de imagens térmicas da face (MERLA; ROMANI, 2007).

No campo do design, também podemos verificar a aplicação da termografia no desenvolvimento de produtos, investigando principalmente a relação física da interface

usuário-produto, mas, também, pode-se considerar a relação emocional, o que demonstra a eficiência e potencialidade da sua adoção no design de produtos (FORCELINI; MERINO, 2018). Nessa perspectiva, o uso da termografia na análise ergonômica pode favorecer a prevenção de lesões e doenças, além de ser recomendado para complementar outros métodos de avaliação ergonômica tradicionais (PADILHA, 2013).

Diante disso, observamos que esta é uma técnica eficiente e que tem um grande potencial para as áreas de ergonomia e design, podendo ser empregada para avaliação da ergonomia física e cognitiva dos usuários durante o envolvimento com um artefato ou ambiente. A termografia permite que, sem a interferência direta que outras técnicas de avaliação podem ocasionar, como uso de luvas, fixação de sensores e roupas especiais, mesmo tarefas com maior movimentação física do usuário sejam analisadas (VITORINO, 2017).

Assim, alguns protocolos de pesquisa em termografia estão sendo desenvolvidos, como é o caso do *Thermos Protocol*, criado por Forcelini e Merino (2019), o qual reúne informações importantes para garantir a credibilidade e replicabilidade dos experimentos, conferindo variáveis do contexto (ambiente e equipamentos de coleta), do usuário e do produto.

Além disso, com os avanços tecnológicos, o emprego de inteligência artificial (IA) e a elaboração de um rico banco de dados de imagens térmicas, é possível obter resultados rápidos e confiáveis, como é o caso do estudo de Papež *et al.* (2009), que desenvolveu método de triagem aliando termografia infravermelha, visão computacional e inteligência artificial para identificação eficiente de Síndrome do Túnel de Carpo em pacientes com casos graves da doença. Entretanto, a ferramenta ainda não é indicada para diagnósticos, sendo recomendado seu uso para priorizar os pacientes em listas de espera para diagnósticos com a eletromiografia (EMG).

Em design, a termografia digital por infravermelho pode ser um excelente aliado para avaliar problemas ergonômicos durante o desenvolvimento de um produto, minimizando incertezas através de análises mais objetivas e confiáveis (FORCELINI; MERINO, 2018; VITORINO, 2017). Por ser considerado um método não invasivo, livre de efeitos colaterais e com alta sensibilidade diagnóstica, a termografia pode ser

aplicada, ainda, para apoio à avaliação pericial das variáveis que interferem nas capacidades laborais (DOS SANTOS; SEIS, 2014).

3.7.1.5 Algometria

A respeito da dor, Alves Neto (2009, p. 145) a define como:

> A dor é uma experiência vivenciada por quase todos os seres humanos, pois constitui um instrumento de proteção que possibilita a detecção de estímulos físicos e químicos nocivos, estabelece situações com limiares específicos e organizados, além de sensibilizar sistemas que protegem o indivíduo contra futuras lesões, de acordo com vários mecanismos.

Nesse sentido, a dor é uma sensação desagradável e subjetiva, a qual cada indivíduo aprende a descrever a sua maneira, com base nas suas experiências, podendo ser classificada em dois tipos: dor aguda, que surge de forma repentina e que pode ser o indicativo para uma lesão tecidual; e dor crônica, que, em contraste com a aguda, não é apenas um sintoma, mas um estado patológico persistente, podendo ser definida pela sua duração (ALVES NETO, 2009; SOUSA, 2002).

Segundo Sousa (2002), por ter um caráter subjetivo, a dor não pode ser aferida com instrumentos de medição, comumente utilizados para mensurar outras características do indivíduo, como peso, temperatura, pressão arterial etc. Portanto, apenas com um instrumento padrão não é possível mensurar a dor, que depende de características emocionais, motivacionais, cognitivas e de personalidade. Desse modo, a subjetividade e a complexidade permitem a utilização de técnicas subjetivas, como EVA (Escala Visual Analógica), EVN (Escala Numérica Analógica), questionário verbal e índices não verbais, e técnicas objetivas, como palpação manual, para avaliar a dor (FERREIRA *et al.*, 2002; POLETTO, 2004).

Nesse contexto, é possível, em alguns casos, o uso da algometria para a avaliação do limiar da dor[15], ou seja, através da quantificação da pressão exercida no local (FERREIRA *et al.*, 2002). Porém, Polleto (2004) sugere a associação entre métodos de relato da dor (subjetivo) e teste provocativo (algometria de pressão e palpação manual) para uma melhor caracterização da dor nos DORT. O instrumento utilizado

[15] A intensidade mínima de um estímulo que é percebido como doloroso (IASP, 2020).

na algometria é denominado de algômetro, ou dolorímetro, podendo ser mecânico ou digital, o qual quantifica o limiar da dor através de pressão expressa em quilogramas-força (kgf) (ALFONSIN, 2013). Alguns aparelhos possuem função dupla de algômetro (dor) e dinamômetro (força).

Em estudo sobre a correlação entre a temperatura das mãos e a dor, Faria (2020) utilizou a algometria para mensurar a dor e a termografia digital por infravermelho para verificar a temperatura superficial nas mãos de estudantes universitários usuários de smartphone (n = 63). O autor conclui que há alterações de temperatura entre a região palmar e dorsal de ambas as mãos, e que essas regiões apresentam correlação com níveis de dor dos participantes do experimento.

Já Lee *et al.* (2015) utilizaram a algometria para verificar se a atividade muscular e a dor induzida por pressão nos membros superiores sofrem influência do uso de smartphones, comparando o manuseio com uma ou duas mãos. Para isso, utilizaram eletromiografia e algometria, concluindo que a interação com apenas uma das mãos proporcionou maior dor e aumento da atividade muscular.

Assim, verificamos que a algometria de pressão é uma técnica simples e aplicável para a avaliação da dor, mas normalmente tende a ser associada a outras técnicas para conclusões mais precisas e confiáveis.

3.7.1.6 Formulários

Os formulários são instrumentos que apoiam a observação sistemática, por meio dos quais o comportamento das pessoas é observado diretamente. Eles podem ser complementados por filmagens, fotografias e esquemas ilustrativos, com diferentes finalidades nos estudos ergonômicos, seja para avaliar o esforço físico, a postura, a dor, o desconforto, o risco de DORT, o manuseio da carga ou a carga de trabalho (IIDA; BUARQUE, 2016).

Há diversas técnicas de pesquisa em ergonomia, formulários, questionários e checklists (lista de verificação), que podem ser utilizadas para avaliar tanto o corpo inteiro como um segmento corporal. Dentro desse escopo, os instrumentos mais conhecidos são: Escala de Borg, Questionário Nórdico, OWAS, OCRA, REBA, RULA, CMDQ, CHDQ (HEDGE, 2019; IIDA; BUARQUE, 2016).

Segundo Namwongsa *et al.* (2018b, p. 2 e 3, tradução nossa), “atualmente, não existem ferramentas de avaliação de risco desenvolvidas para avaliar os riscos ergonômicos específicos do uso de smartphones”. Desse modo, pelas posturas utilizadas incluírem cabeça, pescoço, tronco e membros superiores, os autores indicam o uso da ferramenta RULA[16] como adequada para avaliação de risco postural. A avaliação consiste na observação dos movimentos do usuário durante a realização da tarefa e no preenchimento do formulário, impresso ou preenchido eletronicamente no site da Osmond Ergonomics, e, ao final, o diagnóstico ergonômico é disponibilizado (MCATAMNEY; NIGEL CORLETT, 1993; OSMOND ERGONOMICS, 2020). No entanto, alguns aspectos específicos não são tratados na RULA, como os segmentos da mão, que podem ser bastante utilizados no uso do smartphone, em especial, o polegar.

Porém, em pesquisa sobre a avaliação da interação gestual, Vitorino (2017) destaca que, apesar do RULA indicar problemas posturais na atividade gestual, o relatório final não apresenta as áreas mais comprometidas, apenas exibe uma pontuação e o nível de necessidade de mudanças, servindo somente para uma avaliação rápida de identificação de inconformidades, mas que deve ser complementado com outros métodos mais precisos e robustos que orientem de forma precisa a indicação do problema.

O CHDQ[17] pode ser utilizado para avaliar o desconforto dos segmentos das mãos (esquerda e direita), verificando partes específicas (seis regiões) em que o usuário pode sentir desconforto ao longo de um período de execução de uma atividade laboral. Nesse questionário são levantadas algumas questões sobre frequência da dor ou desconforto (nenhuma, 1 a 2 vezes na última semana, 3 a 4 vezes na última semana, 1 vez por dia, várias vezes por dia), nível de desconforto (pouco, moderado e muito desconfortável) e interferência na capacidade de trabalho devido a esse desconforto (nada, pouco e bastante) (HEDGE, 2019; HEDGE; MORIMOTO; MCCROBIE, 1999).

Silva, Inokuti e Paschoarelli (2012) desenvolveram protocolo para avaliar a percepção do desconforto das mãos. Para isso, dividiram a região palmar em 33 segmentos para cada mão (de A a Z) de acordo com critérios anatômicos e de interface durante a tarefa.

---

[16] Rula = *Rapid Upper Limb Assessment* (Avaliação Rápida dos Membros Superiores).

[17] CHDQ = *Cornell Hand Discomfort Questionnaires* (Questionários de Desconforto da Mão de Cornell).

Também podemos encontrar dentro do protocolo para termografia desenvolvido por Forcelini e Merino (2019) um mapa de desconforto das mãos contendo o desenho das duas mãos (esquerda e direita), com um total de 33 divisões para cada mão e uma escala de Likert com 3 níveis de desconforto. Esse protocolo deve ser avaliado nos momentos pré-uso e pós-uso do produto, auxiliando no cruzamento dos relatos das pessoas com os registros termográficos.

Além disso, outros materiais complementares podem ser encontrados no *Thermos Protocol*, como Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos (QNSM), orientações ao usuário, regiões de interesse, modelos de termos de consentimento, entre outros, que estão organizados de forma que favoreçam os pesquisadores para um coleta de dados apropriada (FORCELINI; MERINO, 2019).

Em estudo sobre como o design de interfaces manuais pode influenciar na distribuição da preensão palmar, Silva (2017) utilizou a escala de Borg modificada (CR10 de Borg), para verificar a percepção do esforço físico na realização de tarefas em diferentes situações. Por sua vez, esse é um instrumento considerado robusto e eficiente para avaliar tal questão subjetiva, conferindo resultados objetivos de pesquisa.

No próximo capítulo, são apresentados os três estudos propostos por esta pesquisa. O primeiro é uma pesquisa (*survey*) com brasileiros usuários de smartphones; o segundo, um experimento para avaliação da ergonomia de uma interface existente, utilizando-se o método que foi desenvolvido com base no referencial teórico proposto e na RSL; e o terceiro, trata-se de uma proposta de melhoria da interface avaliada a partir do mesmo método do estudo anterior, para, em seguida, compararem-se os resultados obtidos.

4 ESTUDOS

4.1 ESTUDO 1 – PESQUISA COM USUÁRIOS DE SMARTPHONES

O primeiro estudo produzido por esta pesquisa buscou obter informações importantes para o desenvolvimento dos experimentos realizados nos Estudos 2 e 3. Tendo em vista a necessidade de se compreender mais sobre como os brasileiros usuários de smartphone se relacionam com este dispositivo, foram coletadas informações para traçar o perfil dessas pessoas, seus hábitos e a sua percepção de desconforto relacionada a esse uso.

4.1.1 Materiais e métodos

Este estudo é de natureza aplicada, possui abordagem quantitativa e caráter descritivo. Seu objetivo é descrever o fenômeno estudado com foco ergonômico. Para isso, foi aplicado um questionário para coleta de dados, os quais foram analisados a partir da estatística descritiva.

4.1.1.1 Questionário

O questionário online foi escolhido como técnica de inquirição, cujos respondentes deveriam ter idade acima de 18 anos e possuir smartphone. As perguntas podem ser conferidas no Apêndice D – Pesquisa sobre o uso de smartphone (p. 278).

O questionário foi desenvolvido com uma abordagem qualitativa e quantitativa, e disponibilizado durante o período de quatro meses (de 15/06/2020 até 16/10/2020), através do link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSese72h501jmU1SzFic7cWzDycw-cEHGiPkaZgRnWfxdfLD6tw/viewform

Primeiramente, foi feito um teste piloto com 10 respondentes, a fim de se identificarem erros e dificuldades. Em seguida, foram feitos alguns ajustes para facilitar o entendimento das perguntas. Assim, as variáveis adotadas são as seguintes:

- Variáveis qualitativas nominais: sexo, local de residência, dominância lateral, preexistência de dificuldade de mobilidade ou desconforto dos membros superiores, marca e modelo do smartphone, aplicativos utilizados e frequência de uso,

preferência de comunicação e frequência de uso, modo de manuseio habitual, dedos mais utilizados, percepção de desconforto durante o uso e local afetado.
- Variáveis qualitativas ordinais: escolaridade;
- Variáveis quantitativas contínuas: idade, tempo de aquisição e tempo de uso diário do smartphone.

4.1.1.2 Amostra

Optou-se pela técnica *snowballing sampling*, também conhecida por técnica de amostragem Bola de Neve, ou Cadeia de Informantes (ACIOLY, 2016). De acordo com Handcock e Gile (2011), o termo "*snowballing sampling*" pode ser utilizado para denominar diferentes tipos de conceitos, portanto, é importante deixar claros a definição e os procedimentos utilizados nessa técnica de amostragem.

Portanto, utilizamos a estratégia de Baldin e Munhoz (2011), segundo a qual os participantes iniciais indicam novos participantes, e, assim, sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto no estudo, ou seja, atingir quantidade máxima de respondentes de acordo com sua cadeia de relacionamentos. Como estratégia de recrutamento, seguimos os passos de Acioly (2016), utilizando inicialmente o banco de dados de contatos do pesquisador, através de mensageiros instantâneos (WhatsApp e Facebook Messenger) e redes sociais (Facebook e Instagram), que, após responderem, indicaram novos respondentes e assim por diante. Com isso, foram obtidas 350 respostas.

4.1.2 Resultados

Os dados foram analisados através de estatística descritiva, sendo gerados gráficos e tabelas de cada questão e uma planilha geral por meio da ferramenta *Google Sheets*. Em seguida, os dados coletados foram exportados para o software SPSS 20 para uma melhor organização e realização dos testes estatísticos.

Por utilizar uma técnica de amostragem por conveniência, houve uma concentração maior dos respondentes do estado de Pernambuco (76,9%, n = 269) e da Paraíba (10,8%, n = 38). No entanto, foi possível obter respostas de outros 16 estados e de todas as regiões do país (10,8%, n = 38) e de alguns brasileiros residentes no exterior a menos de um ano (1,4%, n = 5), porém, com uma frequência mais baixa de respondentes. Assim, totalizou-se 350 respostas, conforme pode ser conferido na Tabela 11.

Tabela 11 – Amostra de respondentes por estado e região do Brasil.

Região	Estado	Amostra por estado	Total por região
Nordeste	Pernambuco	269	321 (91,7%)
	Paraíba	38	
	Rio Grande do Norte	5	
	Bahia	4	
	Alagoas	2	
	Sergipe	1	
	Ceará	1	
	Maranhão	1	
Sudeste	São Paulo	7	15 (4,3%)
	Rio de Janeiro	6	
	Minas Gerais	2	
Sul	Paraná	4	5 (1,4%)
	Rio Grande do Sul	1	
Centro-Oeste	Goiás	1	2 (0,6%)
	Mato Grosso	1	
Norte	Pará	2	2 (0,6%)
Exterior			5 (1,4%)
		Amostra total	350 (100%)

Fonte: O autor.

Das 350 pessoas que responderam, a maioria é composta pelo sexo feminino (54,6%, n = 191), seguido do masculino (45,1%, n = 158), e apenas 0,3% (n = 1) selecionou a opção “outros”. Com relação à idade, obtivemos uma média de 36,7 anos, mediana de 33 e desvio padrão de 12,17. Após a obtenção desses dados, foi observada a necessidade de organizá-los em categorias para facilitar a visualização das informações. Assim, as idades foram distribuídas em faixas etárias, em que 31,4% está na faixa de 18 a 29 anos, 35,4%, entre 30 e 39, 13,1%, entre 40 e 49, 15,7%, entre 50 e 59, e 4,3% com 60 ou mais anos. A Tabela 12 apresenta a distribuição dos respondentes por sexo e faixa etária, em frequência absoluta (n) e frequência relativa (%).

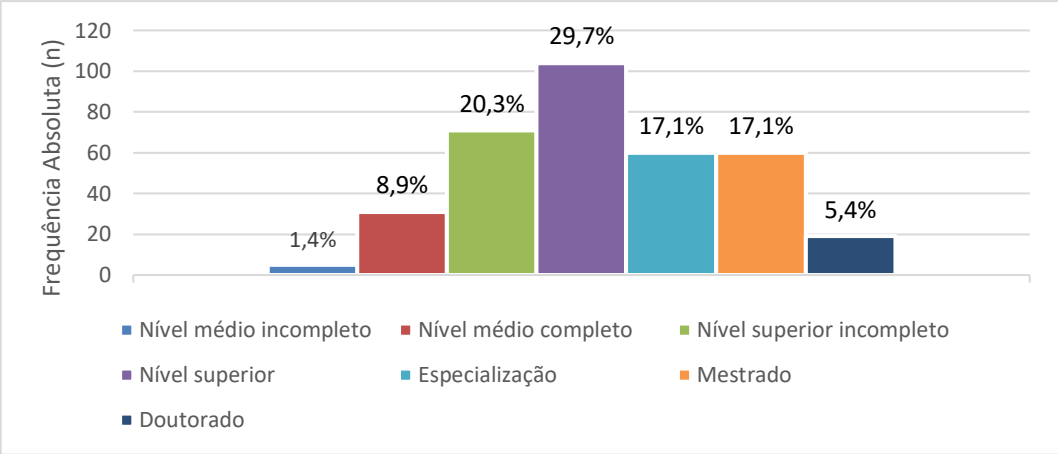
Tabela 12 – Indicação do sexo e da faixa etária dos respondentes.

Faixa Etária	Sexo Feminino		Sexo Masculino	
	n	%	n	%
18 a 29	52	14,9%	57	16,3%
30 a 39	76	21,7%	48	13,7%
40 a 49	21	6,0%	25	7,1%
50 a 59	36	10,3%	19	5,4%
60 ou +	6	1,7%	9	2,6%
Total	191	54,6%	158	45,1%

Fonte: O autor.

O nível de escolaridade dos respondentes está distribuído em nível superior completo (29,7%), seguido de nível superior incompleto (20,3%), especialização (17,1%), mestrado (17,1%), nível médio completo (8,9%), doutorado (5,4%), nível médio incompleto (1,4%). A Figura 51 apresenta os níveis de escolaridade em sua ordem trivial.

Figura 51 – Escolaridade dos respondentes.



Fonte: O autor.

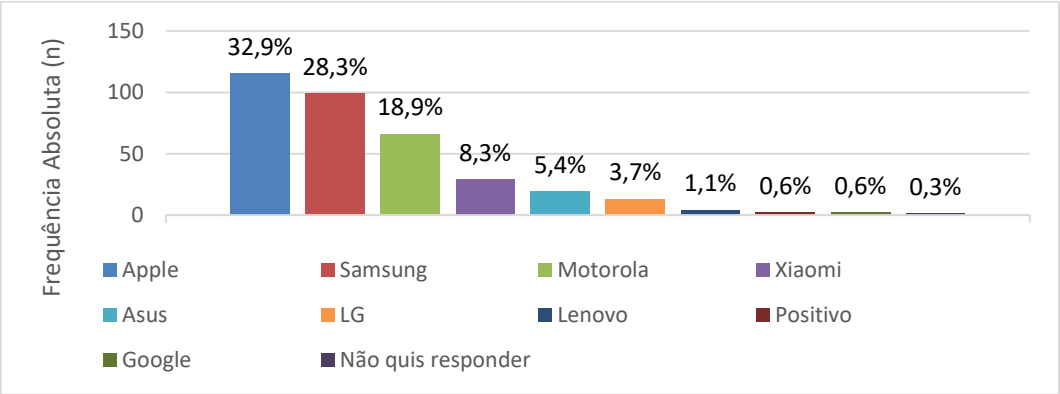
A dominância lateral indicada pelos respondentes foi de 87% são destros (lado direito), 8% são canhotos (lado esquerdo) e 5% são ambidestros (ambos os lados).

Foi questionado se os respondentes possuíam algum tipo de dificuldade na movimentação dos membros superiores, podendo ser sintomas caracterizados como dor, fadiga, desconforto ou limitações da amplitude do movimento. O resultado obtido foi o seguinte: 77% sem nenhum tipo de dificuldade e 23% com algum nível de dificuldade de mobilidade preexistente.

Com relação ao tempo que utilizam smartphone, 83,1% já o utilizam há mais de 5 anos, 7,1%, de 4 a 5 anos, e os valores diminuem com as demais alternativas: de 3 a 4 anos (2,9%), de 2 a 3 anos (3,1%), de 1 a 2 anos (1,4%) e de 6 meses a 1 ano (2,3%).

Sobre as marcas de smartphones que os participantes possuem, foi possível perceber um destaque para Apple (32,9%, n = 115), Samsung (28,3%, n = 99) e Motorola (18,9%, n = 66). Em seguida, os valores foram reduzindo com Xiaomi (8,3%, n = 29), Asus (5,4%, n = 19), LG (3,7%, n = 13), Lenovo (1,1%, n = 4), Positivo (0,6%, n = 2), Google (0,6%, n = 2) e os que não quiseram responder (0,3%, n = 1), conforme Figura 52.

Figura 52 – Marca de smartphone dos participantes.



Fonte: O autor.

Também foi solicitado que indicassem, caso soubessem, o nome do modelo de smartphone que possuem, sendo obtidas 324 respostas válidas, enquanto 26 não responderam de forma correta ou não sabiam a resposta. Com esses dados foi possível verificar as dimensões das telas dos dispositivos através do portal Tudo Celular (2020). A Tabela 13 apresenta a frequência de dimensões em polegadas (”), categorizadas através de faixas dimensionais. A média dimensional encontrada foi de 5,63”, a mediana, 5,7”, e a moda, 4,7”, dentro de uma escala geral entre 4 a 6,7 polegadas.

Tabela 13 – Faixas de dimensões das telas dos smartphones dos respondentes.

Dimensão da Tela (Polegadas)	Frequência Absoluta (n)	Frequência Relativa (%)
4” a 4,5”	6	1,7%
4,6” a 5”	80	22,9%
5,1” a 5,5”	73	20,9%
5,6” a 6”	52	14,9%
6,1” a 6,7”	113	32,3%
Não souberam	26	7,4%
Total	350	100,0%

Fonte: O autor.

O tempo de uso diário foi coletado em faixas de horas, conforme a Tabela 14. A faixa com maior frequência marcou entre 5 e 6 horas (34%, n = 119), seguida de: entre 4 e 5 horas (19,4%, n = 68), entre 3 e 4 horas (16,2%, n = 57), mais de 6 horas (11,7%, n = 41), entre 2 e 3 horas (11,2%, n = 39) e entre 1 e 2 horas (7,5%, n = 26).

Tabela 14 – Tempo de uso diário dos respondentes.

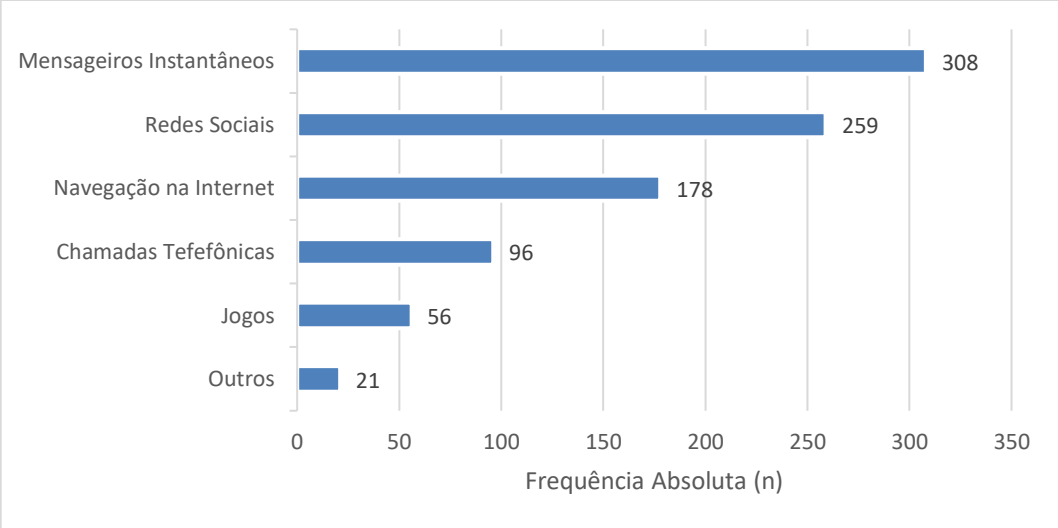
Tempo Diário (Horas)	Frequência Absoluta (n)	Frequência Relativa (%)
Entre 1 e 2	26	7,5%
Entre 2 e 3	39	11,2%
Entre 3 e 4	57	16,2%
Entre 4 e 5	68	19,4%

Entre 5 e 6	119	34%
Mais de 6	41	11,7%
Total	350	100%

Fonte: O autor.

Com relação aos tipos de aplicativo que os participantes mais utilizam, era possível selecionar mais de uma alternativa. As categorias com maior seleção foram: mensageiros instantâneos (n = 308) e redes sociais (n = 259), seguidos de navegação na internet (n = 178), chamadas telefônicas (96), jogos (56) e outros (21), conforme Figura 53.

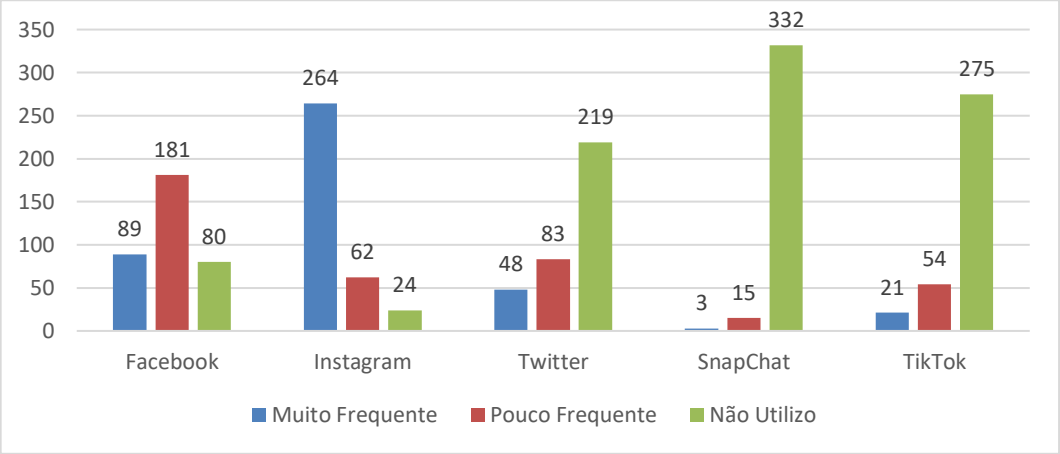
Figura 53 – Tipos de aplicativo mais utilizados pelos respondentes.



Fonte: O autor.

A respeito do aplicativo de rede social, foi solicitado que os respondentes indicassem aquele que mais utilizam. Assim, foi possível identificar maior percentual para o Instagram (65,1%, n = 228), seguido de: Facebook (17,1%, n = 60), Outros (6,9%, n = 24), Twitter (4,9%, n = 17), TikTok (3,1%, n = 11) e SnapChat (2,9%, n = 10). Para complementar a questão anterior, foi solicitada a seleção da frequência de uso dos principais aplicativos de redes sociais, em três categorias: muito frequente, pouco frequente e não utilizo. O Instagram prevaleceu na categoria “muito frequente” (n = 264), Facebook com a categoria “pouco frequente” (n = 181) e Twitter, SnapChat e TikTok com a opção “não utilizo” com alta frequência de seleção nos três Apps, conforme a Figura 54.

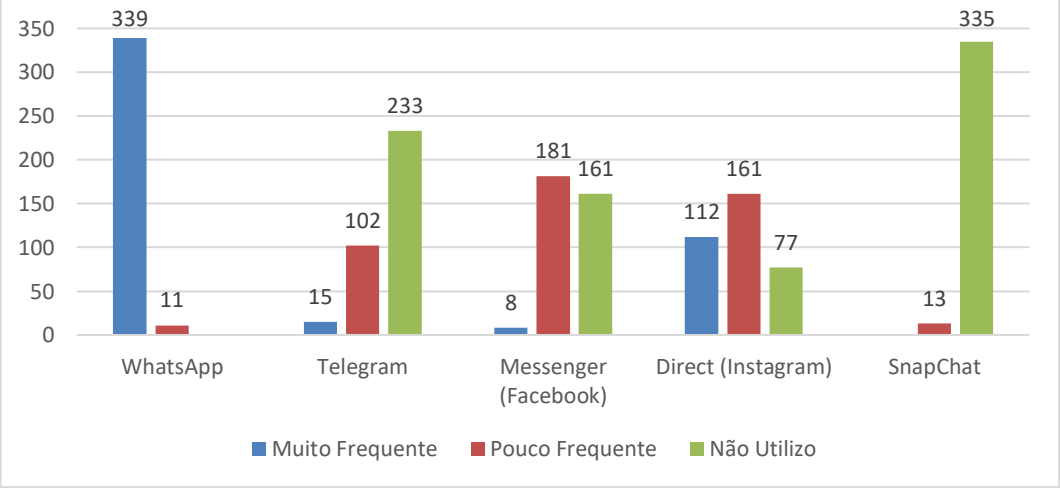
Figura 54 – Frequência de uso dos aplicativos de redes sociais.



Fonte: O autor.

O mensageiro instantâneo mais selecionado pelos participantes foi o WhatsApp (n = 339), seguido de valores pouco expressivos para o Direct do Instagram (n = 6), o Messenger do Facebook (n = 3) e o Telegram (n = 2). Para acrescentar ao conteúdo anterior, foi solicitado que informassem a frequência de uso dos principais mensageiros instantâneos, confirmando a preferência para o WhatsApp, com alta frequência de uso – “muito frequente” (n = 339). Os demais aplicativos foram mais selecionados como “pouco frequente”, para o Messenger do Facebook e o Direct do Instagram, ou “não utilizo”, para o Telegram e o SnapChat. Os demais detalhes podem ser conferidos na Figura 55.

Figura 55 – Frequência de uso dos Apps de mensagens instantâneas.

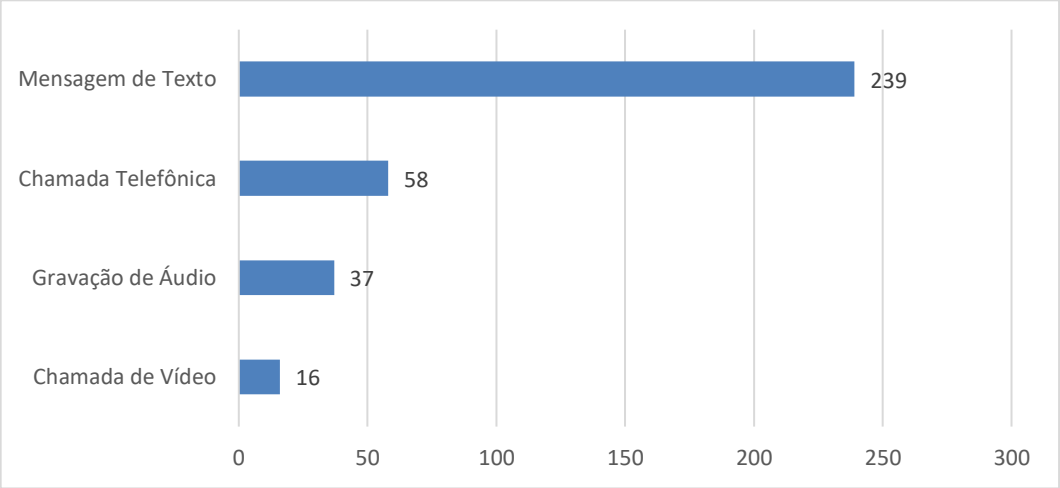


Fonte: O autor.

Outro questionamento foi feito acerca da preferência de comunicação dos participantes, com possibilidade de escolha de mais de uma opção. Assim, foi destacada a

mensagem de texto (n = 339), seguida de chamada telefônica (n = 58), gravação de áudio (n = 37) e chamada de vídeo (n = 16), conforme Figura 56.

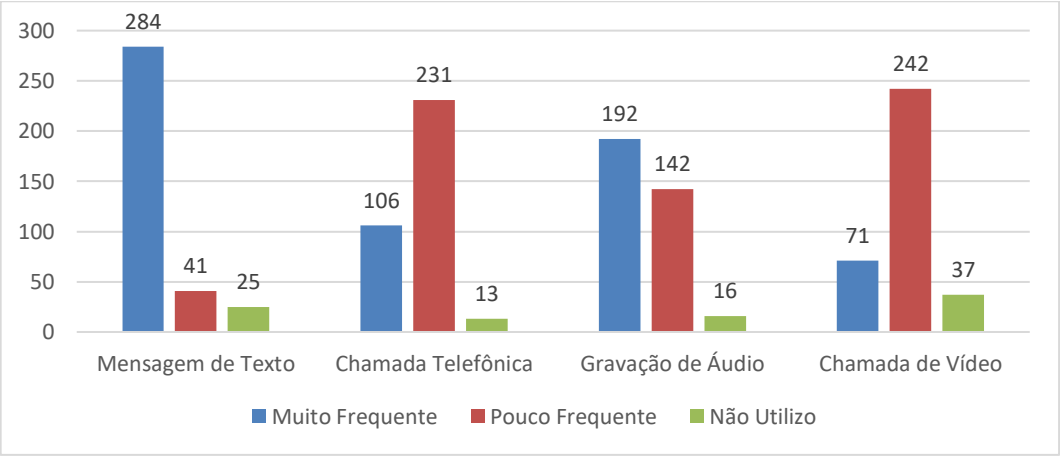
Figura 56 – Forma de comunicação preferida.



Fonte: O autor.

Em relação à frequência de uso dos tipos de comunicação feita com smartphone, para a mensagem de texto prevaleceu a opção “muito frequente” (n = 284), em seguida, foi apontada a gravação de áudio (n = 192), e as chamadas telefônica e de vídeo foram mais selecionadas como “pouco frequentes”. Os demais detalhes sobre essa questão podem ser conferidos na Figura 57.

Figura 57 – Frequência de uso das formas de comunicação.

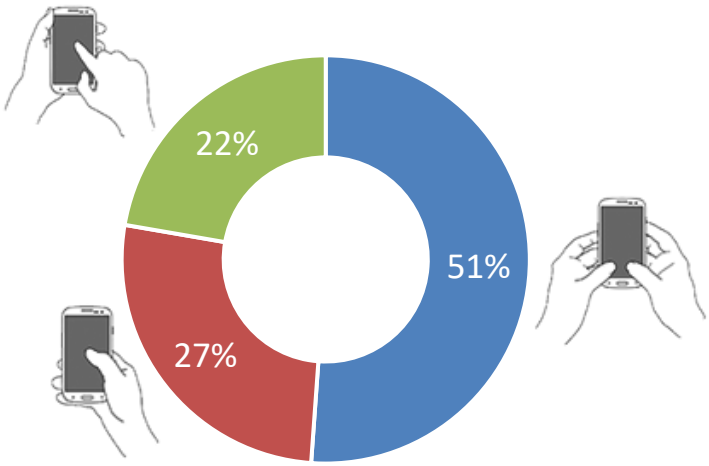


Fonte: O autor.

Sobre as formas de manuseio mais utilizadas, os respondentes selecionaram com maior frequência o uso “com as duas mãos” (51%), em seguida, “com uma mão” (27%)

e “segura com uma e toca com a outra” (22%), conforme pode ser verificado na Figura 58.

Figura 58 – Formas de manuseio mais utilizadas.

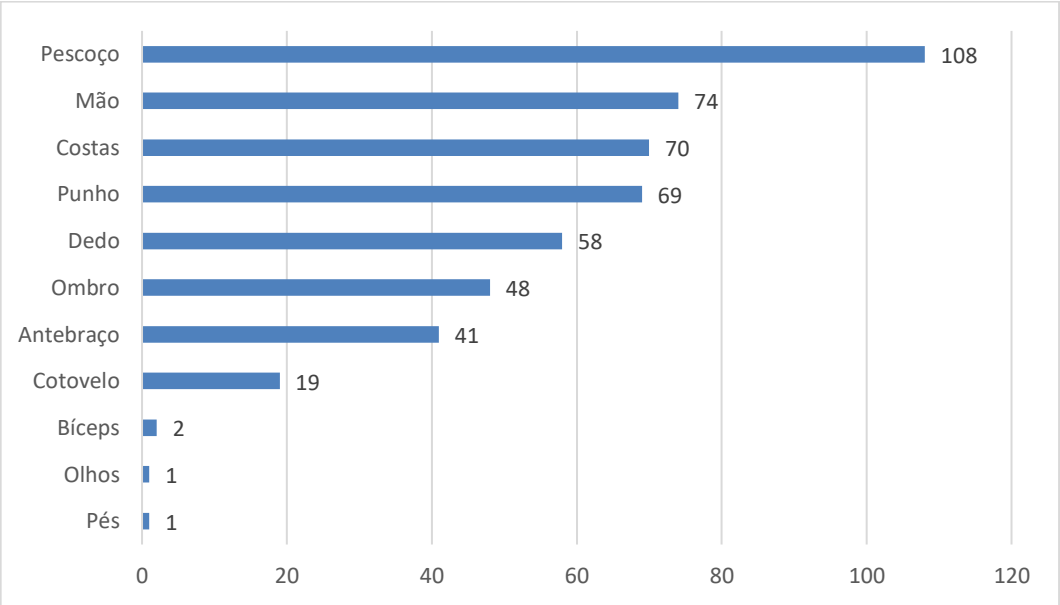


Fonte: O autor adaptado de Hoober (2013).

Foi solicitado para os participantes indicarem os dedos mais utilizados na interação gestual com a tela, podendo selecionar mais de uma opção. O mais selecionado foi o polegar (n = 285), seguido do indicador (n = 199), e, em menor frequência, o médio (n = 13), o mínimo (n = 4) e o anelar (n = 1).

Os participantes foram questionados se sentiam desconforto ao utilizar o smartphone. A resposta com maior frequência foi “Não” (61%, n = 213), no entanto, houve um percentual expressivo de respostas “Sim” (39%, n = 137). E, para os que sentem desconforto, foi solicitado para indicarem a(s) parte(s) do corpo em que têm essa sensação. Prevaleceu a região do pescoço (n = 108), seguida de mão (n = 74), costas (n = 70), punho (n = 69), dedo (n = 58), ombro (n = 48), antebraço (n = 41), bíceps (n = 2), olhos (n = 1) e pés (n = 1), conforme Figura 59.

Figura 59 – Partes do corpo em que sentem incômodo.



Fonte: O autor.

4.1.2.1 Teste estatístico

Com o intuito de verificar se existem associações entre as variáveis exploradas, foi realizado o teste qui-quadrado de independência, através de estatística indutiva, adotando um nível de significância de 0,05, considerando a hipótese nula (H_0), segundo a qual as variáveis não são dependentes, onde $P > 0,05$, e a hipótese alternativa (H_1), em que as variáveis são dependentes, onde $P < 0,05$.

Para isso, primeiramente, foram selecionadas algumas variáveis para cruzar com a variável desconforto durante o uso, que foram: sexo, faixa etária, dominância lateral, dificuldade de mobilidade preexistente, sistema operacional, dimensão da tela, tempo de uso diário e tipo de manuseio.

A Tabela 15 mostra a associação entre o desconforto durante o uso do smartphone e essas variáveis relacionadas às características pessoais, preferências e hábitos de uso. O sexo feminino e os indivíduos com dificuldade de mobilidade preexistente apresentam maior frequência de desconforto que seus pares ($p < 0,05$). Também foi identificado que, quanto maior o tempo de uso diário, maior foi a frequência de percepção do desconforto, chegando a quase 50% naqueles com um tempo superior a 6 horas de uso ($p = 0,022$). No entanto, não houve associação entre o desconforto e o tipo de

sistema operacional, a faixa etária, a dominância lateral, a dimensão da tela e o tipo de manuseio.

Tabela 15 – Associação entre o desconforto durante o uso do smartphone e o sexo, a faixa etária, a dominância lateral, a dificuldade de mobilidade preexistente, o sistema operacional, a dimensão da tela, o tempo de uso diário e o tipo de manuseio.

Variáveis	Desconforto durante o uso do smartphone		
	Não, 213 (61)	Sim, 137 (39)	*p-valor
Sexo			
Feminino	104 (54,5)	87 (45,5)	**0,008**
Masculino	108 (69,4)	50 (31,6)	
Faixa etária (anos)			
18 a 29	64 (58,2)	46 (41,8)	
30 a 39	80 (64,5)	44 (35,5)	
40 a 49	24 (52,2)	22 (47,8)	0,602
50 a 59	34 (61,8)	21 (38,2)	
> 60	11 (73,3)	04 (26,7)	
Dominância Lateral			
Direita	180 (59,2)	124 (40,8)	0,133
Esquerda	22 (78,6)	06 (21,4)	
Dificuldade de Mobilidade			
Não	185 (68,8)	84 (31,2)	**<0,001**
Sim	28 (34,6)	53 (65,4)	
Sistema Operacional			
Android	138 (58,7)	97 (41,3)	0,242
IOS	75 (65,2)	40 (34,8)	
Dimensão da Tela (Polegadas)			
Não souberam responder	18 (62,1)	11 (37,9)	
4 a 4,5	04 (66,7)	02 (33,3)	
4,6 a 5	47 (61,8)	29 (38,2)	0,576
5,1 a 5,5	43 (58,9)	30 (41,1)	
5,6 a 6	37 (71,2)	15 (28,8)	
6,1 a 6,7	64 (56,1)	50 (43,9)	
Tempo de Uso Diário (horas)			
Não souberam responder	03 (75,0)	01 (25,0)	
1 a 2	20 (76,9)	06 (23,1)	
2 a 3	26 (66,7)	13 (33,3)	
3 a 4	37 (64,9)	20 (35,1)	**0,022**
4 a 5	38 (55,9)	30 (44,1)	
5 a 6	70 (58,5)	49 (41,2)	
> 6	19 (51,4)	18 (48,6)	
Tipo de Manuseio			
Com as 2 mãos	111 (62,0)	68 (38.0)	
Com 1 mão	56 (60,2)	37 (39,8)	0,632
Segura 1 mão, toca outra	46 (59,0)	32 (41,0)	

Os valores estão expressos como números absolutos (%). *Teste qui-quadrado. Valores em negrito indicam diferença estatística $p < 0,05$.

Fonte: O autor.

Do mesmo modo, foi realizado o teste com as variáveis sexo, dificuldade de mobilidade dos membros superiores e tempo de uso diário. A Tabela 16 mostra que houve uma associação significativa entre as variáveis sexo e dificuldade de mobilidade preexistente, na qual o sexo feminino apresentou maior percentual para a existência de

dificuldade de mobilidade dos membros superiores do que o sexo masculino, mas não houve associação para tempo de uso diário.

Tabela 16 – Associação entre sexo, dificuldade de mobilidade preexistente e tempo de uso diário.

Variáveis	Sexo		
	Feminino,191 (54,6)	Masculino, 158 (45,1)	p-valor
Dificuldade de Mobilidade[1]			
Não	132 (49,3)	136 (50,7)	**< 0,001**
Sim	59 (72,8)	22 (27,2)	
Tempo de Uso Diário (horas)			
Não souberam responder	03 (75,0)	01 (25,0)	
1 a 2	13 (50,0)	13 (50,0)	
2 a 3	21 (53,8)	18 (46,2)	
3 a 4	32 (56,1)	25 (43,2)	0,735
4 a 5	30 (44,8)	37 (55,2)	
5 a 6	74 (62,2)	45 (37,8)	
> 6	18 (48,6)	19 (51,4)	

Os valores estão expressos como números absolutos (%). *Teste qui-quadrado. Valores em negrito indicam diferença estatística p < 0,05. [1]Membros superiores.

Fonte: O autor.

Foi realizado o mesmo teste com a variável faixa etária cruzando com as variáveis escolaridade, dificuldade de mobilidade preexistente, tempo de uso diário, tipo de manuseio, mensagem de texto e chamada telefônica. E, todas as variáveis apresentam uma associação estatisticamente significativa, ou seja, existe dependência entre as categorias observadas. A frequência de pessoas com idade igual ou maior do que 50 nos com dificuldade de mobilidade dos membros foi maior do que as demais idades, e esse mesmo grupo utiliza o smartphone com maior frequência entre 1 a 3 horas diárias, tem o hábito de manusear segurando o smartphone comum a mão e tocando a tela com a outra, e utilizam com pouca frequência a comunicação através de mensagem de texto e chamada telefônica, enquanto os com menos de 50 anos têm o hábito de utilizar mais “com 2 mãos” simultaneamente, em seguida o manuseio “com 1 mão” e utilizam pouco a terceira forma e a têm a tendência de passar mais horas diárias utilizando o dispositivo (Tabela 17).

Tabela 17 – Associação entre faixa etária e as variáveis dificuldade de mobilidade preexistente, tempo de uso diário, tipo de manuseio, mensagem de texto e chamada telefônica.

Variáveis	Faixa etária		
	< 50 anos, 280 (80)	≥ 50 anos, 70 (20)	p-valor
Dificuldade de Mobilidade[1]			
Não	225 (83,6)	44 (16,4)	**0,002**
Sim	55 (67,9)	26 (32,1)	
Tempo de Uso Diário (horas)			
Não sabe	04 (100,0)	00 (00,0)	
1 a 2	12 (46,2)	14 (53,8)	
2 a 3	25 (64,1)	14 (35,9)	
3 a 4	44 (77,2)	13 (22,8)	**<0,001**
4 a 5	61 (89,7)	07 (10,3)	
5 a 6	100 (84,0)	19 (16,0)	
> 6	34 (91,9)	03 (08,1)	
Tipo de Manuseio			
Com as 2mãos	159 (88,8)	20 (11.2)	
Com 1 mão	84 (90,3)	09 (09,7)	**<0,001**
Segura com 1 mão toca com outra	37 (47,4)	41 (52,6)	
Mensagem de texto			
Não utilizo	24 (96,0)	01 (04,9)	
Pouco frequente	25 (61,0)	16 (39,0)	**0,001**
Muito frequente	231 (81,3)	53 (18,7)	
Chamada Telefônica			
Não Utilizo	13 (100,0)	00 (00,0)	
Pouco frequente	72 (67,9)	34 (32,1)	**<0,001**
Muito frequente	195 (84,4)	36 (15,6)	

Os valores estão expressos como números absolutos (%). Teste qui-quadrado. Valores em negrito indicam diferença estatística p<0,05. [1]Membros superiores.

Fonte: O autor.

Assim, após a realização dos testes, verificação das associações e quais elementos das categorias foram responsáveis pela relação de dependência, os achados foram contrapostos com outros estudos para verificar as similaridades e particularidades encontradas.

4.1.3 Discussão dos resultados

Como dito anteriormente, um total de 350 pessoas responderam ao questionário proposto, tendo um predomínio de respondentes do estado de Pernambuco, seguido de Paraíba e outros 16 estados, contemplando todas as regiões do Brasil, mas com frequência baixa de respondentes nesses estados. Contudo, os resultados adquiridos apresentam semelhança com relação à distribuição de percentual nacional e geral em aspectos importantes.

A distribuição percentual do sexo feminino (54,6%) e do masculino (45,1%) está próxima dos valores nacionais: de 51,5%, para mulheres, e de 48,5%, para homens (IBGE, 2016). Após os testes de qui-quadrado, percebemos que as respondentes do

sexo feminino indicaram uma frequência maior do que a esperada para a percepção de desconforto durante o uso do smartphone, que também pode estar relacionada à dificuldade de mobilidade nos membros superiores preexistente, também apontada com maior frequência do que a esperada para esse sexo.

Desse modo, entendemos que as pessoas do sexo feminino e que apontaram alguma dificuldade de mobilidade preexistente possuem uma maior percepção de desconforto durante o uso do smartphone, tendo em vista que também obtiveram associação significativa tanto entre elas quanto com a variável desconforto durante o uso. O que pode convergir para alguns estudos que indicam que as mulheres são mais predispostas a dores recorrentes que os homens (FILLINGIM *et al.*, 2009; UNRUH, 1996) e que pode ser justificado por questões hormonais e a dupla jornada de trabalho (trabalho formal e atividades domésticas) (PRZYSIEZNY, 2000). No entanto, são necessários estudos específicos para confirmar essa questão através de experimentos.

A respeito do tempo de uso diário e da relação com o sexo, não foi obtida diferença significativa, o que difere do estudo de Montag *et al.* (2015), que indicou um maior uso diário por parte do sexo feminino em Apps de redes sociais e comunicação. Porém, é possível que o fator cultural, a evolução tecnológica, a diferença temporal dos estudos ou, até mesmo, o viés de resposta justifiquem essa disparidade.

O percentual de destros (87%), canhotos (8%) e ambidestros (5%) obtido nos resultados se aproxima das indicações gerais da literatura, que informam que pessoas com dominância do lado direito representam cerca de 90% e do esquerdo de 6% a 9% da população (IIDA; BUARQUE, 2016; SAFFER, 2008), mas não houve associação entre a lateralidade e a percepção de desconforto durante o uso.

A maioria dos participantes possuem smartphones há mais de 5 anos e o utilizam, em média, por 4,4 horas diárias, próximo ao valor identificado pela pesquisa realizada pela App Annie (2021a), que indicou um valor de 4,8 horas diárias em 2020. Quanto ao tempo de uso diário, este apresentou associação significativa com as queixas de desconforto durante o uso ($p<0,05$), ou seja, à medida que aumenta o tempo de uso, a frequência dos que sinalizam o desconforto aumenta, coadunando diversos estudos que indicam que a exposição por várias horas diárias com esse dispositivo tem relação direta com sintomas musculoesqueléticos (AKURKE; LI; CRAIG, 2018; CHIANG *et al.*, 2013; İNAL *et al.*, 2015; KIM; KIM, 2015).

As marcas mais adquiridas pelos respondentes foram*:* Apple, Samsung e Motorola, sendo que a primeira marca possui sistema operacional próprio (IOS) e o restante das marcas compartilha o mesmo sistema (Android), concentrando a maior quantidade de respondentes usuários do sistema Android, com 67,1%, e IOS com 32,1%. Contudo, o tipo do sistema operacional não apresentou associação significativa com o desconforto durante o uso.

Com relação à dimensão dos dispositivos, os modelos de dispositivos possuem telas entre 4 e 6,7 polegadas, com média de 5,6 polegadas. Neste aspecto, notou-se uma preferência por dispositivos maiores, em que a faixa de polegadas de 6,1” a 6,7” apresenta maior percentual (34,9%, n = 113). Essa preferência pode ser justificada pelo fato de a dimensão dos aparelhos proporcionar uma maior noção utilitária para navegação, assistir a vídeos e jogar com qualidade visual superior às telas menores (CHI-ANG *et al.*, 2013; KIM; SUNDAR, 2014). No entanto, a dimensão da tela não apresentou associação significativa com relação à percepção de desconforto durante o uso. Porém, destacamos que essa variável foi identificada como um fator de risco em estudo experimental, pois telas de dimensões maiores proporcionam uma maior exposição biomecânica a sintomas musculoesqueléticos (KIETRYS *et al.*, 2015), sabendo que a dimensão dos smartphones deve estar adequada ao tamanho das mãos dos seus usuários (GUSTAFSSON *et al.*, 2018).

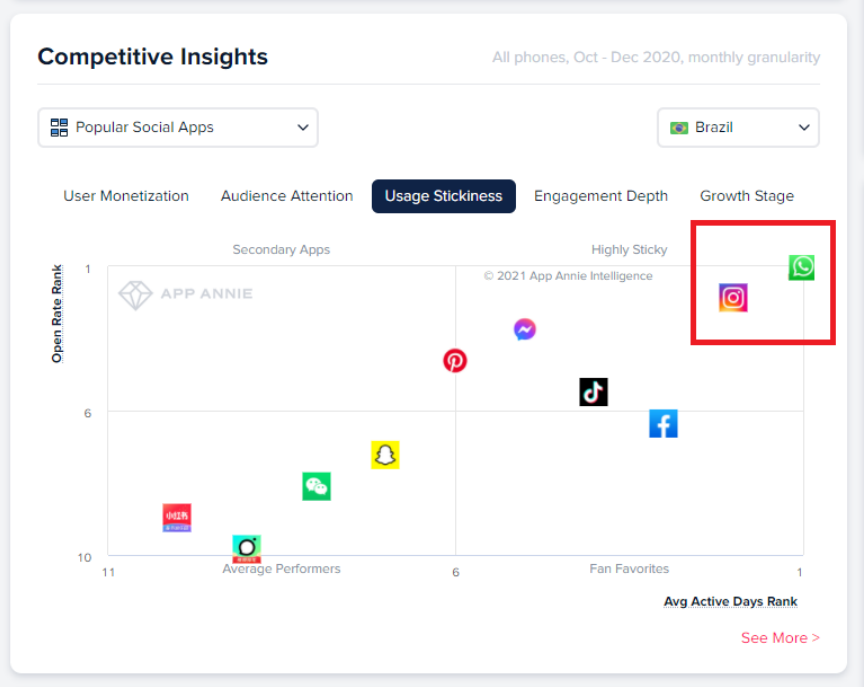
Um ponto interessante observado diz respeito à faixa etária mais jovem (18 a 29 anos) apresentar baixo percentual de pessoas com dificuldade de mobilidade preexistente, cujo tempo de uso diário desse grupo está mais concentrado na faixa de 5 a 6 horas (38,2%), enquanto a faixa de 50 a 59 anos apresentou associação significativa, com dificuldade de mobilidade preexistente ($p<0,05$), obtendo uma frequência maior que a esperada nas faixas de 1 a 3 horas. Desse modo, é possível que a indicação de desconforto não tenha obtido associação significativa com a faixa etária, pelo fato de as pessoas que utilizam por mais tempo esse dispositivo não apresentarem problemas de saúde relacionados à mobilidade dos membros superiores. Em contrapartida, a faixa etária das pessoas que relatam maiores queixas sobre a mobilidade utiliza o smartphone por menos tempo.

Dessa forma, entendemos que a falta de relação de queixa de desconforto com a faixa etária pode ser justificada por sabermos que a saúde física dos mais jovens ainda está

preservada e que o desconforto apenas será percebido após um comprometimento musculoesquelético acentuado promovido pelo passar dos anos. Ainda sobre essa questão, outra possibilidade aventada é a de que os hábitos individuais, bem como o entusiasmo de utilizar um sistema envolvente, prevalece sobre as queixas de desconforto. O oposto pode ocorrer à medida que essa tecnologia é utilizada em atividade menos atrativa para os usuários ou mesmo estressante, semelhante ao que ocorreu na informatização dos escritórios (KROEMER; GRANDJEAN, 2005). Assim, outros fatores devem ser levados em consideração para a avaliação do desconforto em uma interação, como a emoção e o contexto de uso.

Os tipos de aplicativos preferidos dos participantes foram os mensageiros instantâneos e redes sociais, sendo selecionado o WhatsApp como o App de mensagem de texto e o Instagram como a App de rede social mais utilizados, ambos com alta frequência de uso. O que converge com o levantamento disponibilizado pela App Annie (2021b), que monitorou dispositivos smartphones do Brasil (IOS e Android), entre outubro a dezembro de 2020, sendo esses dois Apps os mais utilizados e com alta frequência de uso ao longo do período analisado (Figura 60).

Figura 60 – Visibilidade de uso dos Apps de redes sociais no Brasil em 2020.



Fonte: App Annie (2021b).

A mensagem de texto foi a forma de comunicação preferida dos respondentes, corroborando a preferência do uso dos mensageiros instantâneos e superando a chamada

telefônica, que já foi a principal função do dispositivo. Sobre essas variáveis, percebemos novamente uma associação interessante após o teste qui-quadrado, visto que existe uma preferência da comunicação por mensageiros instantâneos, com “muita frequência de uso”, por parte da faixa etária abaixo de 50 anos, enquanto a faixa etária igual ou maior que 50 anos apresentou um quantitativo maior de “baixa frequência de uso” para mensageiro instantâneo. Portanto, isso pode ser um indicativo de que os jovens e adultos tendem a digitar mais que os de idade mais avançada. Logo, estão mais expostos às consequências negativas que a digitação de texto em smartphone pode ocasionar em seus corpos (KIETRYS *et al.*, 2015).

A forma de manuseio predominante foi com as duas mãos simultaneamente (51%); em seguida, com apenas uma mão (27%) e segurar com uma mão e tocar na tela com a outra (22%), o que diverge da pesquisa de Hoober (2013) e altera completamente a ordem das três formas de manuseio. Porém, vale salientar que estamos lidando com autorrelato e situações de uso privado, enquanto o estudo de Hoober foi uma pesquisa observacional em locais públicos e em regiões geográficas distintas, além da diferença temporal, que proporcionou uma rápida evolução tecnológica, alterando aspectos físicos dos dispositivos, com novos tipos de atividades e funções. No entanto, foi identificada a existência de uma associação significativa entre a faixa etária e o tipo de manuseio, sendo que aqueles que possuem idade menor que 50 anos utilizam “com as duas mãos” simultaneamente ou apenas “com uma mão”, enquanto os que possuem 50 anos ou mais apresentaram um resultado maior que o esperado para “segurar com uma mão e tocar a tela com a outra”.

Nesse sentido, percebemos que essas preferências de uso também podem ter impacto no corpo, sendo a população mais jovem aquela com maior possibilidade de consequências negativas, uma vez que, ao utilizar apenas uma das mãos ou as duas simultaneamente para tocar a tela, resulta em um uso excessivo do polegar, não possibilitando a alternativa de revezamento com outros dedos, principalmente no manuseio com uma mão, o que pode causar a Síndrome do Túnel do Carpo, devido à flexão prolongada no punho e uso excessivo do polegar (İNAL *et al.*, 2015). Além disso, a digitação de textos com as duas mãos (bilateral) pode ocasionar uma maior flexão no pescoço, e o uso com uma mão (unilateral) pode causar uma postura assimétrica da cervical. Assim, as duas formas afetam a exposição biomecânica em diferentes extensões (XIE *et al.*, 2018), sendo indicado posturas que mantenham a cabeça erguida,

pausas frequentes e, quando possível, um maior uso de recurso ditado (digitação por voz) (UCLA HEALTH, 2021).

O polegar foi o dedo mais selecionado pelos respondentes para interação com a tela, seguido do dedo indicador, o que se alinha com os tipos de manuseio mais adotados indicado pelos mesmos, os quais favorecem o uso do polegar, corroborando o estudo de Pereira *et al.* (2019), que obtiveram resultados semelhantes para os dedos mais utilizados na interação com smartphone. Tal resultado confirma a preocupação de Hoober (2017a), segundo a qual devemos ter uma maior atenção, principalmente, para os polegares e as zonas de alcance destes (zonas dos polegares). Desse modo, faz-se necessária uma verificação do que pode ser solucionado quanto a essa questão, pois o polegar e as partes associadas a ele são uma das partes do corpo mais afetadas pelos movimentos repetitivos e extremos durante o uso do smartphone (PEREIRA *et al.*, 2019; XIE *et al.*, 2016).

Nesse contexto, retomando a relação de percepção de desconforto ao utilizar o smartphone, 39% indicaram que sentem algum desconforto, isto é, mais de 1/3 dos respondentes. Esse número pode ser considerado expressivo em se tratando de uma questão negativa da interação com um produto, sinalizando que existem problemas ergonômicos a serem solucionados, principalmente na região do pescoço, costas e membros superiores (ombros, antebraços, punhos, mãos e polegares), o que reforça os achados de revisões sistemáticas, que indicam essas mesmas áreas como as de maiores queixas de desconforto (EITIVIPART; VIRIYAROJANAKUL; REDHEAD, 2018; VITORINO; CORREIA; MARÇAL, 2021; XIE; SZETO; DAI, 2017).

4.1.4 Considerações finais do Estudo 1

Diante dos resultados obtidos, foi possível registrar aspectos importantes com relação ao perfil da população estudada e ao uso do smartphone, tais como: predileções de marcas e tamanhos de telas, hábitos de uso, tipos de aplicativos preferidos e frequência de utilização, formas de manuseio e dedos mais utilizados na interação gestual, bem como um número expressivo de respondentes que indicaram sentir desconforto durante o uso do smartphone, principalmente, no pescoço, nas costas e em diferentes partes dos membros superiores, o que indica a existência de inadequação ergonômica nesse tipo de interação, conforme outros estudos mencionados na discussão dos resultados.

Constatamos que as pessoas que passam mais tempo fazendo uso desse dispositivo, as que possuem alguma dificuldade nos membros superiores e as do sexo feminino indicaram maior frequência da percepção de desconforto no uso, sendo, pois, mais sensíveis aos problemas ergonômicos da interface gestual. Por outro lado, a população mais jovem dos respondentes, mesmo dedicando mais tempo de uso diário e com alta frequência de utilização de Apps de mensagens instantâneas e redes sociais (WhatsApp e Instagram) não indicou, de forma expressiva, a percepção de desconforto durante o uso do dispositivo. Desse modo, recomendamos estudos futuros que verifiquem se a redução da percepção de desconforto, no uso do smartphone, está ligada ao envolvimento com uma aplicação que cativa os usuários, motivando-os a utilizá-la por mais tempo, mesmo com inadequações ergonômicas.

Portanto, os achados desta pesquisa podem servir como ponto de partida para estudos experimentais, que verifiquem as questões que foram levantadas, contrapondo aspectos da percepção do usuário e as respostas físicas do corpo, por meio de autorrelato e coleta de dados fisiológicos. Tais estudos podem ser utilizados no aprimoramento dessas interfaces através da comparação dos resultados antes e após a intervenção ergonômica até a obtenção de resultados satisfatórios, eliminando ou reduzindo os efeitos negativos.

É importante salientar que já existem algumas diretrizes e indicações para o uso do smartphone (KROEMER; KROEMER, 2016; UCLA HEALTH, 2021), mas que dependem de conscientização e treinamento dos usuários, o que não garante a adesão de posturas e manejos adequados, bem como as pausas necessárias. Portanto, a ergonomia de conscientização pode ser um dos caminhos, mas o projeto da interface também deve cooperar com a solução desses problemas.

Por fim, entendemos que este estudo possui limitações, por não ser um representativo da população brasileira, pois utiliza uma técnica de amostragem por conveniência. Assim, os resultados não podem ser generalizados. Porém, sendo comparados a outros estudos, com objetivos semelhantes, pode-se contribuir com informações importantes sobre a interação dos brasileiros com o smartphone e a necessidade de mais estudos com foco na ergonomia física. Além disso, por se tratar de um questionário online autoaplicável, compreendemos que existe a fragilidade de se obter resultados

totalmente confiáveis, em razão da subjetividade de cada indivíduo, do contexto e da motivação particular.

Portanto, essas informações foram importantes para os ajustes do método de avaliação ergonômica e para o desenvolvimento dos Estudos 2 e 3, servindo como critério para a seleção do aplicativo a ser avaliado, da marca, do modelo e da dimensão do smartphone para o experimento, assim como das partes do corpo a serem analisadas e da possibilidade de comparar o relato do questionário com relação às formas de manuseio e aos dedos mais utilizados na observação de uma tarefa real.

O próximo tópico apresenta o Estudo 2, de caráter experimental, a fim de apresentar e verificar o método de avaliação proposto e identificar problemas de inconformidade ergonômica na interface avaliada.

4.2 ESTUDO 2 – AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA INTERFACE GESTUAL DE APP

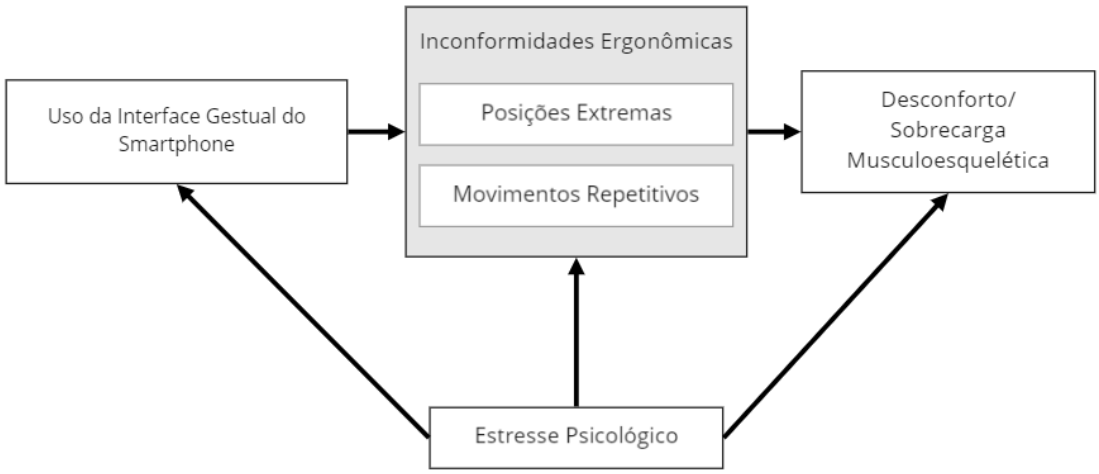
O objetivo deste experimento foi simular a tarefa realizada no aplicativo da rede social Instagram, mais precisamente, na página de Feed, isolando as variáveis de interesse para avaliação ergonômica da interação gestual, a fim de verificar a existência de desconforto e sobrecarga musculoesquelética nos voluntários do experimento, ocasionados seja pelo posicionamento dos elementos de interação e/ou pelas ações gestuais repetitivas, podendo causar posições extremas das articulações, contrações estáticas e movimentos repetitivos. O aplicativo avaliado foi selecionado com base na pesquisa com usuários de smartphone no Estudo 1.

Assim, a partir do referencial teórico, por meio do qual foi revisado o conteúdo das disciplinas base que compõem este estudo e realizada a revisão sistemática da literatura (RSL), em que se buscaram estudos mais atualizados sobre questões ergonômicas ligadas ao uso do smartphone e as implicações musculoesqueléticas, foi possível compreender as variáveis que podem ser isoladas, aferidas e manipuladas durante o processo de avaliação ergonômica da interface gestual dos aplicativos para smartphones.

Em vista disso, foi construído um esquema estruturador com base em Namwongsa *et al.* (2018b) e nas recomendações ergonômicas de Nielsen (2003) para interfaces gestuais. Assim, o esquema propõe que o uso de interfaces gestuais de aplicativos para smartphones com elementos interativos que exigem posições extremas dos dedos,

em especial os polegares, e movimentos gestuais repetitivos sem flexibilidade de uso ou recursos auxiliares, pode causar desconforto e sobrecargas musculoesqueléticas. Tal percepção do desconforto podendo ser, ainda, intensificada de acordo com a condição psicológica do usuário durante o uso (Figura 61). Além disso, vale salientar que, conforme o Estudo 1 desta pesquisa, algumas características como o sexo, pré-existências de lesões ou doenças musculoesqueléticas e uma maior duração de uso diário do smartphone podem intensificar também a percepção de dor ou desconforto durante o uso. Portanto, esses aspectos também serão levados em consideração durante a análise dos dados.

Figura 61 – Esquema estruturador do uso da interface gestual com inconformidades ergonômicas.



Fonte: Baseado em Namwongsa *et al.* (2018b) e Nielsen (2003).

Deste modo, os estudos experimentais a seguir pretendem adotar as seguintes diretrizes:

- Mensurar variáveis objetivas: média de tempo de uso diário, movimentos e ângulos articulares durante o uso, imagens térmicas das regiões de interesse, antes e após o uso, e antropometria das mãos.
- Mensurar variáveis subjetivas: local e nível de desconforto físico e nível de estresse psicológico, antes e após o uso, e esforço percebido após o uso.
- Comparar os resultados das interfaces gestuais avaliadas.
- Separar os resultados dos experimentos por sexo feminino e masculino para verificar se há influência de tais variáveis.

A seguir, serão apresentados os materiais e métodos que foram utilizados na coleta de dados dos estudos experimentais desta pesquisa.

4.2.1 Materiais e métodos

Os materiais e métodos foram selecionados para aplicação nas fases experimentais desta pesquisa, executadas nos Estudos 2 e 3, cujo intuito é propor uma avaliação exequível e de baixo custo para os responsáveis pela avaliação e desenvolvimento de Apps para smartphones.

Assim, optamos pela seleção de técnicas e ferramentas viáveis, ponderando os recursos temporais, financeiros e humanos, e também as habilidades e a experiência do pesquisador, de modo que seja viabilizada a execução dos experimentos. Portanto, apesar de existirem diversas técnicas e ferramentas consideradas mais precisas, confiáveis e/ou padrão-ouro em pesquisas da saúde e ergonomia, o que norteou as escolhas desta pesquisa foi viabilizar esse método para que seja prático e ágil durante o processo de avaliação e desenvolvimento de Apps para dispositivos smartphones, além de este ser facilmente replicável. No entanto, nada impede que, em outros estudos ou avaliações, dependendo dos fatores destacados anteriormente (tempo, recursos, habilidades etc.), outras técnicas e ferramentas possam ser utilizadas no processo, desde que favoreçam a avaliação das variáveis de interesse do método proposto nesta pesquisa.

4.2.1.1 Proposta de método de avaliação

O método de avaliação ergonômica da interface gestual para smartphone proposto neste estudo tem como objetivo auxiliar no processo de design ergonômico na etapa de avaliação de aplicativos móveis, existentes ou protótipos.

Como verificado na RSL, não existe um método de avaliação da ergonomia física específico e sistemático para a interface gestual dos smartphones. Normalmente, os pesquisadores selecionam técnicas e ferramentas para avaliar algumas peculiaridades, porém, sem foco na relação dos aspectos de interação com interface digital e as suas implicações ao corpo. Assim, para o desenvolvimento do método de avaliação proposto, utilizamos como base a etapa de Diagnose Ergonômica presente na Intervenção Ergonomizadora de Moraes e Mont'Alvão (2000), também semelhante à

Análise Ergonômica do Trabalho (AET) (IIDA; BUARQUE, 2016), e que atende diferentes objetos de estudo da ergonomia, a qual é subdivida em:

1. Análise da Tarefa – etapa em que é necessária a caracterização do objetivo da tarefa, os requisitos para realização e a presença humana na tarefa.
2. Detalhamento das Atividades da Tarefa – com o conhecimento e a sequenciação das tarefas, é feita a construção do fluxograma das atividades da tarefa, a tabela de assunção postural e a modelagem informacional da tarefa, onde ocorre o registro comportamental de todas as interações realizadas e que podem ser conferidos através de registros de frequência, sequência e duração do evento observado.
3. Diagnóstico Ergonômico – última fase do processo, em que é realizada a análise das informações obtidas e são desenvolvidas recomendações para a solução dos problemas encontrados.

No entanto, foram propostos alguns ajustes para facilitar a avaliação da interface estudada. Assim, a avaliação possui as seguintes etapas básicas:

1. Definição da tarefa do aplicativo (App);
2. Mapeamento das atividades da tarefa;
3. Registro e aferição das variáveis de interesse: posturas corporais, movimentos das mãos e dedos, nível de desconforto e esforço físico, sobrecarga musculoesquelética, nível de estresse psicológico e antropometria das mãos;
4. Diagnóstico e Proposições Ergonômicas.

Após a avaliação, dá-se continuidade ao processo de design ergonômico (PASCHOARELLI; DA SILVA, 2006), com o desenvolvimento da solução, adequando-a às necessidades e às limitações dos usuários. Em seguida, é realizado o teste do protótipo desta solução, utilizando-se novamente o método de avaliação para verificar as mesmas variáveis, e, por fim, comparar os resultados das interfaces. Assim, esse processo deve ser realizado quantas vezes for necessário até o cumprimento dos objetivos de melhoramento da qualidade da interação, reduzindo os prejuízos ao corpo das pessoas.

A seguir, as etapas de avaliação serão detalhadas e ilustradas com o aplicativo que foi avaliado no Estudo 2 e redesenhado no Estudo 3.

4.2.1.1.1 Definição da tarefa do App

Para a etapa de definição da interface e da tarefa que será avaliada, que pode ocorrer após a fase de desenvolvimento de um novo aplicativo (ergonomia de concepção) ou de correção de uma interface com problemas ergonômicos (ergonomia de correção), são definidos o objetivo da tarefa, os requisitos para sua realização e a inserção humana na tarefa.

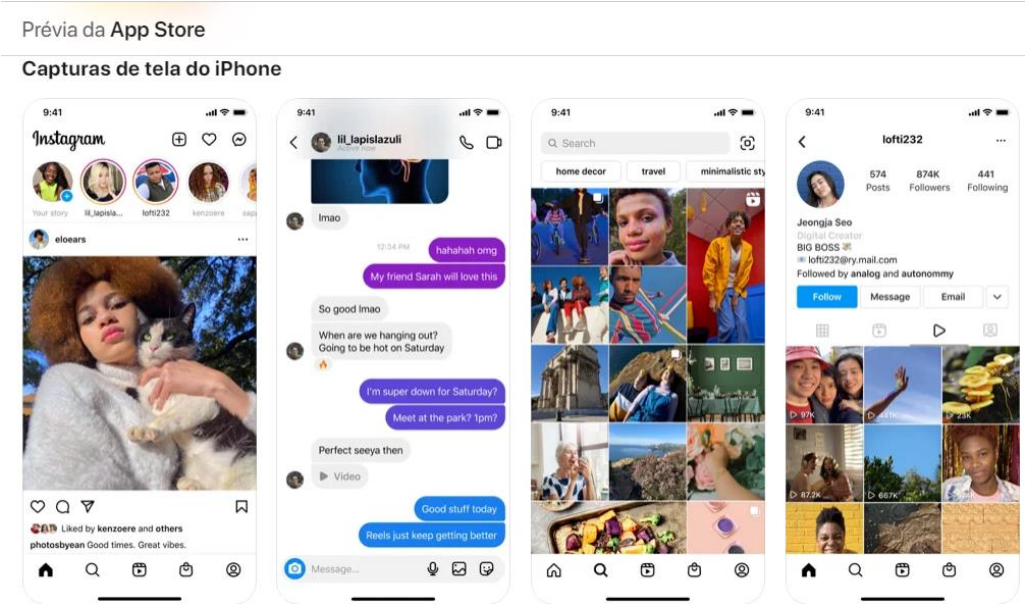
É importante considerar algumas variáveis na seleção da interface e da tarefa a ser avaliada, como a duração e a frequência de utilização diária do dispositivo, pois são fatores determinantes no impacto que esta terá sobre o corpo dos usuários. Nesse sentido, caso seja uma tarefa de curta duração e com pouca frequência de uso, a avaliação da ergonomia física pode tão não ser necessária.

Para ilustrar e validar esta e as demais etapas do método de avaliação, analisaremos a interface do aplicativo para smartphone do Instagram (Figura 62). Para isso, foi selecionado o Feed do Instagram, que é a página inicial (*Home*) do aplicativo, assim como outros Apps da mesma categoria, como Facebook e Twitter, que possuem estrutura semelhante em termos de propósitos, recursos e elementos de interação.

Conforme constatado no Estudo 1 desta pesquisa, e na pesquisa da App Annie (2021b), o Instagram é o App de rede social mais utilizado e com alta frequência de uso diário pelos brasileiros. Por isso, foi selecionado para dar continuidade à avaliação, cumprindo o requisito de duração e frequência diárias. No entanto, caso não existam tais dados sobre o aplicativo que será avaliado, é necessária a realização de estudos observacionais de uso da interface ou pesquisa com usuários para verificar essas questões.

Assim, a definição da tarefa para o experimento foi: navegar no Feed do Instagram em postura sentada e confortável, com apoio para os cotovelos, não podendo estar com lesão pré-existente. Além disso, o voluntário deve estar com baixo nível de estresse psicológico. Desde modo, é possível uniformizar o experimento para evitar variações e complexidade na interpretação dos dados.

Figura 62 – Captura de telas do App do Instagram.



Fonte: Apple (2022).

4.2.1.1.2 Mapeamento das atividades da tarefa

Após a definição da tarefa, são registradas as atividades e ações humanas da tarefa que serão avaliadas e o tempo necessário para a experimentação com cada usuário. Nesse momento, também podem ser desenhados fluxogramas das atividades, mapeamentos dos elementos interativos e dos gestos de interação empregados e repertório gestual de cada tipo de interação contido na tarefa avaliada, registrando cada atuação e se existem variações para executar a mesma ação. Para esse experimento, foram conferidos previamente se estão nas zonas dos polegares de Hoober (2017a), assim será possível verificar, após os experimentos, se esse tipo de recurso é suficiente para determinar a localização dos elementos de interação.

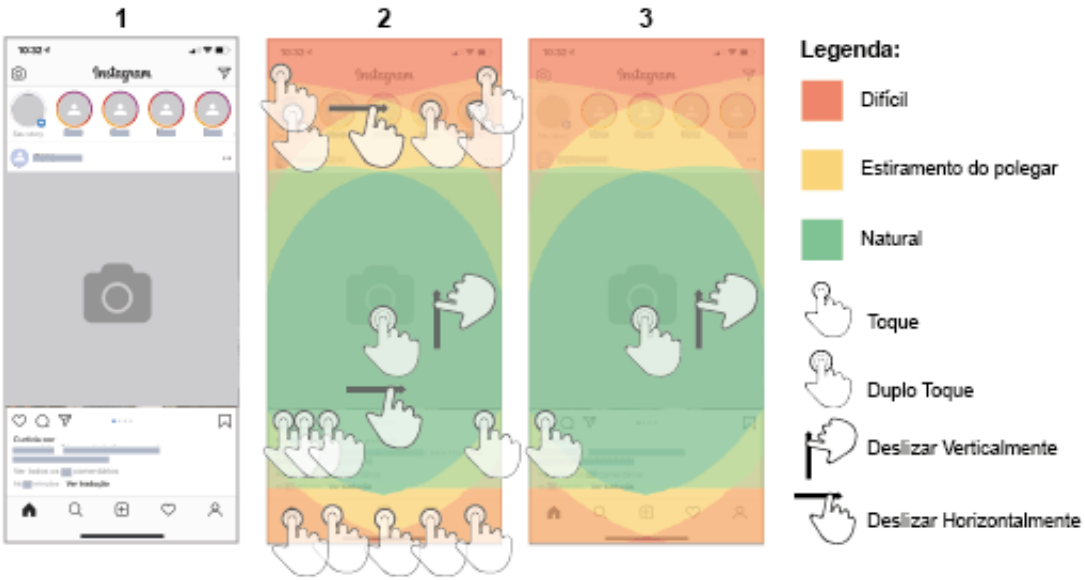
Com relação ao App avaliado, ao verificar as atividades relacionadas à página do Feed do Instagram, foi identificado que ela possui o recurso de rolagem de tela, conhecido como "*Infinity Scroll*", onde o conteúdo da tela (postagens com imagens/vídeos e legenda) desliza verticalmente sem finalizar a página, trazendo sempre mais postagens para o usuário, dando a impressão de que nunca acabam. Para isso, a interface do Feed utiliza apenas o gesto de interação deslizar (*Drag*), sendo o único recurso responsável por explorar os conteúdos da tela verticalmente, não existindo alternativa para variar essa ação, que possui alta frequência de execução.

Também é possível verificar os perfis que publicaram algum conteúdo nos Stories[18] através do gesto de deslizar horizontalmente (*Swipe*) sobre os elementos localizados na área superior da tela.

Além disso, outros gestos do repertório de interações do Feed são um toque (*Tap*) para acionar elementos interativos como curtir, comentar e compartilhar conteúdo, salvar conteúdo, *Chat* e os cinco botões de navegação inferior que direcionam para outras páginas do App, além do duplo toque (*Double Tap*) na imagem ou vídeo, que serve para para curtir o conteúdo, sendo essa uma alternativa que flexibiliza a ação de curtir, dando duas possibilidades ao usuário para fazer a mesma ação.

A Figura 63 representa a tela do Feed do Instagram uniformizada (1), o mapeamento das zonas dos polegares de Hoober (2017a), modificado, com espelhamento direita e esquerda, com níveis de alcance em vermelho, amarelo e verde, e todos os possíveis gestos de interação (2) e os gestos com maiores chances de uso na interação com o Feed (3), que serão avaliados no experimento com relação a alcance e repetitividade. Saliente-se que os demais elementos interativos direcionam para outras páginas ou não têm características de uso contínuo.

Figura 63 – Mapeamento do alcance e gestos de interação do Instagram.

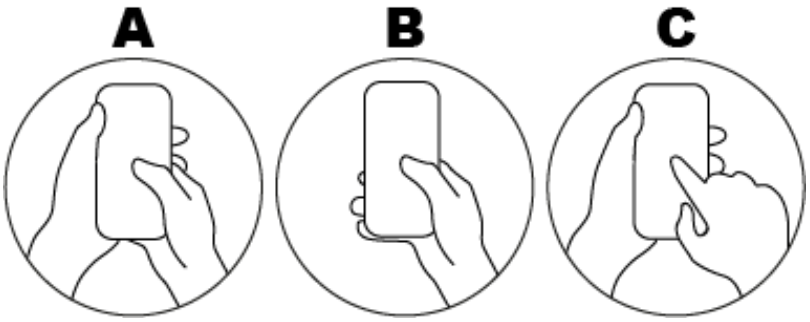


Fonte: O autor.

[18] Stories = recurso para compartilhar momentos e experiências por tempo limitado (INSTAGRAM, 2022).

Durante a atividade, é previsto que o usuário possa adotar uma das seguintes formas de manuseio (A, B ou C) como sendo a principal, conforme Figura 64. Além disso, é possível que haja uma alternância entre uma ou outra forma, ou mesmo as três possibilidades, e entre a mão dominante e a não dominante durante o uso com uma única mão. Entretanto, para padronizar o experimento, o voluntário deverá escolher previamente a maneira que irá utilizar a interface, utilizando como critério a forma predominante de uso em seu cotidiano, não podendo realizar mudanças de manuseio durante o experimento.

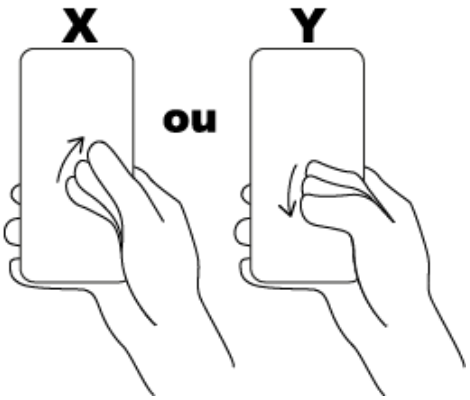
Figura 64 – Tipos de manuseio para interação com o Feed.



Fonte: Baseado em Clark (2015) e Hoober (2017a).

Ao longo da interação, o voluntário poderá explorar os conteúdos do Feed através da rolagem verticalmente para cima (X), ou, caso deseje retornar a alguma postagem anterior, é possível que utilize do gesto de rolar verticalmente para baixo (Y). A Figura 65 exemplifica esses movimentos.

Figura 65 – Rolagem vertical para cima (X) ou para baixo (Y).

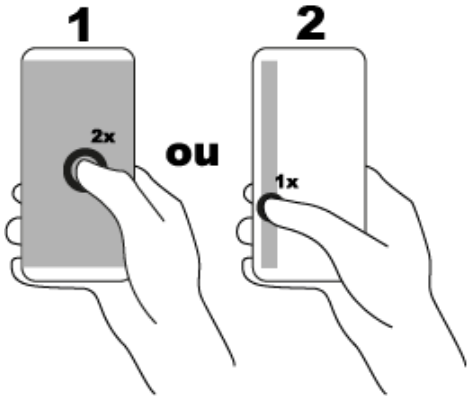


Fonte: O autor.

Além disso, a função de curtir conteúdo pode ser efetuada de duas maneiras, ou com um duplo toque em qualquer lugar da imagem/vídeo (1), que, dependendo do seu

posicionamento na rolagem ou dimensão do conteúdo, pode ocupar a área em “cinza”, ou tocando uma vez no ícone do coração (2), localizado no canto esquerdo inferior da imagem, podendo estar em diferentes alcances, de acordo com a rolagem do conteúdo na tela indicada em “cinza”, conforme a Figura 66.

Figura 66 – Rolagem vertical do Feed do Instagram.



Fonte: O autor.

Tendo em vista essas possibilidades, para facilitar o processo de avaliação e padronizar o experimento, foi desenvolvido um protótipo para isolar as variáveis da interface, ou seja, o gesto de rolagem do Feed e os gestos para curtir os conteúdos (imagens). Deste modo, todos os participantes terão o mesmo foco de utilização, evitando desvios de atenção caso estivessem utilizando suas próprias redes sociais, o que fugiria do controle do experimento. Além disso, o protótipo uniformiza a avaliação, tendo em vista que para o Estudo 3 será desenvolvido um protótipo para o redesign. Portanto, o nível de fidelidade entre as interfaces comparadas será o mesmo. Por fim, também foi decidido pela padronização do tempo, de modo que seja suficiente para verificar alterações fisiológicas, emocionais e percepção do desconforto e que a duração seja igual para todos os participantes.

Assim, as atividades da tarefa que serão verificadas são: explorar Feed do Instagram por cinco minutos, ler as legendas dos conteúdos e curtir as postagens que contenham essa indicação na legenda. Caso o voluntário sinta alguma dor ou desconforto e queira parar o experimento, ele poderá encerrar sua participação antes do tempo determinado.

É importante destacar que, a duração foi determinada de acordo com o estudo piloto, sendo a forma encontrada para viabilizar os testes devido ao número de interfaces

avaliadas (n=3) e os vários procedimentos de coleta ao longo do experimento, o que demanda tempo considerável dos voluntários e rejeição para participação.

4.2.1.1.3 Registro e aferição das variáveis de interesse

Nessa etapa, ocorre o registro das atividades e das variáveis de interesse, que são: movimentos articulares (postura e repetitividade), relato dos usuários (região e nível de desconforto físico, nível de estresse e esforço percebido) e sobrecargas musculoesqueléticas relacionadas ao uso (imagens térmicas da parte superior do corpo). Assim, durante a realização do experimento com usuários reais são realizados os registros dos movimentos e posturas, da temperatura das regiões de interesse, do esforço percebido após o uso, da percepção de desconforto e do nível de estresse pré e pós-teste de cada participante e das dimensões dos segmentos das mãos.

E, como dito anteriormente, as técnicas para esses procedimentos dependem dos recursos materiais, financeiros, de conhecimento e de tempo dos avaliadores. No entanto, propomos o uso de técnicas que julgamos adequadas para realização da avaliação com praticidade, segurança e custo financeiro acessível, que serão detalhadas no tópico “4.2.1.2 Materiais e Instrumentos” (p. 158).

4.2.1.1.4 Diagnóstico Ergonômico e Proposições Ergonômicas

Para avaliação dos movimentos, os registros obtidos na filmagem contínua são analisados e conferidos de acordo com as indicações ergonômicas utilizando faixas seguras para amplitude dos movimentos e frequência de repetições abaixo dos 50% do tempo do ciclo (YOU; KWON, 2005). Dependendo da ferramenta utilizada, esses dados são processados através de software específico para verificar ângulos e frequência dos movimentos, e os resultados dos participantes podem ser comparados por meio do método estatístico, a fim de se verificarem similaridades, disparidades e qual solução é mais adequada.

Após a avaliação da postura e do movimento, é possível verificar a(s) região(ões) mais comprometida(s) durante a realização da tarefa, observando o nível de exposição tanto com relação a amplitude do(s) movimento(s) como na repetitividade, indicando quais áreas devem ser conferidas. Para se verificar a percepção do desconforto físico são avaliadas as queixas dos voluntários e as indicações de regiões que foram afetadas na interação com o produto, através dos relatos desses participantes.

Em seguida, auxiliado pela avaliação da postura e movimento e também pelos relatos das pessoas, as regiões do corpo indicadas são conferidas através de técnica de avaliação fisiológica objetiva, verificando-se a existência de sobrecargas musculoesqueléticas e outras alterações fisiológicas.

Ao final, é desenvolvido um diagnóstico ergonômico contendo todos os problemas identificados na interface e são sugeridas proposições ergonômicas para a solução e adequação da interface gestual.

4.2.1.2 Materiais e Instrumentos

Para este estudo, foram utilizados os seguintes materiais e instrumentos, conforme a Tabela 18, com suas respectivas funções.

Tabela 18 – Materiais e instrumentos para a coleta.

Materiais/Instrumentos	**Função**
Orientações ao Participante	Orientações para os dias anteriores à coleta.
Questionário Nórdico	Verificação de Distúrbio(s) Musculoesquelético(s).
TCLE	Declaração de participação voluntária.
TAUID	Autorização de uso de imagem e depoimento.
Thermos Protocol	Protocolo auxiliar na coleta de dados da termografia.
Formulário de Desconforto	Avaliação do desconforto geral pré e pós-uso.
Mapa de Desconforto das Mãos	Avaliação do desconforto das mãos pré e pós-uso.
Escala CR10 de Borg Modificada	Avaliação do esforço percebido pós-uso.
Antropometria das Mãos	Coleta de dados antropométricos das mãos.
Prancheta em acrílico	Suporte para anotações.
Câmera Flir C5	Registro das imagens térmicas.
Termo-higrômetro Digital Incoterm	Monitoração da temperatura e umidade do ar.
Câmera Eken H9R	Registro de mãos e tela do smartphone.
Suporte Articulável p/ Câmera	Suporte para câmera Eken H9R.
Smartphone Motorola One Vision	Registro de vista lateral do participante.
Tripé Weiffeng WT-3730	Suporte para filmagem com smartphone.
Tripé Weiffeng WT-3540	Suporte para fotografias com Flir C5.
Rolo de EVA Preto	Fundo para registro térmico dos membros superiores.
Placas de Isopor	Estruturação de fundo de EVA.
Cadeira Uni All Black da Flexform	Acomodação de participantes durante o uso do smartphone.
Iphone XR 6.1”	Modelo de smartphone padrão para o experimento.

Fonte: O autor.

A seguir, serão apresentados de forma mais detalhada os materiais e instrumentos e como serão utilizados ao longo do experimento.

4.2.1.2.1 Termografia Digital por Infravermelho

Para os registros térmicos dos usuários, foi utilizada a câmera Flir C5 (Figura 67), que possui resolução real integrada de 160 x 120 pixels (19.200 px), tecnologia MSX® (*Multi-Spectral Dynamic Imaging*), que acrescenta detalhes nas imagens, sensores

que permitem medir faixas de temperatura, variando de -20°C a 400°C, com precisão em temperatura ambiente de 15 a 35°C e temperatura do objeto acima de 0 a 100°C, de ± 3°C, conforme especificações do fabricante (FLIR, 2021).

Figura 67 – Câmera Termografic Flir C5.

Fonte: Flir (2021).

Para o monitoramento de temperatura e umidade da sala, foi utilizado um termo-higrômetro digital da marca Incoterm (Figura 68), com precisão de ± 1°C de 0º a 50ºC e capacidade de medir a faixa de umidade de 15% a 95% UR (INCOTERM, 2021). Já para verificar a velocidade do ar, foi utilizado um anemômetro da marca Benetch, modelo GM816 (Figura 69), com faixa de medição de 0 a 30m/s com resolução de 0,1 e precisão de ± 5% (BENETECH, 2022).

Figura 68 – Termo-higrômetro Incoterm.

Fonte: Incoterm (2021).

Figura 69 – Anemometro Digital GM816.

Fonte: Benetch (2022).

Para a realização dos testes foram seguidas algumas recomendações sugeridas por Brioschi *et al.* (2012) e Forcelini e Merino (2019). São elas:

Para o ambiente:

- A temperatura do local deve ser mantida constante. Para este estudo foi definida em 22°C, e a variação de temperatura não deve ser maior do que ± 0,5.
- O ar-condicionado deve possuir a capacidade térmica adequada para as dimensões do local.
- Recomendado de 2 a 3 pessoas (no máximo) no ambiente e evitar presença repentina de pessoas para evitar o aumento de temperatura do ambiente.
- Umidade do ar abaixo de 60%, de preferência em torno de 45%.
- Velocidade do ar menor que 0,2 m/s.
- De preferência não deve haver janelas no local.
- Utilizar lâmpadas de luz fria (fluorescentes ou LED).

Para a câmera:

- A câmera deverá estar estabilizada por 10 minutos antes da realização dos registros termográficos.
- O aparelho deve ter um certificado de calibração pelo *Nationl Institute of Standards and Technology* (NIST, EUA) ou equivalente, renovado a cada dois anos.
- A câmera deverá estar posicionada a uma distância de um metro e ajustada a linha mediana da região de interesse a ser avaliada.

Para o participante:

- O indivíduo deve evitar banhos ou duchas quentes, agentes tópicos, cremes, talcos, exercícios físicos ou fisioterapia até 2 horas antes do experimento.
- De preferência estar em jejum até 3 horas antes e não ter ingerido estimulantes, substâncias com cafeína ou descongestionantes.
- A parte do corpo do paciente que será registrada deverá estar despida.

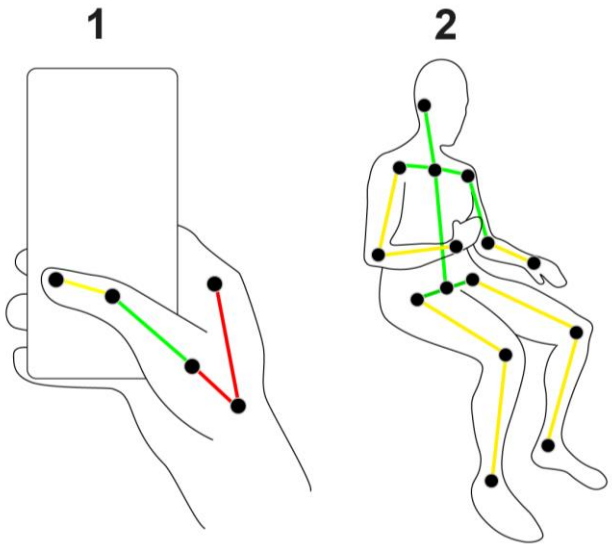
- O voluntário deverá esperar de 10 a 15 minutos para estabilizar a temperatura do corpo.
- O participante poderá permanecer em posição ortostática ou sentado, dependendo da área avaliada.

Para conferir essas questões e controlar essas variáveis, foram utilizados os formulários da *Thermos Protocol*, de Forcelini e Merino (2019), para o registro da coleta de dados do contexto e do usuário. Esses formulários auxiliam nas fases de pré-coleta (preparação antes da coleta), coleta (com registro de dados durante o experimento) e pós-coleta (com a organização dos dados levantados no experimento).

4.2.1.2.2 Análise de postura e movimentos

Para o registro das posturas e dos movimentos corporais nos Estudos 2 e 3, será utilizada a técnica de filmagem contínua durante a execução dos experimentos. Para isso, foi utilizada uma câmera Eken H9R com resolução 4K a 30fps (frames por segundo) para filmar a região que contempla os punhos, mãos, dedos e, também, a tela do smartphone em uso (1). Já para filmar as posturas corporais adotadas pelos voluntários, contemplando a região do tronco, pescoço e membros superiores (2) foi utilizada a Câmera do smartphone Motorola One Vision, com resolução 4K a 30fps. A Figura 70 ilustra as duas posições que foram filmadas e avaliadas através do rastreamento por visão computacional. As cores verde, amarelo e vermelho representam as faixas de exposição baixa, moderada e elevada, respectivamente.

Figura 70 – Posições registradas através de filmagem contínua e segmentos do corpo capturados.



Fonte: O autor.

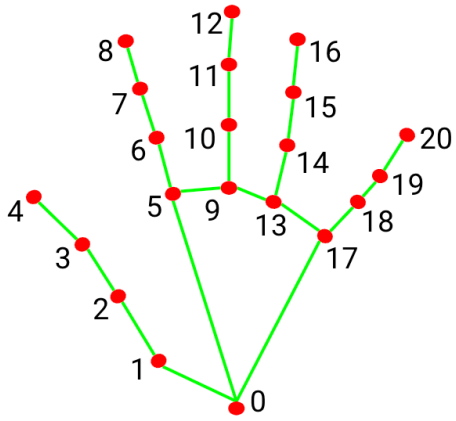
Para o processamento e análise dos vídeos foi utilizado o Kinebot (Figura 71), que é um sistema que avalia os arquivos de vídeo utilizando inteligência artificial e visão computacional. Analisaram-se os movimentos humanos, os ângulos, as posturas e o tempo de execução, conferindo situações de risco durante a execução das atividades da tarefa por meio de parâmetros pré-determinados (RULA, REBA ou personalizado). Para isso, o software mapeia os movimentos do corpo humano 30 vezes por segundo e entrega relatórios completos, seja do uso de uma ferramenta ou do posto de trabalho, indicando o grau de risco de forma otimizada e de acordo com as normas ergonômicas (KINEBOT, 2022).

Figura 71 – Demonstração de análise do Kinebot.

Fonte: Kinebot (2022).

No entanto, o software não possui o recurso para avaliar especificamente as mãos e os dedos. Para isso, foi necessário desenvolver uma ferramenta específica através de programação utilizando a linguagem Python e o framework MediaPipe Hands, desenvolvido pela Google (2020), com precisão que pode estar entre 86,22 até 95,7% para região da mão (VELURI *et al.*, 2022), para, assim, processar os vídeos das filmagens das mãos e dedos, com a possibilidade rastear 21 pontos de cada mão (Figura 72), contemplando todas as articulações. Com isso, foi possível calcular e registrar os ângulos e extrair uma planilha com os dados para posterior processamento, semelhantemente ao resultado proporcionado pelo Kinebot para as demais regiões do corpo.

Figura 72 – MediaPipe Hands com 21 pontos de referência 3D de uma mão.



0. WRIST
1. THUMB_CMC
2. THUMB_MCP
3. THUMB_IP
4. THUMB_TIP
5. INDEX_FINGER_MCP
6. INDEX_FINGER_PIP
7. INDEX_FINGER_DIP
8. INDEX_FINGER_TIP
9. MIDDLE_FINGER_MCP
10. MIDDLE_FINGER_PIP
11. MIDDLE_FINGER_DIP
12. MIDDLE_FINGER_TIP
13. RING_FINGER_MCP
14. RING_FINGER_PIP
15. RING_FINGER_DIP
16. RING_FINGER_TIP
17. PINKY_MCP
18. PINKY_PIP
19. PINKY_DIP
20. PINKY_TIP

Fonte: Google (2020).

Nesse sentido, as filmagens puderam ser realizadas durante o experimento sem necessidade de marcadores reflexivos ou sensores, não influenciando, portanto, na captura das imagens térmicas utilizadas para análise da sobrecarga musculoesquelética. Além disso, excluiu-se a necessidade de fixação de adesivos ou dispositivos vestíveis que pudessem interferir na temperatura da pele e/ou cobrindo alguma região de interesse, tornando o experimento mais natural e sem influência de acessórios.

4.2.1.2.3 Percepção de desconforto

Para verificar as regiões que sofrem algum tipo de desconforto perceptível pelo voluntário, foi aplicado um formulário com escala de desconforto antes e após o uso da interface, servindo como base para a análise das imagens térmicas, na qual foi feita uma comparação entre o relato subjetivo e as medições objetivas da termografia. Esse formulário solicitou algumas informações pessoais como nome, altura, peso e braço dominante, e apresentou o desenho de uma figura humana de frente e de costas, no qual o participante foi orientado a indicar, através de marcação, qual(is) região(ões) ele sentia algum tipo de desconforto. Além disso, o voluntário também deveria indicar qual o nível de intensidade da sensação em cada região afetada, em uma escala de 0 a 10. Esse material pode ser verificado no Apêndice G – Escala de Desconforto Corporal (p. 287).

Em situação em que o voluntário indicou a região da(s) mão(s) como uma área de desconforto, foi aplicado outro formulário para verificar mais especificamente essa região. Assim, no formulário de Mapa de Desconforto das Mãos é requisitado que o voluntário identifique as regiões de desconforto das mãos, caso exista, e indique o

nível, em uma escala de 0 a 10, conforme Anexo D – Mapa de Desconforto das Mãos (p. 303).

4.2.1.2.4 Estresse psicológico

Para avaliar o nível de estresse psicológico, antes e após a realização do teste, foi aplicado um formulário com escala de estresse de 0 a 10 (Apêndice H – Escala de Estresse Emocional, p. 289). Assim, foi possível controlar os participantes, evitando-se aqueles com alto nível de estresse psicológico no pré-uso, e, também, verificou-se a existência de associação entre o estado psicológico e a percepção de desconforto durante o uso da interface.

4.2.1.2.5 Esforço percebido

Para avaliar a percepção do esforço após o uso das interfaces, foi utilizada a escala CR10 de Borg, adaptada de Silva (2017), que possui âncoras verbais de 0 (zero) a 10 (dez), sendo zero “nenhum esforço” e 10 “muito, muito intensa (quase máximo)”, podendo ser escolhido um valor maior do que 10, caso o esforço seja ainda maior, conforme o Anexo E – Escala CR10 de Borg (p. 304).

4.2.2 Participantes

O estudo tem caráter experimental e transversal, e a participação dos sujeitos foi voluntária e individual, não havendo nenhum risco aos participantes. Tendo em vista que envolve experimentação com seres humanos, foi necessário enviar o projeto para o Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco, cujo resultado foi a aprovação para realização dos experimentos (CAAE n°: 31686520.8.0000.5208 – Anexo A – Parecer Consubstanciado do CEP, p. 300), como dito anteriormente.

4.2.2.1 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios adotados para inclusão ou exclusão foram:

- Critério de inclusão – Ser maior de 18 anos, usuário de smartphone e utilizar o App do Instagram.
- Critérios de exclusão – Ter quaisquer dificuldades de mobilidade dos membros superiores, assim como dores ou lesões de qualquer nível nos últimos 12 meses. Para essa verificação, foi utilizado o Questionário Nórdico

(Anexo C – Questionário Nórdico de Distúrbios Musculoesqueléticos, p. 302).

4.2.2.2 Amostra

Para este estudo foi utilizada uma amostra por conveniência, com total de dez pessoas, sendo cinco do sexo feminino e cinco do sexo masculino. As características gerais dos voluntários podem ser conferidas na Tabela 19. Cada sujeito realizou o experimento utilizando a interface com três orientações de uso diferentes, totalizando 30 registros de uso, conforme explicado em *4.2.4 Procedimentos* (p. 166).

Tabela 19 – Características gerais dos voluntários do Estudo 2.

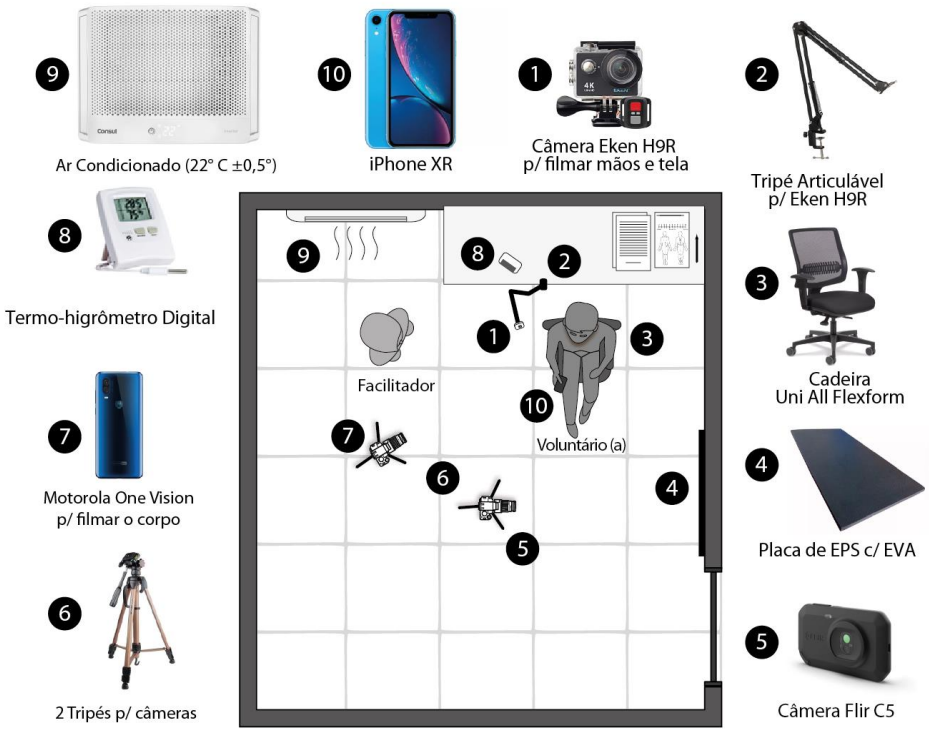
Características	N (%)	Média ±DP	Min-Max
Sexo			
Feminino	5 (50%)		
Masculino	5 (50%)		
Idade (anos)		29,70 ±9,71	24 – 37
Altura (metros)		1,75 ±0,54	1,61 – 1,95
Peso (quilogramas)		80,47 ±29,55	120 - 62
IMC			
Saudável	3 (30%)		
Sobrepeso	6 (60%)		
Obesidade Grau I	1 (10%)		
Dominância Lateral (mão)			
Direita	10 (100%)		
Esquerda	-		
Doença/Lesão Musculoesquelética			
Não	10 (100%)		
Sim	-		
Média Diária no Instagram (horas)		01:17 ±00:47	00:28–02:29
Feminino		01:34 ±00:43	00:28 – 02:29
Masculino		01:00 ±00:41	00:30 – 02:12

Fonte: O autor.

4.2.3 Local

A sala do experimento foi composta por ar-condicionado configurado na temperatura de 22° Celsius, com cadeira regulável para acomodar o voluntário, mesa para apoiar materiais e porta trancada com chave e aviso para evitar entrada de terceiros, contando apenas com a presença do voluntário e do pesquisador, que atuou como facilitador, no controle das câmeras e na realização dos registros térmicos com câmera termográfica antes e após o uso de cada interface (Figura 73).

Figura 73 – Sala do experimento e instrumentos utilizados.



Fonte: O autor.

4.2.4 Procedimentos

Os primeiros passos foram o recrutamento e a verificação dos critérios definidos para o experimento, o agendamento de acordo com a disponibilidade do voluntário, passando pelo Questionário Nórdico e seguindo as instruções para os dias anteriores ao experimento (Anexo B – Orientações ao Usuário, p. 301).

Em seguida, o procedimento de coleta utilizou uma abordagem individual para cada participante, e, antes do início, foi explicado o objetivo do experimento e suas etapas, depois, solicitado o preenchimento dos termos de consentimento e autorização (Apêndice E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), p. 283, e Apêndice F – Termo de Autorização de Uso de Imagem e Depoimento (TAUID), p. 286) e dos formulários pré-uso, que são: Escala de Estresse Emocional, Escala de Desconforto Corporal e Mapa de Desconforto das Mãos. Assim, foi solicitado que o voluntário lesse as instruções de cada documento e preenchesse-os devidamente. Nos casos de dúvidas, o facilitador auxiliou através de breve explicação. Além disso, foi solicitado para o voluntário indicar qual a média diária de tempo no Instagram, que deveria ser consultada no recurso presente no App localizado em: Seu Perfil > Menu ☰> Sua Atividade >

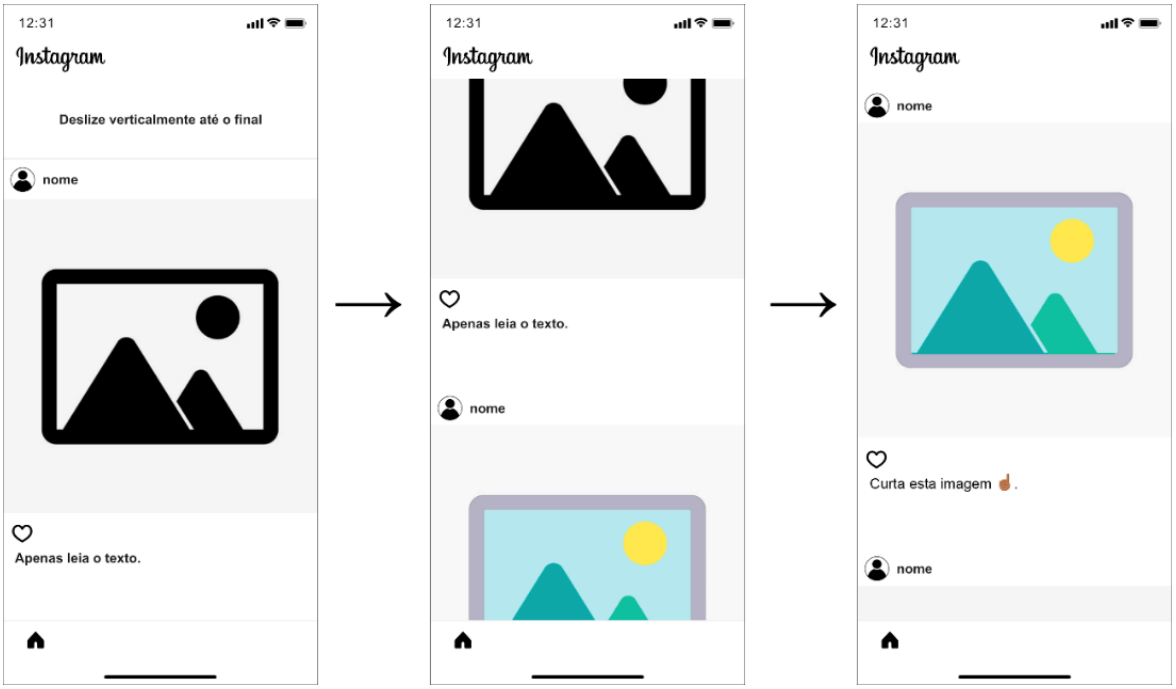
Tempo Gasto, e a forma de manuseio adotada para o tipo de interface utilizada e sorteada a ordem das interfaces utilizadas.

Foram dadas as seguintes instruções para o voluntário antes da execução do experimento:

- Você deve ajustar a cadeira na altura do assento e nos apoios para os cotovelos de acordo com suas dimensões, sentando em posição confortável, e utilizar cada interface, na ordem que forem sorteadas, durante cinco minutos, com o tipo de manuseio predominante que costuma utilizar nessa interface, com intervalo de cinco minutos para descanso entre o uso de cada versão. Deve, ainda, explorar os conteúdos da página, ler todas as legendas e executar as ações solicitadas nos textos, curtir os conteúdos solicitados e pausar quando o tempo for atingido, com o aviso do facilitador.

E, para isso, a interface do Feed do Instagram foi simplificada a partir do desenvolvimento de um protótipo digital, no software Figma, contendo o recurso de rolagem de tela infinita e a possibilidade de curtir os conteúdos através de duplo toque na imagem ou toque no ícone do coração. A Figura 74 ilustra o movimento de rolagem de tela da interface.

Figura 74 – Rolagem vertical da tela do Feed do Instagram.



Fonte: O autor.

Foram desenvolvidas três situações diferentes de interação, nomeadas como interface A, B e C, tendo em vista que são as possibilidades de uso da interface avaliada. Na interface A, o voluntário curte apenas utilizando o duplo toque nas imagens indicadas (1); na interface B, deve curtir os conteúdos indicados com um toque no ícone do coração (2); e na interface C, deve executar as ações de forma alternada, onde deve curtir os conteúdos ora com duplo toque na imagem, ora tocando o coração que está localizado no canto esquerdo inferior da imagem, dependendo da instrução da legenda. A Figura 75 mostra as duas possibilidades de curtir (1 e 2) estudadas no experimento, cujas legendas, localizadas abaixo da imagem, indicam como o participante deveria proceder. As imagens que deveriam ou não ser curtidas apresentavam essa indicação na legenda, alternando entre duas imagens que não podiam ser curtidas e a terceira com indicação de curtir, isso de forma sucessiva, através da rolagem vertical da tela, movimento padrão para as três situações, até encerrar os cinco minutos de cada interface.

Figura 75 – Curtir com duplo toque (1) e curtir com toque no ícone do coração (2).

Fonte: O autor.

Após a finalização do uso de cada interface, o voluntário preenchia os formulários pós-uso, sendo eles: Escala de Estresse Emocional, Escala de Desconforto Corporal, Mapa de Desconforto das Mãos e Escala de Esforço Percebido.

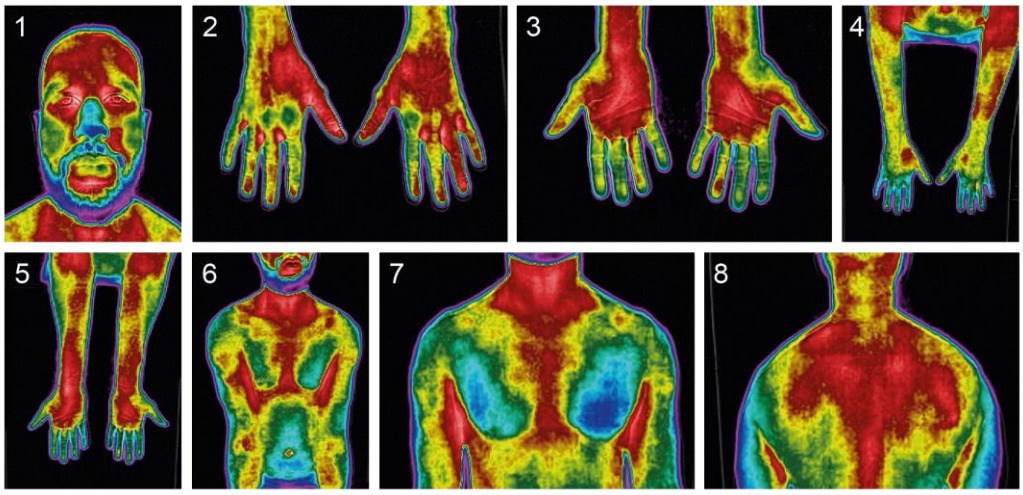
Durante o procedimento, além da filmagem constante tanto da região das mãos, dos punhos e da tela do smartphone, também foi realizada a filmagem contínua da perspectiva frontal do corpo. Ainda, foram realizadas sessões de fotos com câmera termográfica para registrar os momentos antes e após o uso de cada interface, com cinco minutos de descanso para cada uso. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas de coleta, conforme Tabela 20 e Figura 76.

Tabela 20 – Etapas para registros térmicos e ROIs.

	Etapas	ROIs (Regiões de Interesse)
Pré-uso / Descanso	Após estabilização da temperatura por 10 minutos.	1. Face frontal
		2. Close-up das mãos (dorso)*
		3. Close-up das mãos (palma)*
		4. Antebraços/mãos anterior (volar)*
		5. Antebraços/mãos posterior (ventral)*
		6. Braço e tronco superior (frontal)
		7. Pescoço e troco superior (frontal)
		8. Cervical e ombros (posterior)
Pós-uso	Após 5 minutos de uso de cada interface, com 5 minutos de descanso para cada situação de uso.	1. Face frontal
		2. Close-up das mãos (dorso)*
		3. Close-up das mãos (palma)*
		4. Antebraços/mãos anterior (volar)*
		5. Antebraços/mãos posterior (ventral)*
		6. Braço e tronco superior (frontal)
		7. Pescoço e troco superior (frontal)
		8. Cervical e ombros (posterior)

Fonte: O autor.

Figura 76 – Sequência de imagens.



Fonte: O autor.

Os procedimentos e a sequência do experimento do Estudo 2 podem ser conferidos na Figura 77. As etapas 2, 4 e 5 são repetidas mais duas vezes neste estudo, antes

do Encerramento (etapa 6), para contemplar o uso das outras variações da interface, ou seja, isso vai depender da quantidade de interfaces testadas. No caso desse experimento, totalizando três interfaces avaliadas.

Figura 77 – Procedimentos do experimento

Fonte: O autor.

4.2.5 Resultados e discussão da primeira experimentação

A seguir, são apresentados os resultados da primeira experimentação, que teve os objetivos de avaliar diferentes situações de uso da interface do Feed do Instagram e de comparar os resultados obtidos nas avaliações das posturas e dos movimentos nos formulários de avaliação física e emocional, nas imagens térmicas obtidas com a termografia digital por infravermelho e nas medições antropométricas.

Os dados adquiridos foram analisados utilizando-se estatística descritiva por meio do software JAMOVI 2, através do cálculo de média, desvio padrão e distribuição percentual. Em seguida, foi aplicado o teste de ANOVA para Medidas Repetidas, ou Teste de Friedman para três ou mais grupos pareados e Test T Pareado ou Wilcoxon para dois grupos pareados, ou seja, a seleção do teste dependeu da quantidade de grupos testados e da normalidade dos dados (MORETTIN; BUSSAB, 2017), Esses índices foram conferidos através do teste de Shapiro-Wilk, considerando o nível de significância de 0,05 para todos os testes. Vale salientar que, mesmo com uma amostra relativamente baixa, outros estudos que avaliaram a interação gestual em smartphone

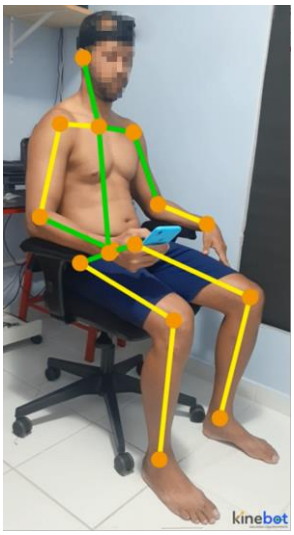
utilizaram Análise da Variância (ANOVA), e mesmo com amostras abaixo de 30 sujeitos, obtiveram resultados satisfatórios, como, por exemplo, estudos com 26 voluntários (AHN *et al.*, 2021), 14 voluntários (JIN *et al.*, 2019) e 10 voluntários (TRUDEAU *et al.*, 2012). Além disso, a análise também considerou o Fator Entre Grupos, dividindo entre sexo masculino e feminino, para entender se existe influência dessa variável no uso das interfaces.

4.2.5.1 Postura corporal dos membros superiores e tronco

As filmagens do corpo dos voluntários durante uso das interfaces, mais especificamente a parte superior que contempla o tronco, membros superiores, pescoço e cabeça, foram processadas no sistema de análise do movimento Kinebot. Esse sistema utiliza visão computacional e inteligência artificial para verificar a amplitude dos movimentos e conferir a porcentagem de tempo que a pessoa permanece em cada faixa de risco (aceitável, leve, alto e extremo), utilizando os parâmetros do RULA (MCATAMNEY; NIGEL CORLETT, 1993).

Assim, foi possível verificar estabilidade nas posturas das regiões avaliadas e dentro dos parâmetros recomendados. Ou seja, as recomendações de sentar-se com postura confortável, em cadeira ajustável para as dimensões do corpo e com apoio para os cotovelos, auxiliou na estabilização dos voluntários em postura adequada ou com baixo impacto negativo, conforme a Figura 78, que demonstra que nenhuma das articulações dos membros superiores está em faixas de risco alto ou extremo.

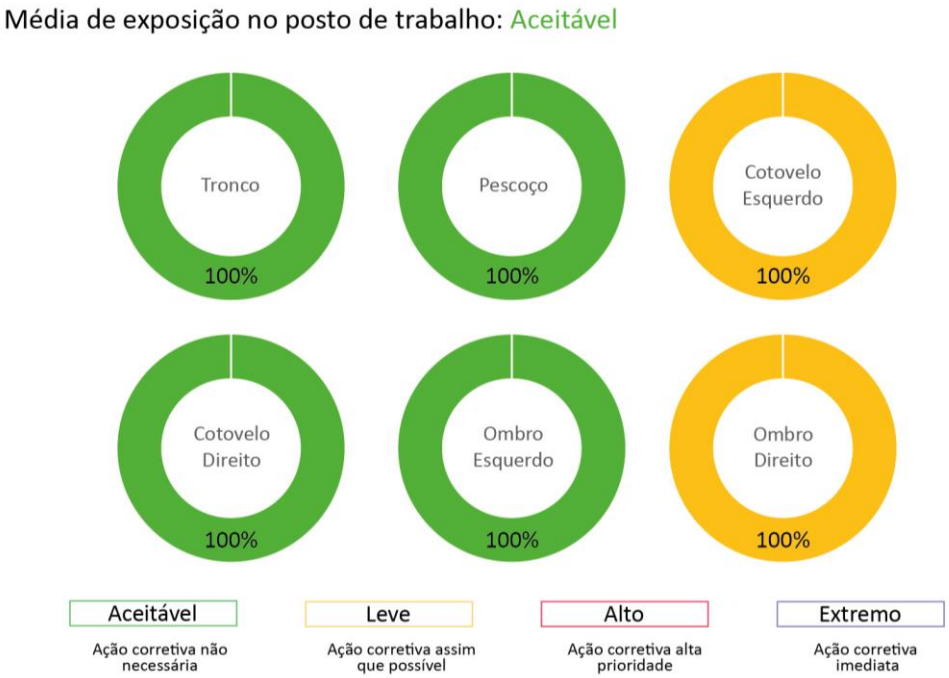
Figura 78 – Quadro de vídeo do voluntáro durante o experimento processado no Kinebot.



Fonte: O autor.

Os dados da porcentagem média, de todos os voluntários, em seis segmentos da parte superior do corpo no uso das interfaces A, B e C podem ser conferidos na Figura 79, na qual é possível verificar que a porcentagem não varia em nenhum dos segmentos. Ou seja, para as três situações de uso existem poucas variações de movimentos articulares e todos dentro de faixas de exposição aceitável ou leve, e que confirmam que uma postura adequada e apoiada por uma cadeira ajustável pode reduzir os riscos durante o uso do smartphone nas regiões do tronco, pescoço, ombro e cotovelos (KROEMER; KROEMER, 2016).

Figura 79 – Média de exposição de cada região avaliada no sistema Kinebot (A, B e C),



Fonte: O autor, baseado no sistema Kinebot (2022).

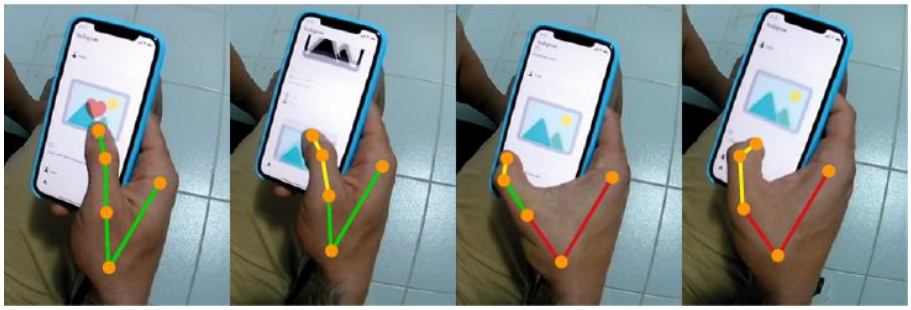
Portanto, como esperado, a padronização do experimento proporcionou um isolamento dessas regiões para reduzir posturas incoerentes, o que também pode ser comprovado nos relatos dos participantes que não concentraram suas queixas de desconforto nessas regiões, fator que será melhor detalhado no tópico 4.2.5.6.1. Assim, confirmamos o pressuposto segundo o qual a ergonomia de conscientização e um ambiente de trabalho/uso apropriado tendem a uma melhor adaptação e um menor risco de posturas inadequadas, que comprometam as estruturas musculoesqueléticas das pessoas (IIDA; BUARQUE, 2016).

A seguir, serão analisados os movimentos da região da mão, mais precisamente as articulações dos polegares durante o uso da interface avaliada.

4.2.5.2 Amplitudes dos movimentos do polegar

Os vídeos das filmagens das mãos e tela foram processados com a aplicação desenvolvida para este estudo, explicada anteriormente, que também faz uso de visão computacional para identificação e medição dos ângulos articulares, focando na identificação e registro de três articulações do polegar (CMC Radial[19], MCP[20] e IP[21]) utilizadas para interação com a tela do smartphone (Figura 80).

Figura 80 – Imagens do rastreamento das articulações do polegar de um dos voluntários.



Fonte: O autor.

É importante destacar que, para este estudo, todos os participantes utilizaram a mão direita, tendo em vista que os 10 voluntários informaram que são destros e indicaram, também, que a forma predominante com que utilizam o Feed do Instagram é com uma única mão, a dominante, pelo fato de acharem mais prático e o manuseio permitir que realizem outras atividades em suas rotinas diárias com a outra mão livre.

Após o processamento dos vídeos, os dados extraídos são salvos automaticamente em formato CSV. Em seguida, estes foram analisados no software Microsoft Excel 2019. As amplitudes médias dos movimentos de cada articulação são apresentadas nas Tabelas 21, 22 e 23.

Tabela 21 – Amplitude média da CMC Radial em cada interface avaliada.

Interface	Carpometacarpal Radial (CMC Radial)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 28,5 e 45,8º *	37,45	3,17
B (Toque no Ícone)		39,71	3,74
C (Alternado)		38,51	3,74
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

[19] Carpometacarpal Radial = CMC Radial

[20] Metacarpofalangeana = MCP

[21] Interfalangeana Proximal = IP

Fonte: O autor.

Tabela 22 – Amplitude média da MCP em cada interface avaliada.

Interface	Metacarpofalangeana (MCP)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 152,5 e 185º *	167,99	7,20
B (Toque no Ícone)		165,73	6,47
C (Alternado)		165,38	6,19
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

Fonte: O autor.

Tabela 23 – Amplitude média da IP em cada interface avaliada.

Interface	IP (Interfalangeana Proximal)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 160 e 186º *	170,36	9,28
B (Toque no Ícone)		166,50	8,34
C (Alternado)		166,21	7,49
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

Fonte: O autor.

Assim, de acordo com os valores das amplitudes médias e desvios padrão das três articulações apresentados nas tabelas, não foi possível perceber se as articulações CMC, MCP e IP estão comprometidas, devido à possibilidade da existência de valores de risco abaixo e acima da faixa segura. Portanto, tendo em vista que podem existir valores fora das faixas seguras e que não podem ser observados apenas com a média, foi realizada uma análise da distribuição percentual desses ângulos nas faixas de exposição ao longo do tempo de uso de cada interface.

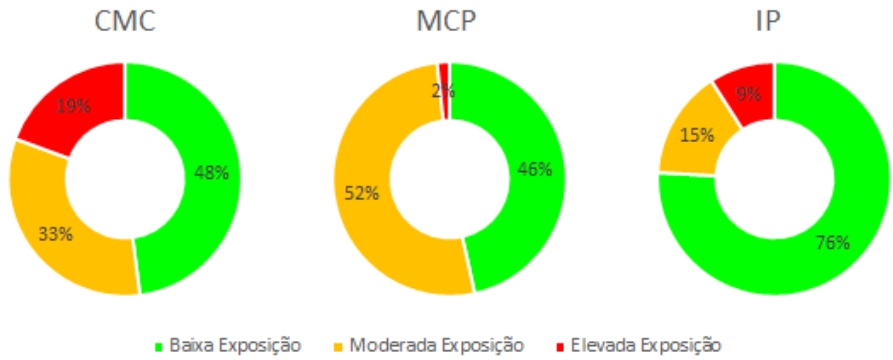
4.2.5.3 Porcentagens gerais nas faixas de exposição do polegar

Como informado anteriormente, o tempo de utilização de cada interface foi padronizado, ou seja, um total de cinco minutos para cada interface. Deste modo, a distribuição percentual está disposta nesse período de uso. Assim, ao observar a distribuição percentual das faixas de exposição nas três situações, percebemos poucas variações nas articulações MCP e IP e uma baixa frequência de situações de elevada exposição, com uma distribuição mais equilibrada entre baixa e moderada exposição para o MCP e uma predominância de baixa exposição no IP.

Com relação ao CMC, percebe-se uma maior frequência de situações com elevada exposição, com 19% para A, 24% para B, e 32% para C, conforme pode ser observado nas Figuras 81, 82 e 83. Assim, do ponto de vista da análise do movimento e dos

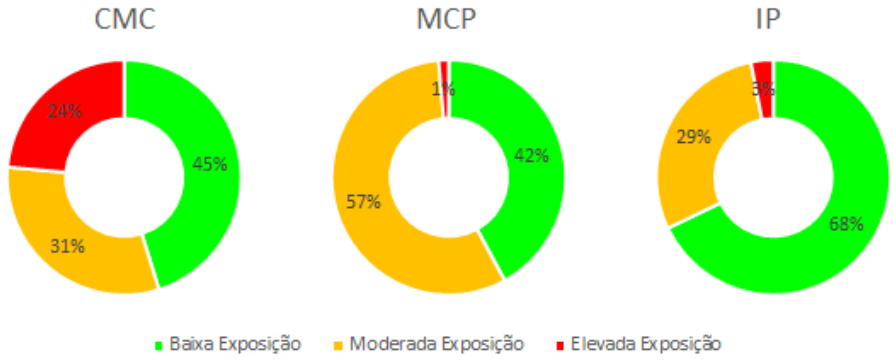
parâmetros adotados para as três faixas de exposição, foi possível identificar que a situação C é a com maior deficiência, pelo fato de que, em média geral, quase 1/3 do uso dessa interface esteve na faixa crítica adotada para este estudo. No entanto, as situações A e B também requerem atenção, por também apresentarem frequências importantes dentro da faixa crítica.

Figura 81 – Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface A.



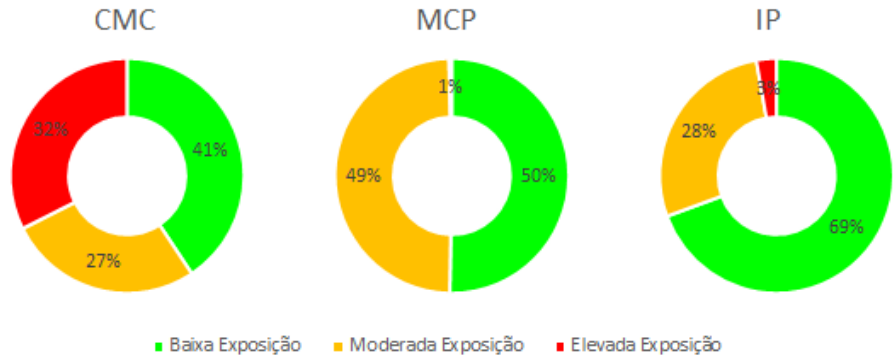
Fonte: O autor.

Figura 82 – Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface B.



Fonte: O autor.

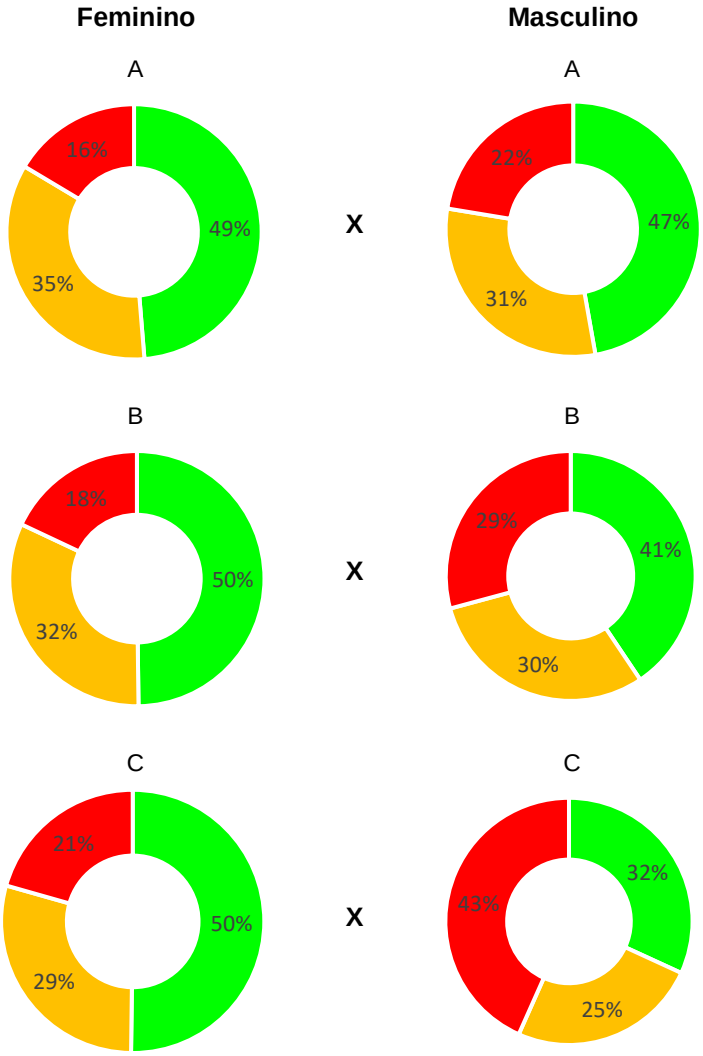
Figura 83 – Gráficos da porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface C.



Fonte: O autor.

Ao realizar a divisão por sexo feminino e masculino, foi possível perceber uma diferença importante na distribuição percentual. Isto é, há uma tendência de ângulos maiores e dentro da faixa crítica para o sexo masculino, de forma crescente para interface A, B e C, nessa sequência. Já para o feminino ocorre também uma crescente nessa ordem, porém, com menores diferenças percentuais, conforme Figura 84.

Figura 84 – Gráficos das médias gerais nas faixas de exposição do CMC com divisão por sexo.



Fonte: O autor.

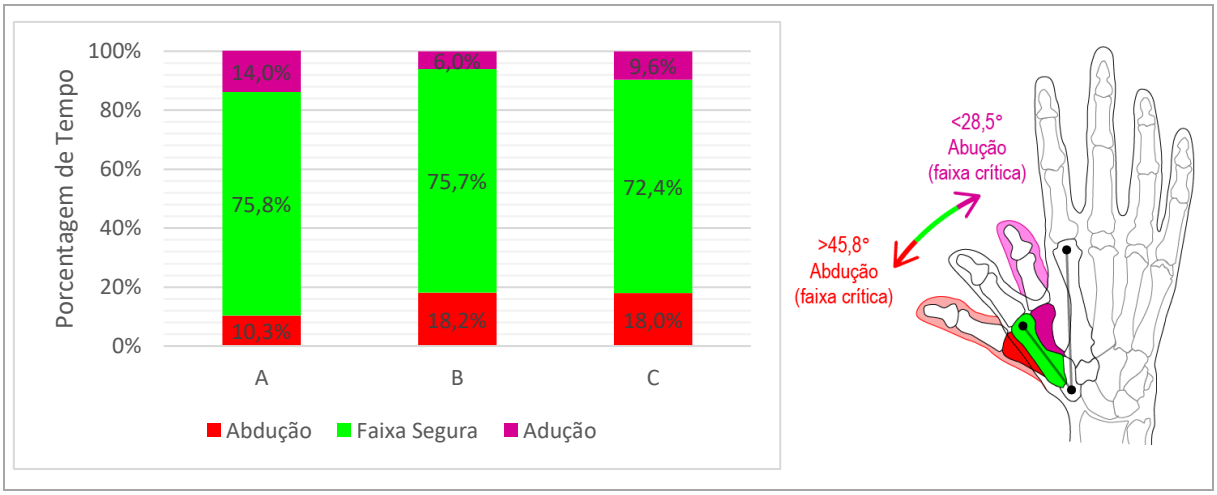
Assim, após a divisão por sexo, pôde-se perceber que para as mesmas interações com a interface, existe diferenças nos movimentos executados pelo sexo feminino e masculino, com uma maior quantidade de ângulos dentro da faixa crítica para o masculino, o que pode ter relação com a antropometria da mão, tendo em vista que as dimensões e amplitudes dos movimentos são maiores para o sexo masculino.

Portanto, é importante verificar, além dessa distribuição dentro das faixas de exposição, como esses movimentos são concentrados em relação a abdução (abertura) e adução (fechamento), para, assim, entender melhor se existem diferenças na distribuição percentual e os possíveis motivos para essas ocorrências.

4.2.5.4 Porcentagens de tempo em faixas de amplitude

Ao observar a distribuição percentual dentro das faixas críticas, divididos entre abdução e adução, é possível perceber particularidades para cada situação avaliada, como pode ser visualizado na Figura 85. A faixa segura, indicada em verde, compreende a junção das situações de baixa e moderada exposição, enquanto as situações em vermelho e violeta são a divisão das situações de elevada exposição nos movimentos de abdução e adução, respectivamente.

Figura 85 – Gráfico da distribuição percentual em faixas críticas para abdução e adução do CMC para as três situações de uso (A, B e C).



Fonte: O autor.

Ao verificar a porcentagem dentro da faixa segura, observamos valores semelhantes comparando-se as três situações, onde A, B e C têm respectivamente, 75,8%, 75,7% e 72,4% de frequência de ângulos do CMC Radial. No entanto, apesar das três situações avaliadas possuírem alta porcentagem dentro de uma faixa segura, é possível aprimorar essa interação do ponto de vista da biomecânica, ou seja, tendo como base o entendimento de alguns aspectos negativos observados no uso da interface, será possível propor melhorias e verificar se estas foram efetivas.

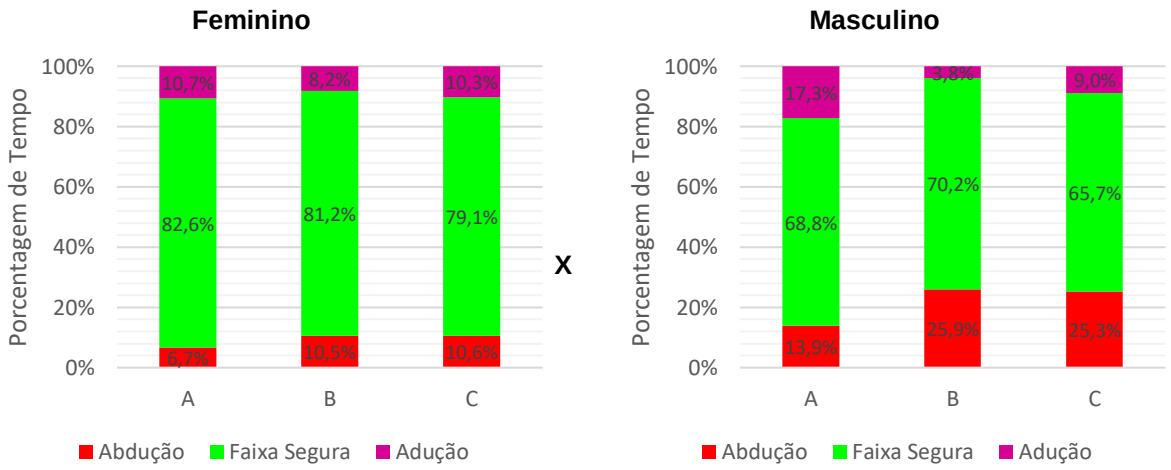
No caso das situações inadequadas, para a situação A, existe uma maior concentração dos movimentos na faixa crítica de adução do que para abdução. Portanto, existe

uma tendência de movimentos com ângulos menores do que 28,5 graus, e isso se deve pela preferência dos usuários de não encobrir o centro da tela durante a rolagem vertical para conseguir visualizar os conteúdos ou para não tocar involuntariamente nas imagens que não deveriam curtir. Além disso, pela facilidade de curtir o conteúdo tocando em qualquer lugar da imagem, os usuários também curtiam as imagens próximas ao canto direito da tela.

Por outro lado, para B e C ocorre o oposto, com maior concentração no movimento de abdução, em que os ângulos ultrapassam 45,8 graus. No entanto, na interface C, também existe uma tendência para adução maior do que na situação B, uma consequência da variação de movimentos que mesclam a forma de curtir da interface A e B, o que ajudou a variar os movimentos, mas resultou em posições extremas para as duas direções.

Na análise por sexo (Figura 86), feminino e masculino, nota-se que no gráfico do masculino existem mais situações localizadas na faixa crítica de abdução, principalmente para o uso da interface B e C, e maior porcentagem para adução para o uso da interface A, semelhante ao gráfico anterior sem essa divisão. No caso do gráfico para o sexo feminino, pôde-se perceber um maior equilíbrio entre abdução e adução para as situações B e C, enquanto para o uso de A o padrão se repete, com maior distribuição da faixa crítica para o movimento de adução.

Figura 86 – Gráfico de abdução e adução do CMC na faixa crítica com divisão por sexo.



Fonte: O autor.

Assim, após a análise do movimento com relação aos ângulos das articulações do polegar para o alcance dos elementos de interação (alcançabilidade), no próximo

tópico será avaliada a segunda variável de interesse deste estudo, qual seja, a repetição de ações gestuais na realização da tarefa, portanto, a repetitividade.

4.2.5.5 Média de repetitividade das ações gestuais

Através da análise de vídeo, foram contabilizadas ações gestuais de rolagem de tela, toque e quantidade de conteúdos curtidos em cada uma das alternativas de interfaces. A Tabela 24 apresenta a média de repetição de cada ação gestual (rolagem, toque e curtidas) e o desvio padrão.

Tabela 24 – Média de repetição de ações gestuais.

Interface	Repetitividade de Ações					
	Rolagem		Toque		Curtidas	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
A (Duplo Toque)	**262,5^{a}**	53,11	**126,8^{a}**	35,38	**63,4^{a}**	17,69
B (Toque no Ícone)	224,4^{b}	43,10	**50^{b}**	12,78	50^{b}	12,78
C (Alternado)	229,3^{b}	51,87	**78,15^{c}**	25,77	52,1^{b}	17,18
As letras $^{a, b,c}$ após o valor da média indicam que houve diferença significativa, enquanto ^{b} repetido após o valor (por coluna) indica que não houve diferença.						

Fonte: O autor.

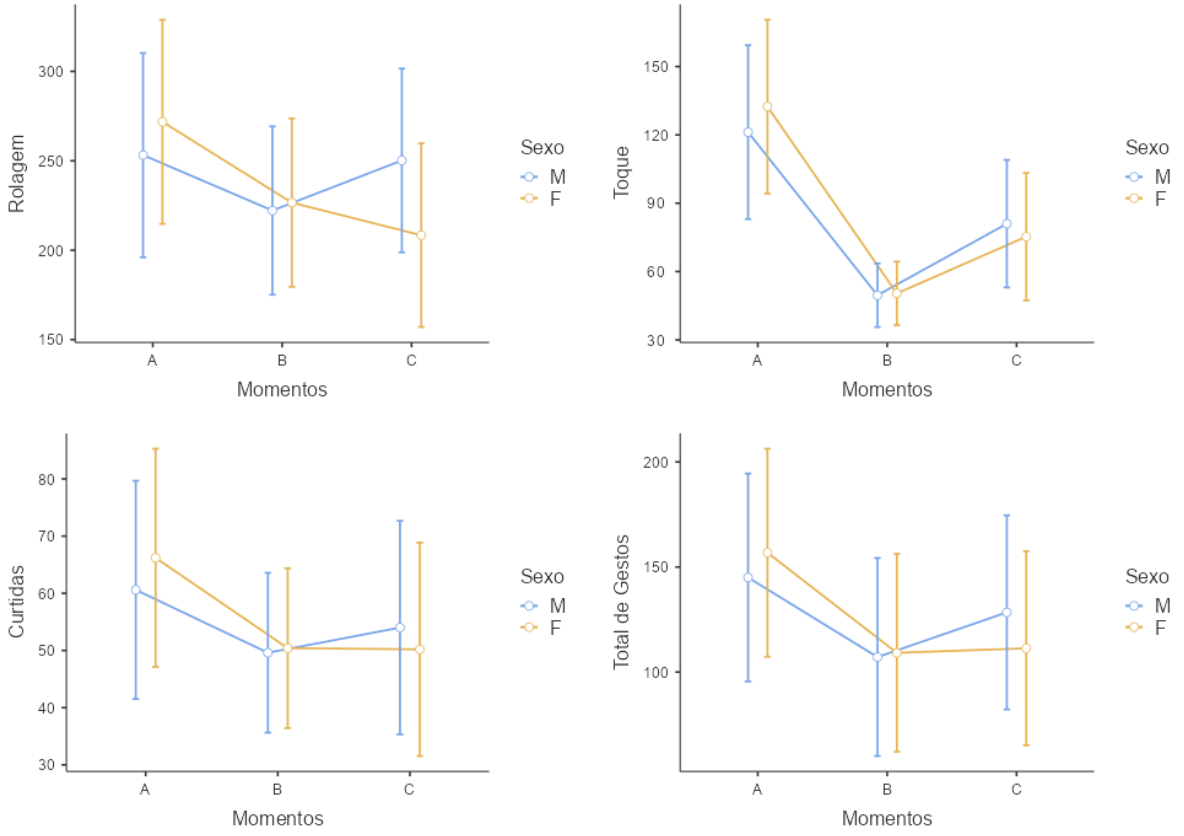
Ao se realizar a análise estatística através dos Teste de Friedman (Rolagem) e ANOVA para medidas repetidas (Toque e Curtidas), verificamos que existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre algumas médias. Assim, ao observarem-se os valores, percebemos que a interface A possui um maior quantitativo de repetições, tanto para rolagem quanto para toque na tela e número de curtidas, no mesmo espaço de tempo que as demais interfaces. Além disso, a interface C tem valores maiores com relação ao toque na tela, enquanto para rolagem e curtidas as médias são próximas às da interface B.

Assim, para a repetição de movimentos, houve uma maior quantidade para a interface A em todas as ações contabilizadas (rolagem, toque e curtidas). Tal aspecto pode ser justificado pelo fato de essa interface representar a forma mais prática de navegação, que mesmo com mais movimentos é mais eficaz, evitando erros nas curtidas, pois a área de toque é maior e o duplo toque evita erros de curtidas, seja por toque involuntário ou pela distância e tamanho da área de interação, no caso do toque no ícone da extremidade esquerda da tela. Consequentemente, não por acaso, essa é a forma predominante de manuseio indicada nos relatos dos usuários, o que proporciona

também maiores habilidades, pelo nível de experiência ocasionado pelo uso constante da interface do Instagram pelos voluntários.

Ao acrescentar o Fator Entre Grupos, dividindo sexo masculino e feminino, quando a interface favorece o alcance, reduzindo a necessidade de movimentos extremos (abdução), o desempenho das voluntárias do sexo feminino é maior, com maior número de curtidas, no entanto, maior número de rolagem de tela (interface A). Em situações com a necessidade de movimentos extremos, ambos os sexos têm desempenho semelhante (interface B). Já quando há alternância de movimentos, o desempenho fica melhor para o sexo masculino, conforme pode ser consultado na Figura 87.

Figura 87 – Gráficos de repetições.



Fonte: O autor.

Assim, é importante conferir a possibilidade de maiores personalizações das interfaces de acordo com as preferências e limitações das pessoas, tendo em vista que atualmente não observamos nenhuma alternativa quando há essa necessidade, ou seja, uma solução com alternativas para faixas da população (IIDA; BUARQUE, 2016).

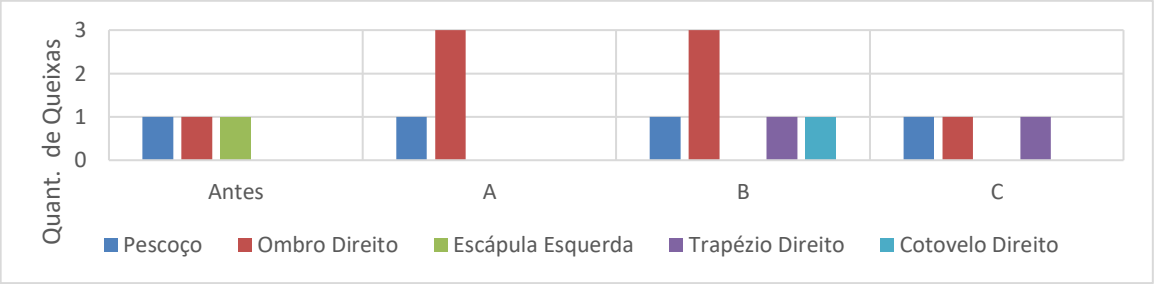
4.2.5.6 Nível de desconforto relatado

A avaliação da percepção do desconforto, realizada através da escala de nível de desconforto de 0 a 10, foi dividida em duas partes. Em um primeiro momento, foram analisadas as queixas para a parte superior, excluindo-se a mão, e depois uma análise das queixas relacionadas a mãos e suas subdivisões.

4.2.5.6.1 Corpo

As regiões do corpo onde foram apontadas as queixas de desconforto antes do uso (pré-uso) foram pescoço (n = 1), escápula esquerda (n = 1) e ombro direito (n = 1). E, no pós-uso da interface A, foram pescoço (n = 1) e ombro direito (n = 3); para interface B foram pescoço (n = 1), ombro direito (n = 3), trapézio direito (n = 1) e cotovelo direito (n = 1); e, na interface C. foram pescoço (n = 1), ombro direito (n = 1), trapézio direito (n = 1) e antebraço (n = 1), conforme a Figura 88.

Figura 88 – Regiões com queixas de desconforto no pré e pós-uso.



Fonte: O autor.

A Tabela 25 apresenta a estatística descritiva do nível de desconforto físico relatado pelos participantes no pré e pós-uso das interfaces, como valor mínimo, máximo, média, desvio padrão e teste de normalidade.

Tabela 25 – Descritiva do nível de desconforto físico corporal.

Momento	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Shapiro-Wilk p
Antes	0	7	1,1	2,23	< 0,001
A (Duplo Toque)	0	5	1,4	2,96	0,003
B (Toque no Ícone)	0	5	2,4	2,22	0,014
C (Alternado)	0	4	1,4	1,84	< 0,001
Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

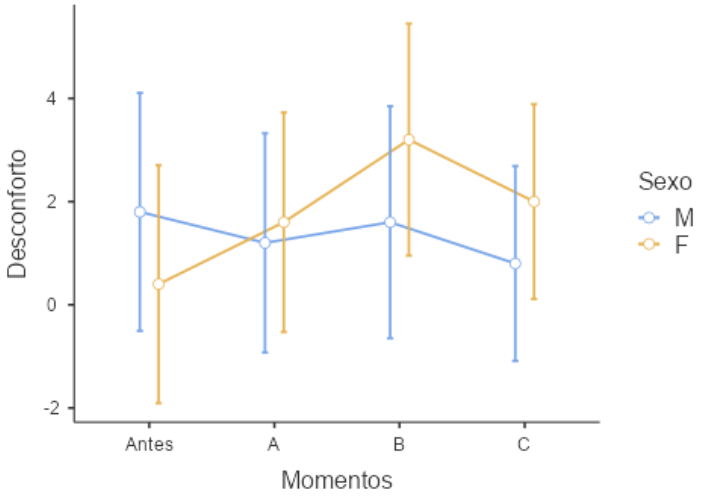
Fonte: O autor.

Como a amostra não possui distribuição normal, foi realizado o Teste de Friedman para verificar se ocorre desconforto no corpo após o uso. Assim, observamos nos

resultados que não podemos afirmar estatisticamente que ocorre desconforto físico após o uso das interfaces, tento em vista que o p-valor foi maior que 0,05.

Com relação ao fator entre grupos para sexo feminino (F) e masculino (M), podemos observar no gráfico da Figura 89 que a média geral tem uma tendência de ser maior para o sexo feminino, e que a interface B obteve maiores médias para ambos os sexos, com maiores valores para o feminino.

Figura 89 – Gráfico do desconforto nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexos.



Fonte: O autor.

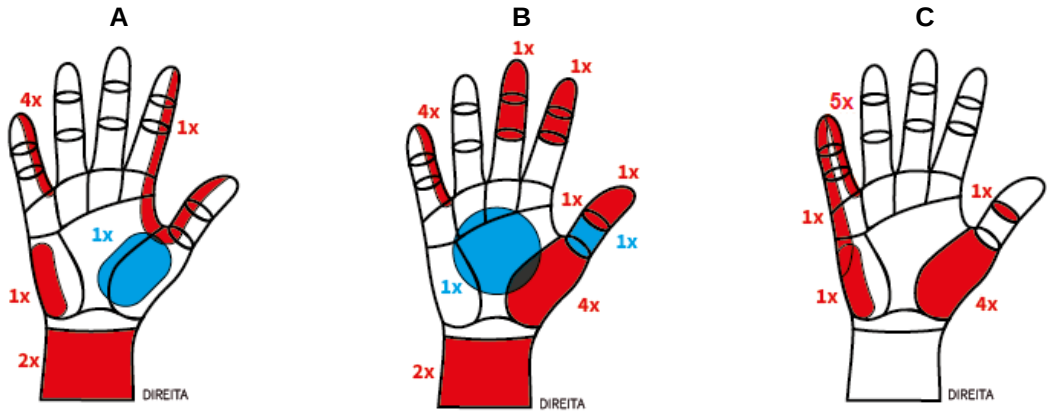
Tendo em vista que não foram obtidas queixas significativas de desconforto para essas áreas e, além disso, que atingiram valores adequados na avaliação da postura e de movimentos corporais através das medições com o sistema Kinebot para tronco, pescoço, ombros e cotovelos, é possível confirmar que essas regiões não foram afetadas negativamente durante o uso, não ocasionando desconforto e posturas críticas nos usuários.

Portanto, após esses resultados, foi possível confirmar que a recomendação de Kroemer e Kroemer (2016) para utilizar apoio ou suporte para os cotovelos é uma boa estratégia de ergonomia de conscientização, bem como executar as regulagens da cadeira, tanto para a altura do assento como dos cotovelos e inclinação das costas. Isso induziu os voluntários a posicionarem a cabeça de forma ereta, ajudando a proporcionar uma postura confortável e evitando a inclinação do pescoço. Este último, por sua vez, sendo o maior problema relacionado ao uso do smartphone, conforme a Revisão Sistemática da Literatura.

4.2.5.6.2 Mão

Ao verificar apenas a região da mão, obtivemos valores mais expressivos comparados com as demais regiões do corpo. Assim, para o momento pré-uso não foram apontadas queixas (n = 0), no pós-uso de A (n = 9), B (n = 9) e C (n = 9), ou seja, nas três interfaces 9 de 10 voluntários se queixaram após o uso. A Figura 90 apresenta o mapa de desconforto das mãos nas três situações e as respectivas regiões que os voluntários indicaram. As regiões destacadas em vermelho representam os locais de desconforto localizados na face palmar da mão direita, enquanto as regiões em azul sinalizam desconforto na face dorsal e os números indicam a quantidade de vezes que a região foi indicada pelos voluntários.

Figura 90 – Resultado do Mapa de Desconforto das mãos nos três momentos de uso.



Fonte: O autor, baseado na ilustração de Forcelini e Merino (2019).

A princípio, foram verificadas as quantidades de queixas em cada momento e foram somados os níveis de desconforto indicados para cada região. Assim, conseguimos observar um maior quantitativo (pontuação total) para a interface B, totalizando 62 pontos, seguida da interface A, com 48 pontos, e, por último, a interface C, com 46, conforte Tabela 26.

Tabela 26 – Quantidade de regiões com queixas e somatório total do nível de desconforto.

Momento	Regiões de Queixas	Pontuação Total
Desconforto Antes	0	0
A (Duplo Toque)	9	48
B (Toque no Ícone)	16	62
C (Alternado)	12	46

Fonte: O autor.

No entanto, para avaliar se existe diferença estatística, precisamos uniformizar os dados. Assim, consideramos para as indicações de cada momento (A, B e C) os que

possuíam mais de uma região com queixa de dor, que foi padronizado considerando apenas a queixa com maior pontuação em cada situação. Deste modo, foi possível construir a Tabela 27, que apresenta os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão de cada momento, ou seja, pré-teste e pós-uso das interfaces A, B e C.

Tabela 27 – Descritiva das queixas de desconforto da mão no pré e pós-usos.

Momento	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Shapiro-Wilk p
Desconforto Antes	0,00	0,00	0,00	0,00	-
A (Duplo Toque)	0,00	7,00	3,60	1,84	0,531
B (Toque no Ícone)	0,00	5,00	3,50	1,65	0,062
C (Alternado)	0,00	6,00	3,10	1,60	0,609
Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

Fonte: O autor.

Foi realizado o Teste de Friedman com combinações entre os momentos pré-uso e os pós-uso (A, B e C), a fim de verificar se existe desconforto após o uso e se existe diferença do nível de desconforto nas três interfaces testadas. Os resultados indicaram que existe diferença significativa ($p < 0,05$). E, considerando esse resultado, foi realizado o teste Durbin-Conover, para verificar em quais momentos ocorre diferença significativa no nível de desconforto, conforme Tabela 28.

Assim, pudemos confirmar que existe diferença estatisticamente significativa entre o momento pré-uso (antes) e o pós-uso nas três situações (A, B e C), e também entre os momentos A-C, onde p é menor que 0,05. Porém, não há diferença significativa entre os momentos A-B e B-C, assim, sendo possível determinar que A é mais desconfortável que C. O que pode ser um indicativo de que o uso de uma interface mais flexível, que alterne os movimentos, pode ser um caminho para a redução de desconforto e sobrecarga.

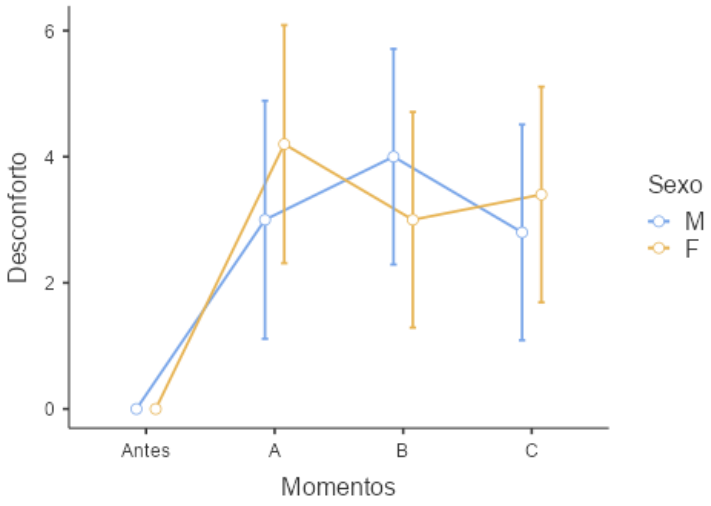
Tabela 28 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-usos.

Comparação	p-valor
Antes – A	**< 0,001**
Antes – B	**< 0,001**
Antes – C	**< 0,001**
A – B	0,555
A – C	**0,046**
B - C	0,147
Os valores em negrito indicam a diferença significativa (p<0,05)	

Fonte: O autor.

Considerando a divisão entre sexo feminino e masculino (fator entre grupos), não foi verificada influência dessa variável na percepção de desconforto nesse experimento. Apesar disso, podemos verificar no gráfico na Figura 91 que, para a média geral, o sexo feminino obteve maior desconforto no uso da interface A, enquanto o masculino para a interface B, além de valores próximos para ambos os sexos na interface C. O que pode estar relacionado à maior repetitividade de ações para o sexo feminino no uso da interface A. No entanto, para o masculino, pode ter uma relação com a maior quantidade de movimentos de abdução em faixa crítica e pouca alternância dentro do movimento de abdução e adução.

Figura 91 – Gráfico do desconforto na mão nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

Assim, houve uma maior concentração no dedo mínimo, igualmente sinalizada nas três situações testadas (A, B e C), justificada pelo fato de todos os participantes apoiarem o smartphone sobre esse dedo, algo já identificado por Hoober (2013). Assim, foi possível perceber que a variável força, ocasionada pela preensão, é notada com maior sensibilidade pelos usuários, pelo fato de pressionar os tecidos, prejudicando a circulação e causando deformações na área de contato com o dispositivo.

Enquanto para região tenar, segunda maior quantidade de queixas, a relação com o desconforto se deve à concentração de músculos responsáveis pelos movimentos articulares do polegar, portanto, o desconforto está relacionado à variável postura. Nesse sentido, foi possível perceber que o movimento de abdução (abertura) do polegar foi o responsável por essas queixas, pelo fato de o desconforto nessa região ter

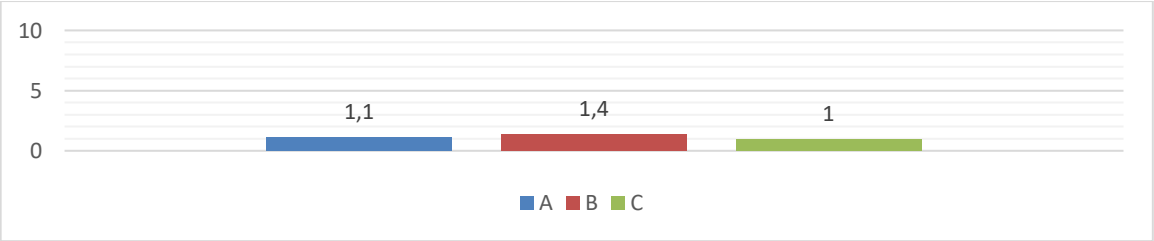
sido relatado apenas nas interfaces B e C, que proporcionaram maior porcentagem de tempo com ângulos mais elevados. Assim, podemos indicar que, para o desconforto, os movimentos de abdução são percebidos com maior sensibilidade pelos usuários do que os de adução nas situações fora da faixa segura. Portanto, é importante verificar que, no desenvolvimento de interfaces, devem-se evitar elementos de interação distantes.

Por fim, as demais regiões da mão tiveram poucas ou nenhuma queixa, isto é, não foram muito afetadas com as posturas adotadas pelos voluntários desse experimento. Porém, não podemos afirmar que não são comprometidas a longo prazo ou em outras formas de manuseio diferentes como o uso de duas mãos ou do dedo indicador.

4.2.5.7 Esforço Percebido

Outro aspecto verificado foi a percepção de esforço ao longo do uso da interface. E, como dito anteriormente, foi utilizada a CR10 de Borg modificada para avaliar o esforço percebido, mensurado após o uso de cada interface. A Figura 92 exibe os valores médios para as três situações avaliadas.

Figura 92 – Valores médios para esforço percebido.

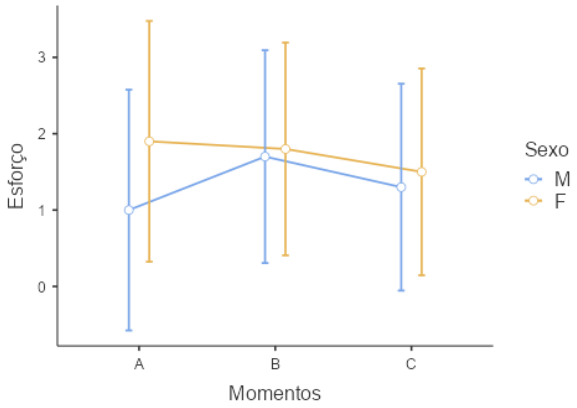


Fonte: O autor.

Os resultados demonstram que, nas três situações, a percepção do esforço está entre os níveis Muito Leve (1,0) e Leve (2,0). Portanto, em uma escala de 0 a 10, nenhuma das interfaces atingiu níveis preocupantes com relação a esse aspecto. O resultado indica que não há diferença expressiva, isto é, o esforço físico para essa atividade, além de baixo, é percebido praticamente do mesmo modo em todas as situações.

Porém, ao observar a média geral no gráfico da Figura 93, podemos perceber uma maior diferença entre os sexos para o uso da interface A, onde o esforço percebido foi maior para o sexo feminino, enquanto para as demais situações a média ficou mais aproximada, mas sempre com valores mais altos para o feminino.

Figura 93 – Gráfico do esforço percebido nos momentos pós-testes com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

Deste modo, alguns dos fatores que podem ser considerados para o esforço nesse tipo de interação são as variáveis força e duração, visto que a aplicação de força, apesar de não ter sido mensurada, aparentemente é baixa e com poucas contrações estáticas, além do tempo de uso baixo padronizado para todas as situações, não sendo suficiente para os usuários sentirem o esforço da tarefa. Por isso, também podemos confirmar que é importante adotar uma baixa duração do uso do smartphone, com pausas para descanso (KIM; KOO, 2016), para, assim, reduzir o desconforto e a sobrecarga biomecânica.

4.2.5.8 Termografia para avaliação do desconforto

Após identificação das regiões com queixas repetidas de desconforto, ou seja, as partes do corpo que foram indicadas por mais de um voluntário, estas foram verificadas através das imagens térmicas, cujas análises foram feitas por meio do software FLIR Thermal Studio. Nessa perspectiva, foram demarcadas as regiões de interesse (ROIs) de forma padronizada, e, em caso de regiões com pares (direito e esquerdo), as marcações foram posicionadas de forma simétrica e com mesma dimensão, para uma comparação mais precisa.

Assim, seguindo as indicações de Brioschi *et al.* (2012), foram conferidas a existência de assimetrias térmicas (ΔT), com regiões hiper ou hiporradiantes (quentes e frias, respectivamente) nas áreas das queixas de desconforto, considerando o limite de 0,3° como sugestivo para anormalidade na simetria térmica. Posteriormente, foram verificadas as diferenças entre pré-uso (antes) e pós-uso das interfaces (A, B e C), a fim

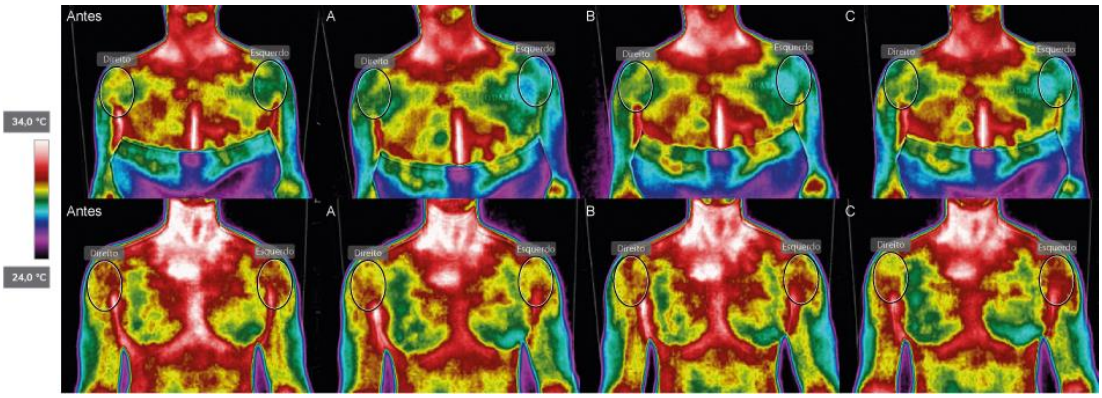
de se conferir a existência de diferenças estatísticas nas médias de temperatura das ROIs (FORCELINI *et al.*, 2018; MARÇAL; SILVA; NETO, 2016).

4.2.5.8.1 Corpo

Em primeiro momento, seguindo a sequência planejada para este estudo, avaliamos as regiões mais citadas pertencentes à parte superior do corpo, com exceção das mãos, que serão avaliadas posteriormente. Apesar das queixas para essas regiões não terem sido significativas, elas foram verificadas para um cruzamento de dados subjetivos (relato) e objetivos (temperatura).

O ombro direito foi a região com maior frequência de queixas, sendo apontado principalmente no uso das interfaces A e B. No entanto, ao verificarem-se as imagens térmicas de todos os participantes, aparentemente não foram identificadas diferenças entre os momentos pós-uso. A Figura 94 ilustra a sequência de imagens entre os momentos de dois voluntários – as demais imagens de todos participantes podem ser conferidas no Apêndice I – Imagens Térmicas dos 10 voluntários do Estudo 2 (p. 290).

Figura 94 – ROIs dos ombros direito e esquerdo pré-uso e pós-usos A, B e C.



Fonte: O autor.

Para se conferir a assimetria térmica de forma mais objetiva, extraímos a diferença (ΔT) da temperatura dos ombros direito e esquerdo de cada momento, dos 10 voluntários, com informações do sexo, divisão dos momentos, média geral e desvio padrão, indicação de desconforto relatado e momento da queixa, conforme a Tabela 29. Assim, pudemos verificar que as médias das temperaturas ficaram muito próximas em todas as situações, e identificar o desvio padrão alto, que demostra uma oscilação entre temperaturas sugestivas para anormalidade (> 0,3°), ora mais altas para o lado direito, ora para o esquerdo. No entanto, considerando a maioria dos casos,

percebemos temperaturas dentro da faixa considerada normal (≤ 0,3°). Além disso, pudemos verificar em uma análise individual que as queixas de desconforto não conferem com os valores da tabela para assimetria térmica.

Tabela 29 – Delta da temperatura em graus celsius dos ombros direito e esquerdo.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso			Desconforto	
			A	B	C	Queixa	Momento(s)
01	F	**0,8**	**0,8**	**1**	**0,8**	Não	Nenhum
02	F	0	-0,1	-0,1	-0,1	Não	Nenhum
03	M	-0,1	0	0	-0,3	Não	Nenhum
04	F	0	**-0,4**	**-0,4**	**-0,4**	Não	Nenhum
05	M	0,3	0,2	-0,1	0,1	Sim	A e B
06	M	**-0,6**	**-0,4**	-0,1	-0,3	Sim	A, B e C
07	F	0,3	0,1	0,3	0,3	Não	Nenhum
08	M	0	0	-0,3	-0,3	Não	Nenhum
09	M	0	**0,4**	**0,7**	**0,6**	Não	Nenhum
10	F	0,1	-0,2	0,1	-0,2	Sim	Antes, A e B
Média	-	0,08	0,04	0,11	0,02	-	-
DP	-	0,36	0,37	0,44	0,42	-	-
Os valores em negrito indicam as diferenças entre os lados > 0,3°.							

Fonte: O autor.

Em seguida, foram isoladas as temperaturas médias do ombro direito, para compará-las e identificarem-se diferenças nos momentos analisados. A Tabela 30 apresenta as informações de cada participante, sexo masculino (M) e feminino (F), temperatura média no pré-uso (Antes), pós-usos das interfaces (A, B e C), média geral, desvio padrão (DP), teste de normalidade e setas indicativas de aumento (↑), diminuição (↓) ou sem mudanças (=) de temperatura em comparação com o momento pré-uso.

Tabela 30 – Dados da temperatura do ombro dominante.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		
			A	B	C
01	F	30,1	29,4 ↓	29,4 ↓	29,3 ↓
02	F	31,3	30,8 ↓	30,9 ↓	31,1 ↓
03	M	31,9	30,8 ↓	32,0 ↑	31,5 ↓
04	F	31,6	30,0 ↓	31,6 =	30,0 ↓
05	M	30,9	30,8 ↓	30,1 ↓	30,9 =
06	M	30,2	30,3 ↑	30,5 ↑	31,3 ↑
07	F	31,4	32,3 ↑	31,9 ↑	30,4 ↓
08	M	32,4	31,8 ↓	31,9 ↓	31,8 ↓
09	M	30,4	30,7 ↑	30,8 ↑	30,7 ↑
10	F	30,9	30,4 ↓	30,8 ↓	31,2 ↑
Média	-	31,11	30,73 ↓	30,99 ↓	30,82 ↓
DP	-	0,75	0,83	0,86	0,75

Shapiro-Wilk p*	-	0,816	0,536	0,392	0,653
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

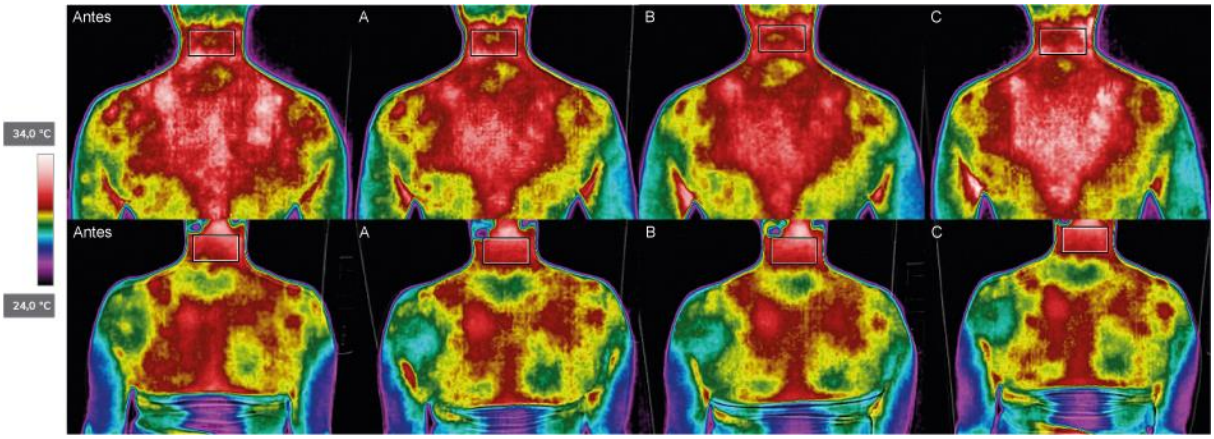
Fonte: O autor.

Segundo a tabela acima, podemos observar valores muito próximos nas temperaturas médias em todos os momentos, com uma tendência de diminuição de temperatura nos pós-usos, mas que não indicam qualquer tipo de anormalidade.

Outra região analisada foi a cervical, que, apesar de não ter sido citada mais de uma vez por momento, esteve presente em todas as situações. O principal motivo para a seleção dessa região foi a grande quantidade de estudos que indicam a cervical como sendo bastante afetada com o uso do smartphone, como visto anteriormente na Revisão Sistemática da Literatura.

Assim, seguindo os procedimentos anteriores, com exceção da verificação de assimetria, tendo em vista que as queixas foram apontadas para região mediana, foi demarcada a região de interesse, nesse caso com a ferramenta retângulo. Portanto, verificamos os momentos pré e pós-usos, conforme Figura 95.

Figura 95 – ROIs da cervical pré-uso e pós-usos A, B e C.



Fonte: O autor.

Todavia, apenas através da análise visual das imagens, não foi possível identificar diferença na escala de cores que indique alguma alteração térmica entre os momentos. Assim, foi construída a Tabela 31 com os valores das temperaturas médias de cada região por voluntários, com as variáveis sexo, temperatura média no pré-uso (Antes), pós-usos das interfaces (A, B e C), média geral, desvio padrão (DP), teste de normalidade e setas indicativas de aumento (↑), diminuição (↓) ou sem mudanças (=) de temperatura em comparação com o momento pré-uso.

Tabela 31 – Dados da temperatura da cervical.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso			Desconforto	
			A	B	C	Queixas	Momento(s)
01	F	30,8	30,9 ↑	31,2 ↑	30,7 ↓	Não	Nenhum
02	F	33,2	32,5 ↓	32,5 ↓	32,7 ↓	Sim	A, B e C
03	M	32,6	31,2 ↓	32,2 ↓	31,3 ↓	Sim	Antes
04	F	32,2	32,7 ↑	32,8 ↑	32,6 ↑	Não	Nenhum
05	M	32,2	31,4 ↓	30,8 ↓	31,5 ↓	Não	Nenhum
06	M	32,5	31,4 ↓	31,3 ↓	32,8 ↑	Não	Nenhum
07	F	32,3	33,6 ↑	33,3 ↑	32,6 ↑	Não	Nenhum
08	M	32,4	31,8 ↓	32,0 ↓	32,8 ↑	Não	Nenhum
09	M	31,7	31,2 ↓	31,2 ↓	31,4 ↓	Não	Nenhum
10	F	32,3	32,0 ↓	32,1 ↓	33,2 ↓	Não	Nenhum
Média	-	32,22	31,87 ↓	31,94 ↓	32,16 ↓	-	-
DP	-	0,63	0,84	0,80	0,85	-	-
Shapiro-Wilk p*	-	0,320	0,937	0,913	0,045	-	-
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.							

Fonte: O autor.

Deste modo, novamente não foram observadas mudanças importantes nas temperaturas que indiquem alterações na temperatura comparando-se os momentos pré e pós-usos, com médias de temperatura muito próximas em todas as situações.

Logo depois, apesar dos valores similares, foi realizada a ANOVA para Medidas Repetidas (ombro direito) e Teste de Friedman (cervical) para verificar se existem diferenças significativas nas médias de temperatura. Conforme a Tabela 32, os resultados indicam que não há diferença entre as médias em nenhum dos momentos comparados, tanto para o ombro direito quanto para a região cervical, com p-valor maior que 0,05.

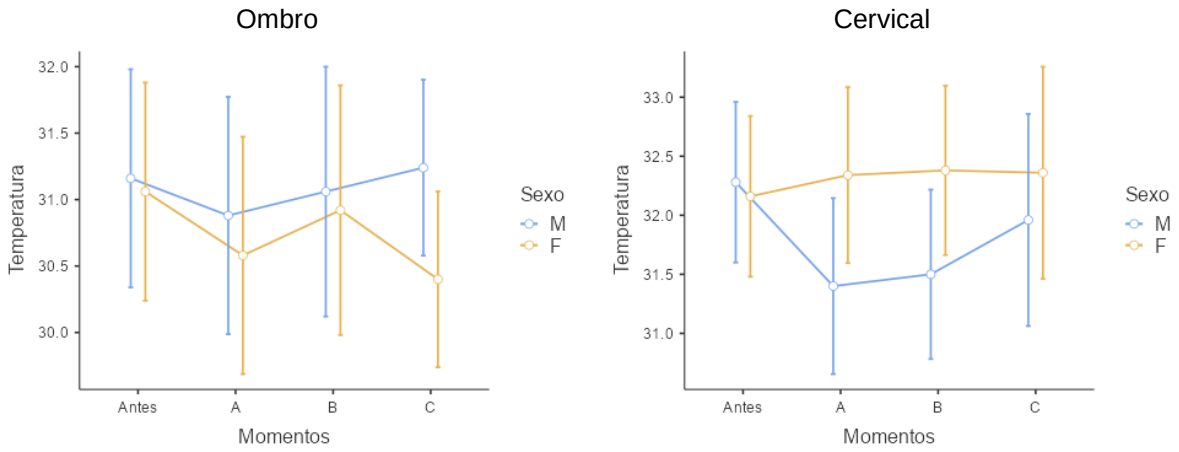
Tabela 32 – Média da temperatura nos ombro direito e cervical comparando pré-uso e pós-uso A, B e C e p-valor.

Região	Momento	Média	Desvio Padrão	p-valor
Ombro Direito	**Antes**	31,11	0,75	0,356
	A	30,73	0,83	
	B	30,99	0,86	
	C	30,82	0,75	
Cervical	**Antes**	32,22	0,63	0,347
	A	31,87	0,84	
	B	31,94	0,80	
	C	32,16	0,85	
Nível de significância adotado, p < 0,05.				

Fonte: O autor.

Observando-se os gráficos com a divisão entre sexo Figura 96, masculino (M) e feminino (F), nota-se no gráfico do ombro que não há diferenças muito acentuadas para o sexo masculino, com oscilação negativa no pós-uso de A, estabilidade em B e positivo para C, e, para o feminino, há mudanças um pouco maiores, com queda de temperatura no pós-uso de A e C e maior estabilidade em B. Para a região cervical é possível visualizar as maiores diferenças de temperatura, em que o sexo masculino tem uma queda de temperatura no pós-uso, principalmente de A e B, com menor intensidade em C, enquanto o feminino se manteve praticamente estável nos três momentos, com aumento muito sutil na temperatura dos três momentos. Mas, no geral, as oscilações observadas não indicam alterações significativas.

Figura 96 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-usos com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

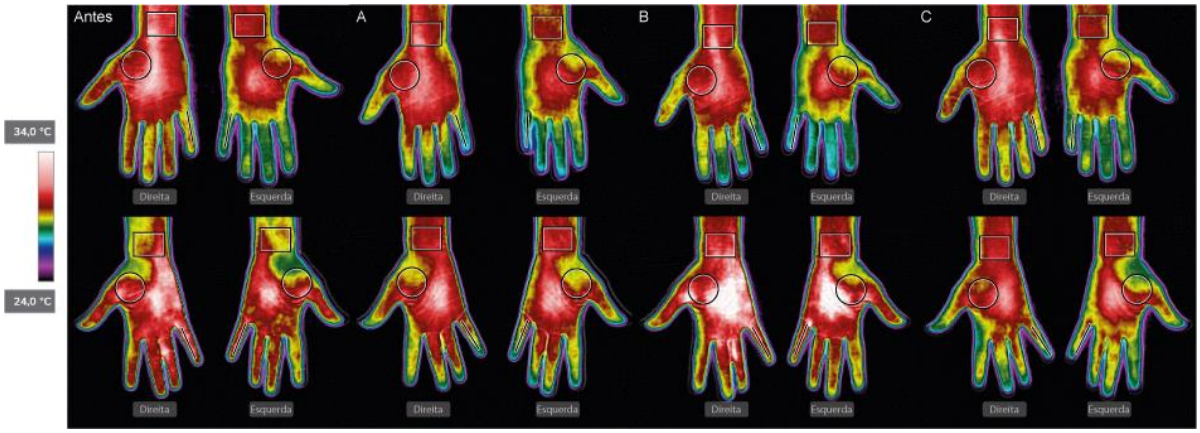
Logo, esse resultado confirma o que foi conferido nos relatos dos voluntários, segundo os quais não podemos indicar que o uso do smartphone ocasionou desconforto nos usuários nessas regiões. Deste modo, através de dados subjetivos (relatos) e objetivos (análise das posturas e movimentos com Kinebot e termografia digital por infravermelho), podemos indicar que essas regiões não foram comprometidas durante o uso das interfaces avaliadas. Ou seja, os resultados da análise da postura indicaram níveis aceitáveis para a maioria dos segmentos superiores avaliados e apenas risco leve para o ombro direito e cotovelo esquerdo, além das poucas queixas de desconforto relatadas e os dados da termografia sem alterações expressivas, que se completam e confirmam que não há desconforto ou sobrecarga nessas regiões.

4.2.5.8.2 Mão

Dando continuidade, passamos para a região de maior foco nessa pesquisa, isto é, a mão e suas subdivisões. Para isso, seguimos o mesmo procedimento descrito anteriormente para verificar as regiões com maiores queixas de desconforto indicadas pelos voluntários.

Foram selecionadas as regiões tenar, punho, dedo mínimo, demarcados com círculo, retângulo e linha, respectivamente, para uma comparação tanto da simetria entre membros (dominante e repouso) como dos momentos de pré-uso e pós-uso A, B e C. A Figura 97 demonstra a sequência de imagens de dois participantes do experimento – as imagens de todos os participantes podem ser conferidas no Apêndice I – Imagens Térmicas dos 10 voluntários do Estudo 2 (p. 290). A partir dessas imagens, percebemos alguns padrões interessantes, como a tendência de mãos mais frias por parte das voluntárias do sexo feminino e, também, uma assimetria térmica no momento pré-uso, o que pode indicar algum tipo de influência do uso do smartphone, principalmente no dedo mínimo e região tenar.

Figura 97 – ROIs da região palmar direita e esquerda pré-uso e pós-uso (A, B e C).



Fonte: O autor.

Iniciando pela região ternar, área que contém boa parte dos músculos responsáveis pelos movimentos do polegar (CARMO, 2022), foi conferida a diferença entre a temperatura da mão direita e esquerda de cada voluntário e calculada a média geral. Ao verificar a Tabela 33 é possível perceber assimetria térmica desde o momento pré-uso, com sete voluntários (valores em negrito) apresentando valores altos, bem acima do limite máximo para uma situação normal, com valores negativos e positivos, ou seja, casos em que essa região está mais fria (delta negativo) na mão direita e outros

que está mais quente (delta positivo), e apenas três voluntários com simetria térmica. No entanto, nenhuma queixa foi relatada nesse momento do experimento (pré-uso) e a média geral ficou dentro do valor aceitável, justamente pela oscilação de valores positivos e negativos. Nos demais momentos do experimento pudemos ver situações semelhantes, em destaque para a interface B, que atingiu uma média geral de 0,4 graus, sendo o maior valor para assimetria térmica de todos os momentos.

Tabela 33 – Delta da temperatura das regiões tenares direitas e esquerdas das mãos.

ID	Sexo	Pré-uso (Antes)	Pós-uso			Desconforto	
			A	B	C	**Queixa**	**Momento(s)**
01	F	**-1,4**	**-2,8**	**-1,8**	**-2,7**	Sim	C
02	F	**-0,8**	-0,2	0,2	-0,1	Sim	B e C
03	M	**0,7**	**0,8**	**0,8**	**0,9**	Sim	B e C
04	F	**0,6**	0,1	0,2	**0,5**	Não	Nenhum
05	M	**1,1**	**0,8**	**1,2**	**0,9**	Sim	B
06	M	**0,5**	**1,2**	**1,5**	**0,4**	Não	Nenhum
07	F	-0,2	**-0,7**	**-0,9**	**-1**	Não	Nenhum
08	M	-0,1	0,3	**0,5**	**0,5**	Não	Nenhum
09	M	0,3	0,3	0,2	0,1	Sim	B e C
10	F	**1,1**	**1,6**	**2,1**	**1,5**	Não	Nenhum
Média	-	0,18	0,14	**0,4**	0,1	-	-
DP	-	0,81	1,23	1,13	1,19	-	-
Os valores em negrito indicam as diferenças entre os lados > 0,3°.							

Fonte: O autor.

Após verificar-se a assimetria térmica, foi construída a Tabela 34 com as temperaturas médias da região tenar da mão utilizada na interação em cada momento pré e pós-usos, sexo, média geral, desvio padrão (DP), teste de normalidade e setas indicativas de aumento (↑), diminuição (↓) ou sem mudanças (=) de temperatura em comparação com o momento pré-uso.

Tabela 34 – Dados termográficos da região tenar da mão dominante pré e pós-usos.

ID	Sexo	Pré-uso (Antes)	Pós-uso		
			A	B	C
01	F	28	26,4 ↓	25,3 ↓	27,3 ↓
02	F	30,9	29,3 ↓	30,3 ↓	32,3 ↑
03	M	32,2	31,4 ↓	31,5 ↓	31,8 ↓
04	F	32,3	31,4 ↓	33,1 ↓	31,0 ↓
05	M	30,8	31,2 ↑	31 ↑	32,5 ↑
06	M	30	29,4 ↓	28,7 ↓	29,4 ↓
07	F	28,3	29,5 ↑	27,8 ↑	27,8 ↑
08	M	32,9	33,0 ↑	33,4 ↑	33,3 ↑
09	M	33,3	33,9 ↑	33,6 ↑	33,2 ↓
10	F	28,4	28,1 ↓	28,6 ↑	29,1 ↑

Média	-	30,71	30,36 ↓	30,33 ↓	30,77 ↑
DP	-	1,98	2,26	2,73	2,22
Shapiro-Wilk p*	-	0,275	0,899	0,571	0,258
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

Fonte: O autor.

Assim, podemos observar as médias muito próximas entre o pré-uso e pós-uso de C, enquanto as médias dos pós-usos de A e B são semelhantes, com valores um pouco mais baixos. Porém, a diferença entre os momentos é muito sutil, não indicando nenhuma anormalidade para sobrecarga nessa região.

Para a região do punho, foi possível perceber uma maior simetria térmica, em que apenas o pós-uso da interface B apresentou uma média geral que ultrapassa um pouco o valor determinado como normal, com 0,33 graus de diferença, conforme Tabela 35.

Tabela 35 – Delta da temperatura dos punhos direito e esquerdo das mãos.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso			Desconforto	
			A	B	C	Queixas	Momento(s)
01	F	0,1	**-0,8**	-0,2	**-0,8**	Não	Nenhuma
02	F	**-0,7**	-0,1	0	-0,3	Não	Nenhuma
03	M	**0,6**	**0,5**	**0,6**	**0,5**	Não	Nenhuma
04	F	0,3	-0,2	0,2	0,1	Não	Nenhuma
05	M	0,2	0,3	**0,4**	0,3	Não	Nenhuma
06	M	**0,5**	**0,5**	**0,9**	1	Não	Nenhuma
07	F	0,3	-0,2	0	**-0,5**	Sim	A e B
08	M	0,2	0,3	**0,6**	**0,4**	Sim	B
09	M	0	-0,1	-0,1	0	Não	Nenhuma
10	F	**0,4**	**0,6**	**0,9**	**0,5**	Sim	A
Média	-	0,19	0,08	**0,33**	0,12	-	-
DP	-	0,36	0,44	0,41	0,54	-	-
Os valores em negrito indicam as diferenças entre os lados > 0,3°.							

Fonte: O autor.

Em seguida, na Tabela 36, é possível conferir as temperaturas médias dos punhos dominantes utilizados em cada momento pré e pós-uso, e setas indicativas de aumento (↑), diminuição (↓) ou sem mudanças (=) de temperatura em comparação com o momento pré-uso. Ao verificarem-se as temperaturas, é possível perceber uma média mais baixa para o pós-uso da interface B, com uma diminuição de 0,57 graus Celsius em comparação com o pré-uso, enquanto para os outros momentos os valores são inferiores a 0,3 graus.

Tabela 36 – Dados termográficos dos punhos dominantes pré e pós-uso.

ID	Sexo	Mão	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		
				A	B	C
01	F	Direita	29,3	28,3 ↓	27,5 ↓	28,7 ↓
02	F	Direita	31,5	30,7 ↓	27,5 ↓	32,5 ↑
03	M	Direita	32,4	31,1 ↓	31,6 ↓	31,6 ↓
04	F	Direita	32,1	31,8 ↓	33,2 ↑	31,1 ↓
05	M	Direita	29,9	30,4 ↑	30,3 ↑	31,5 ↑
06	M	Direita	31,8	31,8 =	30,7 ↓	30,9 ↓
07	F	Direita	29,9	29,7 ↓	29,4 ↓	28,9 ↓
08	M	Direita	33,0	32,8 ↓	33,1 ↑	32,9 ↓
09	M	Direita	32,4	33,0 ↑	33,0 ↑	32,5 ↑
10	F	Direita	29,9	29,9 =	30,2 ↑	30,3 ↑
Média	-	-	31,22	30,95 ↓	30,65 ↓	31,09 ↓
DP	-	-	1,34	1,46	2,13	1,45
Shapiro-Wilk p*	-	-	0,328	0,963	0,353	0,626
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.						

Fonte: O autor.

Os dedos mínimos foram a região mais apontada com queixas de desconforto, tendo em vista que todos os voluntários do experimento utilizaram esse dedo para apoiar a parte inferior do smartphone, a fim de ter uma maior estabilidade do dispositivo e uma melhor mobilidade do dedo polegar. Em vista disso, ao calcular a diferença entre as temperaturas médias dos dedos mínimos direito e esquerdo, foi identificada grande quantidade de assimetria térmica em todos os momentos, com apenas uma situação de simetria normal, e valores altos que resultaram em médias gerais altas para todas as situações (Tabela 37). Essas diferenças altas entre o lado direito e esquerdo, desde o momento pré-uso, pode ser um indicativo de anormalidade, sugerindo que esse tipo de preensão adotada com o dedo mínimo ao longo tempo pode causar problemas nessa região, o que dificultou a análise nos demais momentos.

Tabela 37 – Delta da temperatura dos dedos mínimos direito e esquerdo das mãos.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso			Desconforto	
			A	B	C	Queixas	Momento(s)
01	F	**-1,2**	**0,6**	**0,7**	**-1,7**	Sim	C
02	F	**-0,7**	**1,9**	**0,7**	**0,8**	Sim	A, B e C
03	M	**1,4**	**1,5**	**1**	**0,7**	Sim	A, B e C
04	F	**1,1**	**1,4**	**0,6**	**0,9**	Sim	A e C
05	M	**1,7**	**1,4**	**1,1**	**1,7**	Não	Nenhum
06	M	**7,7**	**7**	**5,4**	**2,2**	Sim	B
07	F	**-2,3**	**-1,2**	**-1,1**	**-1,2**	Não	Nenhum
08	M	**0,6**	**0,6**	**1,1**	**0,7**	Sim	A, B e C
09	M	**0,4**	**0,4**	0,2	**0,4**	Não	Nenhum
10	F	**2**	**1**	**2,4**	**2,9**	Não	Nenhum

Média	-	**1,07**	**1,46**	**1,21**	**0,74**	-	-
DP	-	2,70	2,13	1,71	1,40	-	-
Os valores em negrito indicam as diferenças entre os lados > 0,3°.							

Fonte: O autor.

Na Tabela 38 é possível verificar as temperaturas médias do dedo mínimo dominante, com a divisão entre os momentos pré e pós-uso, sexo, temperatura média no pré-uso (Antes), pós-uso das interfaces (A, B e C), média geral, desvio padrão (DP), teste de normalidade e setas indicativas de aumento (↑), diminuição (↓) ou sem mudanças (=) de temperatura em comparação com o momento pré-uso.

Tabela 38 – Dados termográficos dos dedos mínimos dominantes pré e pós-uso.

ID	Sexo	Mão	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		
				A	B	C
01	F	Direita	26,2	23,7↓	21,8 ↓	25,6↓
02	F	Direita	28,4	24,8 ↓	21,8 ↓	31 ↑
03	M	Direita	30,8	29,3 ↓	29,3 ↓	30,4 ↓
04	F	Direita	32,8	31,1 ↓	33,1 ↑	30,3 ↓
05	M	Direita	30,7	31,4 ↑	30,9 ↑	32,5 ↑
06	M	Direita	29,1	27,6 ↓	29 ↓	30,8 ↓
07	F	Direita	26,7	29,8 ↑	25,1 ↓	28 ↑
08	M	Direita	33,9	33,4 ↓	34,1 ↑	33,4 ↓
09	M	Direita	33,8	34,2 ↑	34 ↑	33,8 =
10	F	Direita	22,3	23,2 ↑	23,4 ↑	23,6 ↑
Média	-	-	29,47	28,85 ↓	28,25 ↓	29,94 ↑
DP	-	-	3,71	3,92	4,90	3,31
Shapiro-Wilk p*	-	-	0,887	0,171	0,053	0,668
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.						

Fonte: O autor.

Analisando apenas a mão utilizada na interação direta com o smartphone, podemos perceber mudanças de temperatura mais acentuadas, resultando em médias gerais altas. Destaca-se a diferença entre o pré-uso com o pós-uso da interface B, atingindo 1,22 graus de alteração na temperatura. Porém, as outras situações também obtiveram diferenças altas, o que condiz com os relatos dos participantes, que indicaram desconforto no dedo mínimo em todas as três situações de uso.

Após a estatística descritiva da termografia das regiões de queixas, foi realizada a ANOVA para Medidas Repetidas, a fim de se averiguar se as diferenças foram estatisticamente significativas para as médias de temperaturas entre cada momento pré e pós-uso, e conforme a Tabela 39. Assim, os resultados indicam que não há diferença entre as médias em nenhum dos momentos comparados. Mas, para o dedo mínimo,

podemos ver uma tendência maior para ocorrer diferença entre as médias, principalmente comparando-se o momento pré-uso (antes) com o pós-uso da interface B, onde ocorre uma maior diminuição de temperatura.

Tabela 39 – Médias e ANOVA da região tenar, punho, dedo mínimo e dorso da mão dominante.

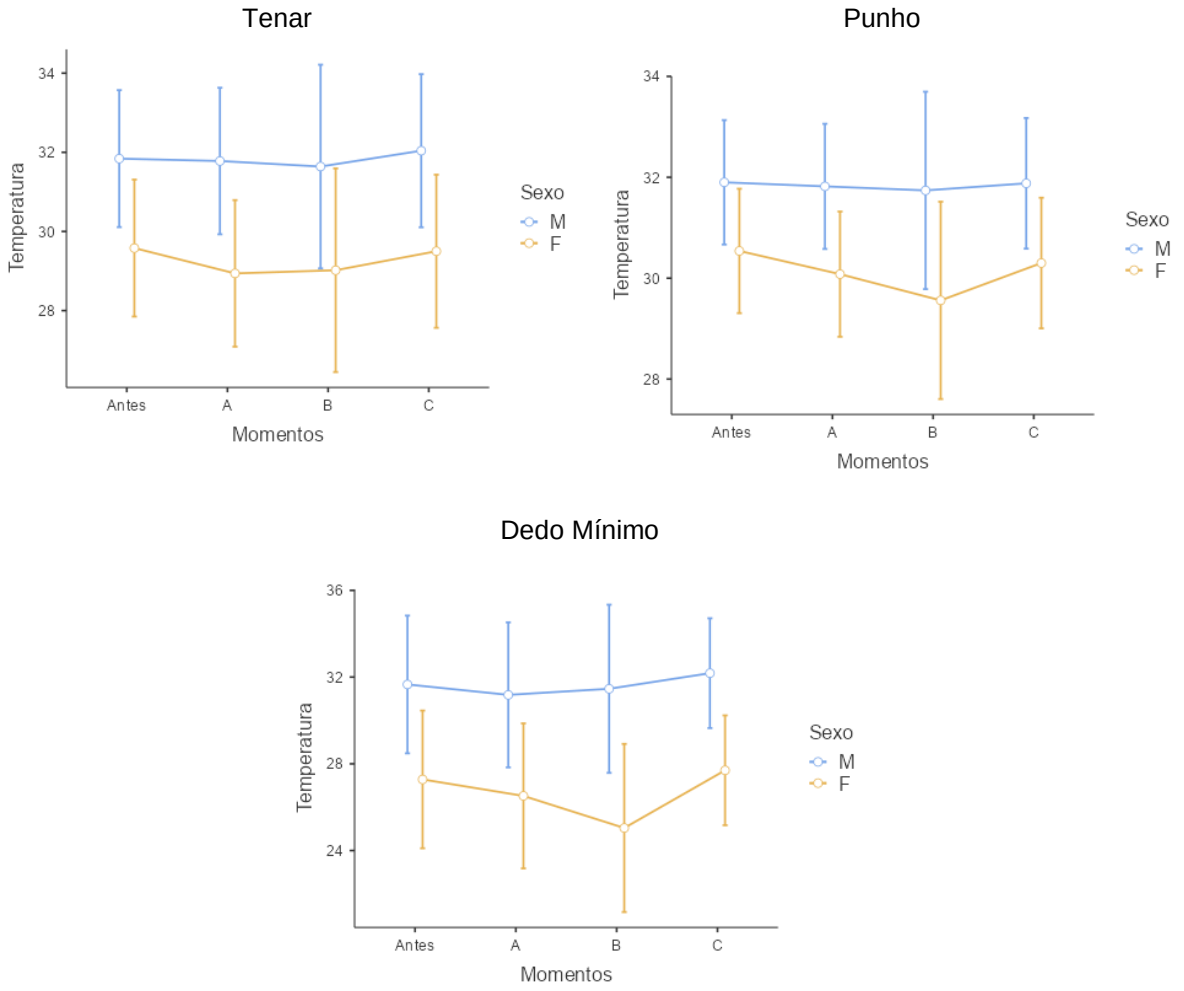
Região	Momento	Média	Desvio Padrão	p-valor
Tenar Direita	**Antes**	30,71	1,98	0,494
	A	30,36	2,26	
	B	30,33	2,73	
	C	30,77	2,22	
Punho Direito	**Antes**	31,22	1,34	0,544
	A	30,95	1,46	
	B	30,65	2,13	
	C	31,09	1,45	
Dedo Mínimo Direito	**Antes**	29,47	3,71	0,142
	A	28,85	3,92	
	B	28,25	4,90	
	C	29,94	3,31	
* Nível de significância adotado, p < 0,05.				

Fonte: O autor.

No entanto, não podemos confirmar estatisticamente que em alguma situação houve alterações significativas na temperatura dessas regiões de queixas dos participantes do experimento, as quais comprovem diferença entre as interfaces testadas.

Com relação às diferenças de temperatura com a divisão entre os sexos feminino e masculino, nos gráficos da Figura 98 é possível entender que, apesar das temperaturas das mãos do feminino serem normalmente mais baixas, nota-se uma semelhante nas transições do momento pré-uso (Antes) para o pós-uso (A, B e C). Nesse aspecto, apenas algumas pequenas oscilações diferenciam os sexos, como no caso da temperatura do punho no pós-uso de B, com uma pequena queda para o feminino, e no dedo mínimo, com um declínio um pouco maior para a mesma interface (B).

Figura 98 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-uso com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

Após análise dos dados da termografia das mãos da região tenar, punho e dedo mínimo, as médias gerais da média de temperatura nessas regiões dão indícios de que ocorrem algumas alterações, mas estas não foram comprovadas através de teste estatístico. Assim, é possível perceber que, para situações em que o nível de desconforto e esforço físico é baixo, devido a alterações sutis nas interfaces, a termografia pode não ser muito precisa, necessitando de diferenciações mais intensas no modo de uso para ter um melhor desempenho para comparações significativas, bem como uma maior duração da tarefa.

4.2.5.9 Nível de estresse emocional relatado

Para avaliar o estresse sentido pelos voluntários antes e após o uso das interfaces, foram aplicados formulários para verificar o nível de estresse. Nessa etapa, o

voluntário assinalou a condição de estresse a que estava submetido quando foi questionado, em uma escala variando de 0 (zero) a 10 (dez) (Figura 99). Assim, foi possível comparar essas informações com as imagens térmicas dos seus rostos, que também foram registrados nos mesmos momentos para comparar a experiência relatada com a experiência sentida e verificar se são equivalentes (VITORINO; SOARES; MARÇAL, 2022).

Figura 99 – Escala de nível de estresse emocional.

Fonte: O autor.

A estatística descritiva obtida com as respostas dos 10 voluntários pode ser conferida na Tabela 40, sendo possível perceber pouca diferença entre as médias de cada momento testado.

Tabela 40 – Estatística descritiva do nível de estresse relatado pré e pós-uso.

Momento	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Shapiro-Wilk p
Antes	0,00	7,00	3,1	2,20	0,337
A (Duplo Toque)	1,00	7,00	3,3	1,70	0,243
B (Toque no Ícone)	0,00	7,00	3,4	2,10	0,575
C (Alternado)	0,00	5,00	2,8	1,50	0,197
Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

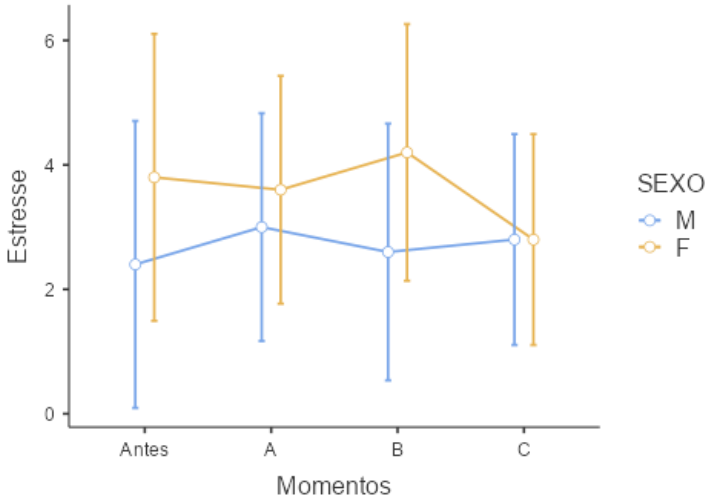
Fonte: O autor.

Após a realização do Teste de Friedman, os valores indicam que não há diferença significativa entre os momentos, com p-valor maior do que 0,05 nas três situações testadas, comparando o momento pré-teste (antes) e cada pós-uso das interfaces A, B e C.

Contudo, apesar de não se obter diferença significativa, foi possível observar algumas tendências para divisão entre os sexos masculino e feminino, isto é, ao observar o gráfico na Figura 100, percebemos valores mais altos do nível de estresse para o sexo feminino para as situações pré-uso e pós-uso das interfaces A e B, com maior valor

na interface B, e valores praticamente idênticos para o pós-uso de C para ambos os sexos.

Figura 100 – Gráfico do nível de estresse nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo.



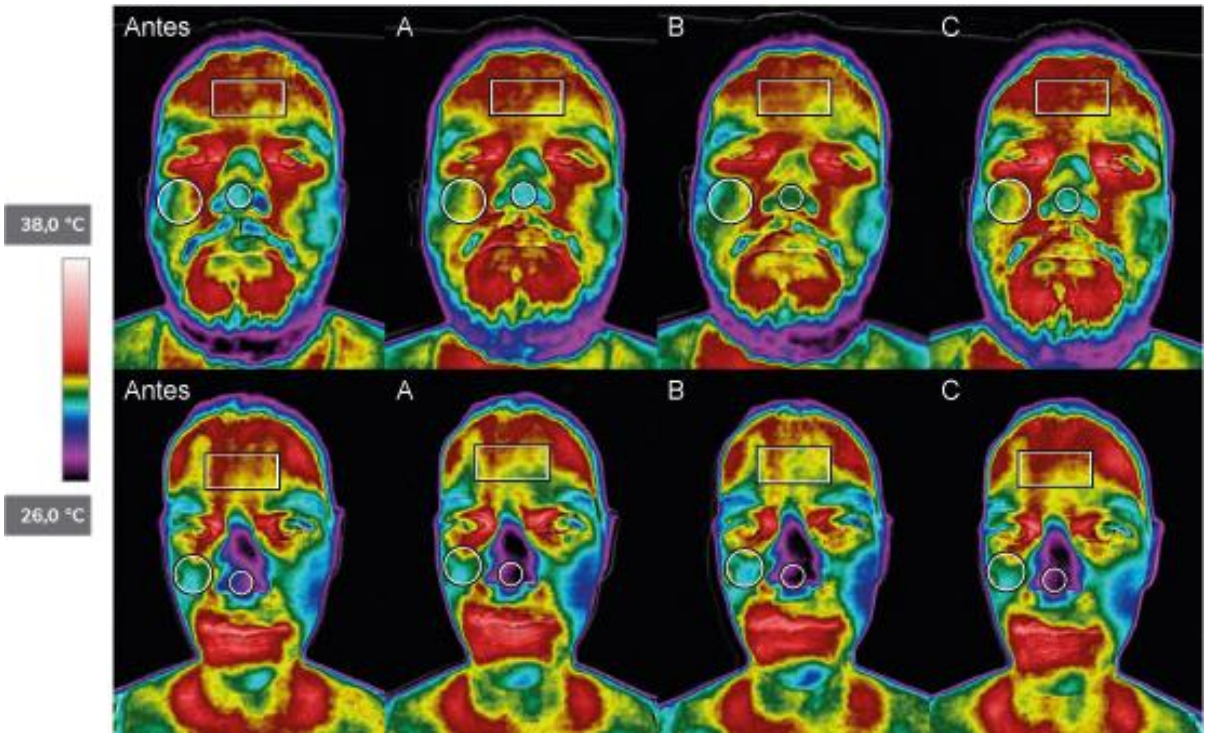
Fonte: O autor.

4.2.5.10 Termografia para avaliação do estresse

Para avaliar o nível de estresse dos participantes através de dados objetivos e fisiológicos, utilizamos imagens termográficas dos rostos dos voluntários nos momentos antes do uso (pré-uso) e após o uso de cada interface (pós-uso de A, B e C). O interesse dessas imagens está em três regiões dos rostos dos participantes, selecionadas conforme estudos que indicam que, caso a pessoa esteja mais estressada, é de se esperar uma queda da temperatura nas regiões da testa, nariz e bochecha (MERLA; ROMANI, 2007; OR; DUFFY, 2007; PAVLIDIS; LEVINE; BAUKOL, 2000; VITORINO; SOARES; MARÇAL, 2022).

Após o registro dos momentos, as imagens foram analisadas através do software FLIR Thermal Studio. Foram demarcadas as regiões com a ferramenta retangular para testa e circular para nariz e bochecha, padronizando as dimensões e localização das ROIs (regiões de interesse) e foram coletadas as temperaturas máxima, mínima e média em graus Celsius nas imagens antes e após cada uso (A, B e C), conforme Figura 101, que apresenta dois voluntários, um do sexo masculino e outro do feminino, nos três momentos do experimento. As imagens térmicas de todos os voluntários podem ser verificadas no Apêndice J – Termografia da Face dos 10 voluntários do Estudo 2 (p. 294).

Figura 101 – Sequências de imagens térmicas dos momentos antes (A, B e C), masculino e feminino.



Fonte: O autor.

Posteriormente, foi realizada uma análise estatística dos dados dos dez voluntários (n = 10), nas regiões da testa (Test), nariz (Nar) e bochecha (Boch), nos períodos pré-uso (Antes) e pós-uso (A, B e C), e temperaturas máxima, mínima e média (Max, Min e Med, respectivamente) observados na Tabela 41.

Tabela 41 – Estatística descritiva das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-usos.

Região	Min	Max	Med	DP
Test Antes Max	32,3	33,9	32,96	0,47
Test Antes Min	31,2	33,1	31,81	0,57
Test Antes Med	31,7	33,4	32,38	0,50
Nar Antes Max	25,2	33	29,78	2,78
Nar Antes Min	23,6	32,3	27,89	3,32
Nar Antes Med	24	32,6	28,71	3,20
Boch Antes Max	30,1	34	32,39	1,04
Boch Antes Min	28,2	31,5	30,02	1,13
Boch Antes Med	29,4	32,8	31,1	1,02
Test A Max	32	34,5	32,91	0,77
Test A Min	30,6	33	31,6	0,67
Test A Med	31,4	33,8	32,29	0,70
Nar A Max	25,9	31,7	28,95	2,11
Nar A Min	24,1	30,7	26,88	2,38
Nar A Med	24,7	31,2	27,65	2,41

Boch A Max	31,3	33,1	32,23	0,65
Boch A Min	28,7	30,6	29,65	0,67
Boch A Med	29,7	31,7	30,73	0,71
Test B Max	31,9	33,6	32,95	0,60
Test B Min	30,6	32,3	31,64	0,53
Test B Med	31,5	32,9	32,34	0,52
Nar B Max	25,1	32,2	29,07	2,81
Nar B Min	23,2	30,4	27,27	2,86
Nar B Med	24	31,2	27,99	2,85
Boch B Max	30,1	33,4	32,14	1,02
Boch B Min	28	31,4	29,77	1,02
Boch B Med	28,6	31,9	30,76	0,96
Test C Max	32,4	33,6	33,17	0,37
Test C Min	30,6	32,8	31,91	0,60
Test C Med	31,5	33	32,43	0,46
Nar C Max	24,1	32,4	29,21	2,93
Nar C Min	23,3	30,9	27,46	3,12
Nar C Med	23,6	31,7	28,18	3,07
Boch C Max	30,3	33,6	32,34	1,10
Boch C Min	27,2	31	29,81	1,21
Boch C Med	28,3	32,3	30,92	1,28

Fonte: O autor.

Foi realizado o Test T para Amostras Pareadas que apresentou um nível de significância maior do que 0,05 em praticamente todos os pares testados, com exceção do par que compara a temperatura mínima da testa antes e após o uso da interface B (destacado em negrito), conforme Tabela 42.

Tabela 42 – Test T das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso.

Pré-uso x pós-uso A, B ou C	Teste	Correlação	p
Test Antes Max – Test A Max	t de Student	0,975	0,930
Test Antes Max – Test B Max	t de Student	0,903	0,234
Test Antes Max – Test C Max	t de Student	0,900	0,220
Test Antes Min – Test A Min	t de Student	0,986	0,988
Test Antes Min – Test B Min	t de Student	0,809	**0,019**
Test Antes Min – Test C Min	t de Student	0,888	0,160
Test Antes Med – Test A Med	t de Student	0,988	0,993
Test Antes Med – Test B Med	t de Student	0,908	0,268
Test Antes Med – Test C Med	t de Student	0,893	0,183
Nar Antes Max – Nar A Max	t de Student	1.664	0.131
Nar Antes Max – Nar B Max	t de Student	1.826	0.101
Nar Antes Max – Nar C Max	t de Student	1.552	0.155
Nar Antes Min – Nar A Min	t de Student	1.832	0.100

Nar Antes Min – Nar B Min	t de Student	1.195	0.263
Nar Antes Min – Nar C Min	t de Student	1.759	0.113
Nar Antes Med – Nar A Med	t de Student	2.135	0.062
Nar Antes Med – Nar B Med	t de Student	1.521	0.162
Nar Antes Med – Nar C Med	t de Student	1.703	0.123
Boch Antes Max – Boch A Max	t de Student	0.483	0.640
Boch Antes Max – Boch B Max	t de Student	0.773	0.460
Boch Antes Max – Boch C Max	t de Student	0.187	0.856
Boch Antes Min – Boch A Min	t de Student	1.334	0.215
Boch Antes Min – Boch B Min	t de Student	0.920	0.382
Boch Antes Min – Boch C Min	t de Student	1.202	0.260
Boch Antes Med – Boch A Med	t de Student	1.513	0.165
Boch Antes Med – Boch B Med	t de Student	1.367	0.205
Boch Antes Med – Boch C Med	t de Student	0.863	0.411
Os valores em negrito indicam a diferença significativa (p<0,05).			

Fonte: O autor.

No caso dessa avaliação emocional, o intuito foi de monitorar o nível de estresse para que nenhum voluntário realizasse o experimento com alto nível de estresse emocional. Portanto, os resultados foram semelhantes tanto para o nível de estresse relatado como para a termografia, uma vez que não houve diferença significativa em nenhuma das situações, seja no pré ou pós-uso das interfaces. Assim, podemos confirmar que as variações de interfaces testadas não ocasionaram estresse, e, além disso, alguns voluntários relataram uma certa monotonia da interação devido a repetição das ações, o que acabou acarretando sonolência.

Nesse sentido, podemos indicar que não há aumento ou diminuição do nível estresse, ou seja, o uso das interfaces não alterou o nível de estresse emocional de forma significativa em nenhuma das interfaces testadas. Deste modo, é possível que a percepção do desconforto não tenha sido acentuada pelo fato de a tarefa não ser estressante, mesmo sendo um experimento com atividades monótonas e repetitivas que não estimularam os voluntários.

Assim, outro fator agravante das redes sociais é o elemento motivacional. As redes são pensadas para fornecerem conteúdos interessantes e atraentes para seus adeptos e consequentemente a percepção de desconforto pode ser ainda menor, se comparada ao experimento em questão. Portanto, os prejuízos só serão percebidos a longo prazo. O que converge para a relação que Kroemer e Grandjean (2005) levantam sobre a motivação e as queixas de desconforto, que diz que quanto maior a

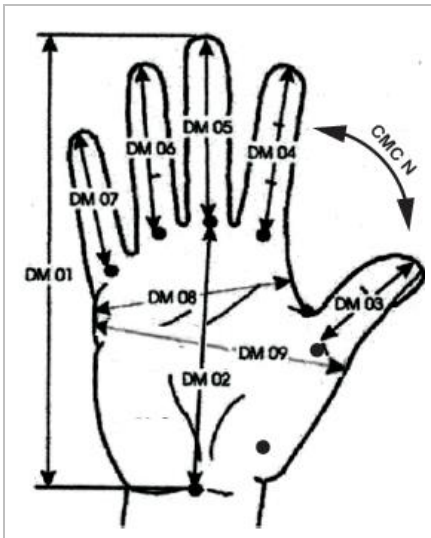
motivação para realizar uma tarefa, menor a quantidade de reclamações sobre os efeitos negativos daquela atividade.

4.2.5.11 Antropometria da mão

A dimensões das mãos são importantes na realização de atividades com instrumentos manuais, pois, dependendo de como os elementos de interação são planejados, as pessoas podem ter dificuldade ou são impedidas de executar determinadas ações. Por isso, foi necessário coletar os dados antropométricos das mãos dos voluntários e assim verificar a influência dessas variáveis no uso.

Para isso, conforme os procedimentos de Paschoarelli *et al.*(2011), utilizamos paquímetro digital para realizar as medições das mãos utilizadas no experimento em nove segmentos (variáveis) e para verificar o ângulo neutro do CMC Radial. Além disso, com o objetivo de ter o parâmetro para os movimentos de adução e abdução, foram utilizados os procedimentos de Holzbauer *et al.* (2021), cujo goniômetro foi alinhado com a primeira e a segunda cabeças metacarpais (polegar e indicador, respectivamente). Os dez voluntários utilizaram apenas mão direita durante o uso das interfaces, portanto, realizamos as medições dos segmentos dessa mão, conforme Tabela 43.

Tabela 43 – Antropometria das mãos direitas dos voluntários para o sexo masculino e feminino, e valor de “p” (ANOVA – p ≤ 0,05).



	Masculino		Feminino		Anova “p”
Variável	**Média**	**DP**	**Média**	**DP**	
DM1	190,0	9,35	171,0	4,18	**0,007**
DM2	103,8	7,90	92,4	2,54	**0,029**
DM3	68,4	4,21	60,6	3,21	**0,012**
DM4	73,0	4,23	69,7	1,98	0,17
DM5	82,5	5,22	75,7	3,66	**0,047**
DM6	76,5	4,36	70,1	2,72	**0,029**
DM7	60,7	6,21	58,2	2,84	0,45
DM8	89,9	4,93	78,4	1,33	**0,005**
DM9	118,4	7,37	97,2	5,44	**0,001**
CMC Neutro	42,2	3,56	39,0	1,41	0,118

Os valores estão expressos em milímetros. Valores em negrito indicam diferença estatística p≤0,05.

Fonte: Adaptado de Paschoarelli *et al.*(2021).

Conforme observado na tabela anterior, foi aplica a Análise da Variância (ANOVA – p ≤ 0,05) para verificar se existe diferença nas dimensões das nove variáveis e do

ângulo neutro do MCP Radial, entre os voluntários do sexo masculino e feminino. Deste modo, com os resultados da ANOVA, verificamos diferenças significativas em sete variáveis ($p \leq 0,05$), enquanto outras três não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), quais sejam, o DM4 (comprimento do dedo indicador), o DM7 (comprimento do dedo mínimo) e o CMC Neutro (ângulo neutro do carpometacarpal para o movimento radial).

Assim, após conferir todos os segmentos envolvidos na interação, verificamos que os que possuem maior influência na tarefa realizada são o DM3 (comprimento do polegar), sendo menor para as voluntárias do sexo feminino, o que pode prejudicar o alcance dos elementos mais distantes, ocasionando movimentos de abdução mais extremos, e o ângulo do CMC Neutro, que, apesar de não obter diferença significativa na ANOVA, ao observarmos a média, percebemos ângulos menores para o sexo feminino. Portanto, foi confirmada essa questão com os dados apresentados por Gilbert *et al.* (1988), que apresentam uma tendência de ângulos menores para sexo feminino e para movimentações extremas do CMC Radial.

Com relação à antropometria dos segmentos das mãos dominantes, percebemos algumas diferenças quando comparamos os sexos feminino e masculino, as quais devem ser levadas em consideração no projeto de interfaces gestuais para smartphones, reforçando os achados de outros estudos relacionados ao tamanho do polegar, mão e do próprio dispositivo (GUSTAFSSON *et al.*, 2018; KIETRYS *et al.*, 2015; KIM; KIM, 2015), sobre a exposição biomecânica ocasionada por essas inadequações dimensionais para os usuários. Ou seja, tendo ciência de que o polegar com dimensões significativamente menores e o CMC Radial Neutro também com uma tendência de ser mais baixo para o sexo feminino, é necessário compreender que essas pessoas terão maiores dificuldades de alcançar elementos mais distantes na tela dos smartphones e, consequentemente, estão mais expostas ao desconforto e a problemas musculoesqueléticos.

Assim, entende-se que as pessoas usuárias deveriam ter a oportunidade de personalizar o próprio sistema e identificar quais os melhores posicionamentos dos elementos de interação de acordo com as dimensões das suas mãos. Um dos caminhos pode ser a modelagem da área funcional polegar de Bergstrom-Lehtovirta e Oulasvirta (2014), que identifica a área de alcance real dos polegares na tela.

Por fim, no próximo tópico será apresentada a diagnose ergonômica, resumindo e relacionando os achados deste estudo, a fim de auxiliar no redesign de uma nova interface, com melhorias nos aspectos ergonômicos da interação gestual.

4.2.6 Considerações finais do Estudo 2

De antemão, é importante salientar que, mesmo estando dentro do nível de alcance natural (verde), de acordo com as Zonas dos Polegares de Hoober (2017a), todas as interações testadas no experimento, ou seja, curtir o conteúdo tocando a imagem duas vezes, ou uma vez, com o ícone do coração, e a rolagem de tela, estando todas dentro das áreas consideradas naturais ou adequadas, ao realizar a análise do movimento considerando as articulações dos polegares e com foco no desconforto, e não apenas no objetivo de tocar em algum elemento da interface com eficácia e eficiência, percebemos uma quantidade importante de posições extremas que podem causar desconforto e, a longo prazo, podem causar problemas musculoesqueléticos. Portanto, apenas a aplicação dos elementos de interação nas Zonas dos Polegares não é suficiente para que a interface seja ergonômica. Assim, tendo em vista as variedades dimensionais e as limitações individuais, é necessária uma análise da postura e dos movimentos envolvidos na tarefa, para entender a interação com foco no corpo e não apenas na interface gráfica ou em padrões pré-determinados.

Outro ponto é que as interfaces A, B e C compreendem as possíveis variações de uso do Feed do Instagram, variando o tipo de gesto de interação para curtir o conteúdo, como explicado anteriormente. Porém, um detalhe importante destacado nos relatos dos voluntários foi que todos sinalizaram que utilizam predominantemente o modo de uso da interface A, ou seja, curtir o conteúdo através dos dois toques na imagem, sendo essa a que obteve melhores resultados para os movimentos do polegar na articulação CMC Radial. Porém, alguns voluntários indicaram que em determinadas situações utilizam o toque no ícone do coração, como no caso de “descurtir” um conteúdo que “curtiu” por engano ou em situações nas quais estão utilizando as duas mãos para interagir com a tela, e, nesse momento, utilizam o polegar da mão esquerda para curtir o coração, porém em casos muito específicos.

Entretanto, a interface A, apesar da sua versatilidade, que possibilita tocar em qualquer área da imagem para curtir, proporcionou um maior quantitativo de ângulos dentro da faixa segura adotada, atingindo uma porcentagem expressiva de ângulos na

faixa crítica, e que podem ser reduzidos. Desse modo, posicionar um ícone para curtir em um local fixo e não extremo, apesar de limitador, pode direcionar o usuário para um uso mais coerente, tendo em vista que, dando muita liberdade, é possível que a interface seja utilizada de um modo inadequado, como foi visto em alguns voluntários desse experimento, os quais utilizaram movimentos de adução (ângulos fechados) para evitar tocar na imagem ou obstruir a visibilidade dos elementos na tela, optando por posicionar o dedo polegar no canto direito, o que ocasionou uma quantidade elevada de posições na faixa crítica para adução. Porém, ainda é possível manter o recurso de curtir com os dois toques, aumentando a flexibilidade de uso, dando duas alternativas para executar a mesma ação.

Ainda sobre o posicionamento dos elementos de interação, também foi possível perceber, nos casos em que ocorreram movimentos com maiores ângulos (na faixa crítica), uma relação com o posicionamento do ícone de curtir (coração) que está localizado na extremidade esquerda da tela, induzindo os usuários a rolar a tela com o polegar mais estendido para conseguir tocar o ícone com maior facilidade. Tendo em vista que, quando não utilizaram essa estratégia de rolagem de tela, muitas vezes erravam o toque no ícone e precisavam tocar mais de uma vez para curtir, foi observada a redução da eficiência e o aumento dos erros. Isso converge com os estudos de TRUDEAU *et al.* (2012), que sugerem que deve-se evitar posicionar elementos importantes de interação com a interface em locais que reduzam o desempenho motor do polegar, como cantos inferior direito e superior esquerdo. Portanto, os botões devem estar posicionados entre a parte direita superior e esquerda central da tela.

Já no caso da termografia das mãos, foram analisadas as regiões de queixa dos voluntários, ou seja, região tenar, punho e dedo mínimo. Apesar dos indícios de algumas alterações na temperatura dessas áreas, não foram comprovadas através de teste estatístico. Isto é, os resultados apresentam variações na alteração de temperatura para cada participante, ora diminuindo ora aumentando a temperatura em comparação com o momento pré-uso, semelhante aos resultados de FORCELINI *et al.* (2018) em avaliação de descascadores manuais, cujos resultados apresentam redução da temperatura média após o uso dos produtos, o que não é comum em avaliações de sobrecarga e desconforto, geralmente indicados com aumento de temperatura (FERNANDES *et al.*, 2020; MARÇAL; SILVA; NETO, 2016).

Porém, essas reduções de temperatura (hiporradiação) podem estar relacionadas à preensão adotada no manuseio do smartphone, que, devido à compressão de vasos sanguíneos ou do nervo mediano, pode ter reduzido a circulação sanguínea na mão e, consequentemente, acarretado o esfriamento dessa região, além da relação com o uso repetitivo da mão e do punho (BRIOSCHI *et al.*, 2012). Além disso, principalmente para o dedo mínimo, foi percebida uma assimetria térmica desde o momento pré-uso, o que pode estar relacionado ao uso cotidiano do smartphone pelos voluntários do experimento. No entanto, são necessários estudos mais aprofundados para entender esse fenômeno.

Isto posto, foi possível concluir que, para situações em que o nível de desconforto é baixo ou com poucas queixas, a termografia pode não ser muito precisa, sendo mais indicada em casos com a presença de dor ou desconforto no momento do exame (BRIOSCHI; COLMAN, 2005), necessitando de diferenciações mais intensas no modo de uso e na duração da tarefa para ter um melhor desempenho para comparações em usos de interfaces.

Ainda, o uso da termografia para avaliação emocional foi importante para relacionar com os relatos subjetivos dos voluntários, auxiliando no controle dessa variável, a fim de que o nível de estresse emocional não afetasse de forma significativa os relatos dos participantes em relação às questões levantadas, como percepção do desconforto e esforço.

Após a avaliação das três interfaces, notamos que existiu um contrapeso entre as variáveis “alcançabilidade” e “repetitividade”, em que a interface A ficou mais bem posicionada com relação à amplitude dos movimentos (alcançabilidade), com maior porcentagem na faixa segura. Porém, com relação à média de repetição dos movimentos (repetitividade), foi a que obteve maiores valores, enquanto as interfaces B e C obtiveram maiores valores para amplitude dos movimentos, e C com maiores valores do que B para as duas variáveis.

Assim, percebemos diferenças muitos sutis entre as interfaces, que corroboram os resultados da experiência relatada dos usuários para as questões sobre o nível de desconforto, com diferença estatística significativa para a região da mão comparando-se os momentos pré com os pós-usos, mas sem diferença estatística entre os pós-usos, isto é, não sendo possível indicar qual interface é mais desconfortável pela

percepção dos usuários. Além disso, o esforço percebido no pós-teste de cada interface, apresentou valores baixos e sem diferenças expressivas entre os momentos, com valores muito próximos. O que converge para os resultados da termografia que não identificou alterações estatisticamente significativas nas temperaturas das regiões de queixas de desconforto, sem indicativos para sobrecarga musculoesquelética.

Em todos os aspectos analisados, foi observada a divisão por sexo, no entanto, não foram encontradas diferenças significativas nos testes estatísticos. Porém, foram verificadas algumas tendências que sugerem particularidades para o sexo feminino e masculino. Isto é, no caso do sexo masculino, apesar de maior quantidade de ângulos em faixas críticas para abdução (ângulos abertos), identificados na análise dos movimentos do polegar, o relato de desconforto foi um pouco menor, em compensação, as voluntárias do sexo feminino efetuaram maior quantidade de gestos e com uma média um pouco maior no nível de desconforto relatado. De tal modo, há uma convergência com os achados do Estudo 1, no qual confirmamos estatisticamente que há uma maior quantidade de queixas de desconforto por parte do sexo feminino (VITORINO; CORREIA; MARÇAL, 2022).

Com os achados deste Estudo 2 podemos indicar uma relação com as variáveis de alcançabilidade e repetitividade, pelo fato de que as interfaces avaliadas desfavoreceram as usuárias tanto para o alcance dos elementos, como na quantidade de gestos necessário para efetuar a mesma tarefa, e que sugere que esses achados podem estar relacionados a questões antropométricas das mãos, mas, também, com maior tempo de uso no dia a dia, visto que as voluntárias do sexo feminino possuem uma média de uso diário do Instagram de 1 hora 34 minutos, cerca de 34 minutos a mais que o masculino. Este aspecto foi verificado no Estudo 1, segundo o qual quanto maior a quantidade de tempo de uso diário maior a quantidade de queixas de desconforto. Pode ter, ainda, uma relação com os achados de Gustafsson *et al.* (2010), cujo estudo experimental, comparando sexo feminino e masculino, indicou maior atividade muscular no abdutor longo do polegar, além da maior velocidade de movimentos e menores pausas para as participantes do sexo feminino. Ou seja, a frequência de uso diário pode dar maiores habilidades e eficiência aos usuários devido ao costume, e isso pode ocasionar prejuízos devido às inconformidades ergonômicas da interface.

Assim, após essas considerações e seguindo o método proposto, é pertinente o desenvolvimento de uma nova interface, que compreenda os movimentos de amplitudes dentro da faixa segura adotada e, também, a redução da repetição de movimentos a fim de se verificar se tais soluções são significativas para diminuir o desconforto e o comprometimento das estruturas musculoesqueléticas dos usuários.

4.3 ESTUDO 3 – REDESIGN E AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

O objetivo deste experimento foi avaliar a interface redesenhada do Feed do Instagram, levando em consideração um melhor posicionamento dos elementos de interação, com a finalidade de se obter um alcance sem posições extremas dos polegares e com a flexibilidade da ação gestual de passagem de conteúdo, substituindo o Scroll infinito para reduzir movimentos repetitivos. Assim, após a avaliação, será possível comparar os resultados e verificar se o redesign foi capaz de reduzir a percepção de desconforto e sobrecarga biomecânica dos voluntários com relação à interface convencional do Feed.

4.3.1 Materiais e métodos

Os materiais e métodos utilizados neste estudo seguirão os mesmos critérios e procedimentos do Estudo 2.

4.3.1.1 Materiais e instrumentos

Para este estudo foram utilizados os mesmos materiais e instrumentos do Estudo 2.

4.3.2 Participantes

Os mesmos critérios do Estudo 2.

4.3.2.1 Amostra

Para este estudo foi utilizada uma amostra por conveniência, com total de 12 voluntários, sendo seis do sexo feminino e seis do sexo masculino, cujas características gerais podem ser conferidas na Tabela 44. Cada sujeito realizou o experimento utilizando a interface original e o redesign, totalizando 24 registros de uso, conforme explicado em *4.2.4 Procedimentos* (p. 166).

Tabela 44 – Características gerais dos voluntários do Estudo 3.

Características	N (%)	Média ±DP	Min - Máx
Sexo			
Feminino	6 (50%)		
Masculino	6 (50%)		
Idade (anos)		29,58 ±9,23	24 – 37
Altura (metros)		1,75 ±0,49	1,61 – 1,95
Peso (quilogramas)		81,00 ±27,85	120 - 60
IMC			
Saudável	4 (33,4%)		
Sobrepeso	6 (50%)		
Obesidade Grau I	2 (16,6%)		
Dominância Lateral (mão)			
Direita	11 (91,6%)		
Esquerda	1 (8,4%)		
Doença/Lesão Musculoesquelética			
Não	10 (100%)		
Sim	-		
Média Geral Diária no Instagram (horas)		01:12 ±00:47	00:06–02:29
Feminino		01:25 ±00:42	00:28 – 02:29
Masculino		00:59 ±00:46	00:06 – 02:00

Fonte: O autor.

4.3.2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram adotados os mesmos critérios de inclusão e exclusão utilizados no experimento anterior (*Critérios de inclusão e exclusão*, p. 164).

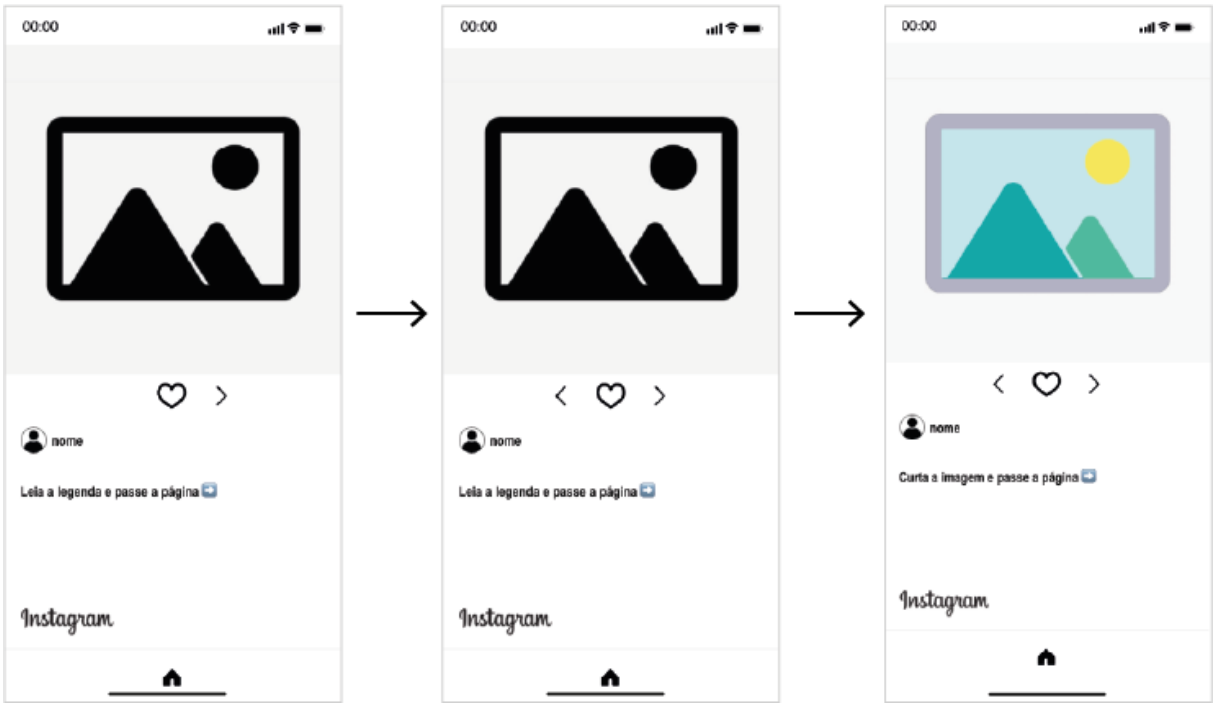
4.3.3 Local

Conforme indicado anteriormente no Estudo 2 (p. 165).

4.3.4 Procedimentos

Os procedimentos foram os mesmos do experimento anterior (Estudo 2, p. 166), porém, com alterações nas interfaces que foram avaliadas, sendo uma proposta de design ergonômico para o Feed do Instagram (Figura 102), alterando o alcance do ícone curtir, mantendo a opção de curtir com dois toques na imagem e proporcionando flexibilidade de uso na passagem de conteúdo, com a possibilidade de executar essa ação de duas formas diferentes: tocando na seta para a direita ou deslizando horizontalmente a tela para o lado.

Figura 102 – Redesign ergonômico do Feed do Instagram



Fonte: O autor.

Os participantes utilizaram dois tipos de interface A e X. A interface A, já testada anteriormente, será utilizada para contrapor os resultados com a interface X. No caso da “A”, o voluntário curte o conteúdo apenas utilizando o duplo toque nas imagens indicadas (1) e movimenta o Feed através da rolagem vertical (scroll). Enquanto para “X”, pode executar a ação de curtir utilizando duplo toque na imagem ou toque no coração, e a passagem de tela pode ser realizada através da seta para direita ou deslizando a tela horizontalmente.

Deste modo, foi verificado se há melhorias e diferenças significativas na qualidade da interação da interface digital ergonômica em comparação com a interface original do Feed com relação aos ângulos, desconforto e sobrecarga musculoesquelética.

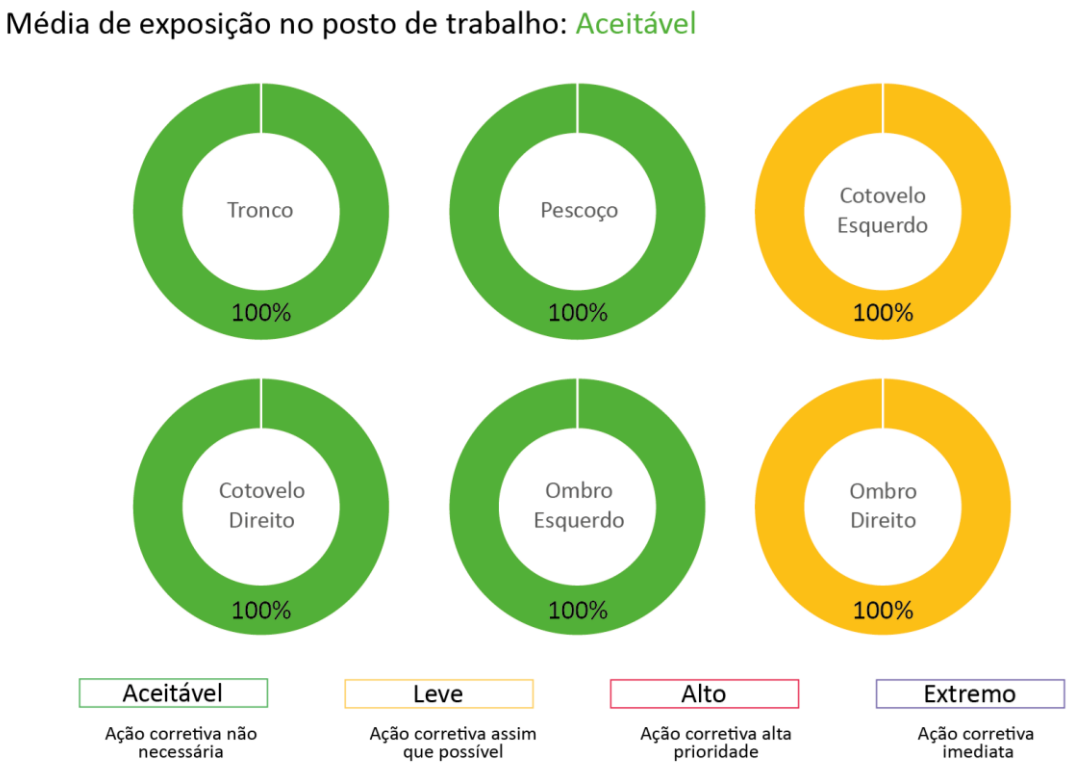
4.3.5 Resultados e discussão da segunda experimentação

Nesta seção, são apresentados os resultados do Estudo 3 (Segunda Experimentação). Para isso, foram analisados os dados obtidos nas filmagens, respostas dos formulários e imagens térmicas, seguindo os mesmos critérios do Estudo 2.

4.3.5.1 Postura corporal dos membros superiores e tronco

Seguindo as mesmas etapas do estudo anterior, as filmagens dos corpos dos voluntários foram processadas no Kinebot e os resultados das interfaces A e X, assim como no estudo anterior, apresentaram as mesmas porcentagens para os seis segmentos avaliados, isto é, todos dentro de faixas de exposição aceitável ou leve.

Figura 103 – Média de exposição de cada região avaliada no sistema Kinebot (A e X).



Fonte: O autor baseado no sistema Kinebot (2022).

Assim, percebe-se na análise que os resultados são análogos, não sendo executadas posturas com risco alto ou extremo em nenhum dos segmentos, com poucas variações de movimentos e dentro das faixas seguras de amplitude para ambas as interfaces (A e X). Portanto, as recomendações ergonômicas para postura foram eficientes, mas dependem da conscientização das pessoas em situações cotidianas e no próprio ambiente de trabalho. Assim, fabricantes de smartphones e empresas precisam intensificar a importância de situações apropriadas com mobiliário adequado e pausas frequentes (IIDA; BUARQUE, 2016; KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

4.3.5.2 Amplitudes dos movimentos do polegar

Para avaliar os movimentos articulares do polegar, os dados obtidos através das filmagens das mãos foram processados seguindo os mesmos passos do estudo anterior. Assim, as amplitudes médias dos movimentos de cada articulação são apresentadas nas Tabelas 45, 46 e 47.

É importante destacar que, dos doze participantes deste experimento, onze utilizaram a mão direita e apenas uma pessoa utilizou a mão esquerda. E, assim como no Estudo 2, novamente indicaram que a forma predominante com que utilizam o Feed do Instagram é com uma única mão, ou seja, uso da mão dominante e polegar para interagir com a tela.

Tabela 45 – Amplitude média da CMC Radial em cada interface avaliada.

Interface	Carpometacarpal Radial (CMC Radial)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 28,5 e 45,8 º *	39,65	4,67
X (Redesign)		38,69	3,22
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

Fonte: O autor.

Tabela 46 – Amplitude média da MCP em cada interface avaliada.

Interface	Metacarpofalangeana (MCP)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 152,5 e 185º *	175,16	3,08
X (Redesign)		174,54	5,23
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

Fonte: O autor.

Tabela 47 – Amplitude média da IP em cada interface avaliada.

Interface	IP (Interfalangeana Proximal)		
	Faixa Segura	Média	DP
A (Duplo Toque)	Entre 160 e 186º *	182,59	2,72
X (Redesign)		177,54	5,53
*Valores baseados na aplicação dos parâmetros de Drury (1987).			

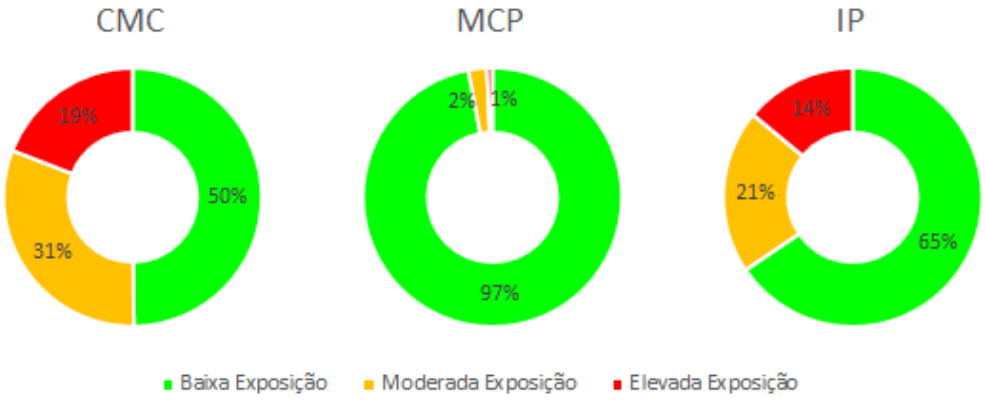
Fonte: O autor.

Após observarem-se os valores das amplitudes médias das três articulações apresentados nas tabelas, não foi possível perceber comprometimento em nenhuma das articulações, com valores próximos nas duas situações avaliadas (A e X) para as três articulações (CMC Radial, MCP e IP). Novamente sendo necessário verificarem-se os dados através das faixas de exposição, assim como ocorreu no estudo anterior.

4.3.5.3 Porcentagens gerais nas faixas de exposição do polegar

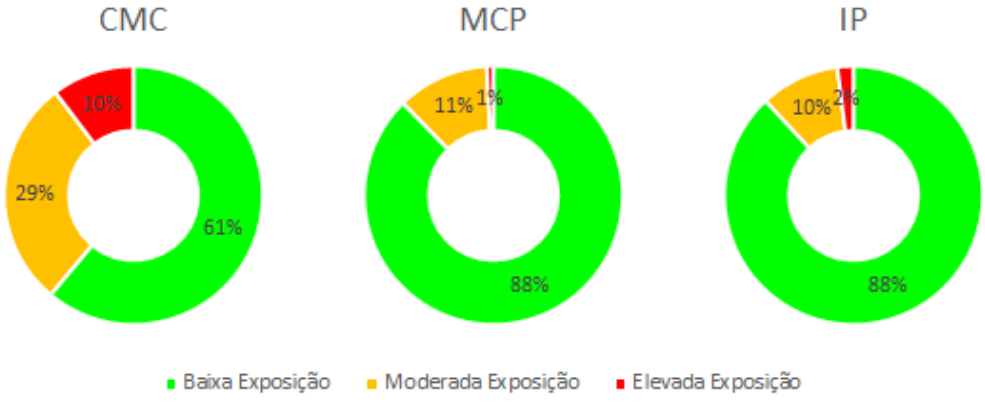
Ao observar-se a distribuição percentual das faixas de exposição nas duas situações (interface A e X), percebemos, para a articulação MCP, poucas variações e uma baixa frequência de situações de elevada exposição, enquanto que para a articulação IP foi identificada uma quantidade mais elevada de situações na faixa de risco na interface A (14%) e, na interface X, uma situação com apenas 2% nessa faixa. Com relação ao CMC, percebe-se uma maior frequência de situações com elevada exposição, com 19% para A (mesmo valor da primeira experimentação) e 10% para X, conforme pode ser observado nas Figuras 104 e 105.

Figura 104 – Porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface A.



Fonte: O autor.

Figura 105 – Porcentagem da média geral em faixas de exposição para interface X.



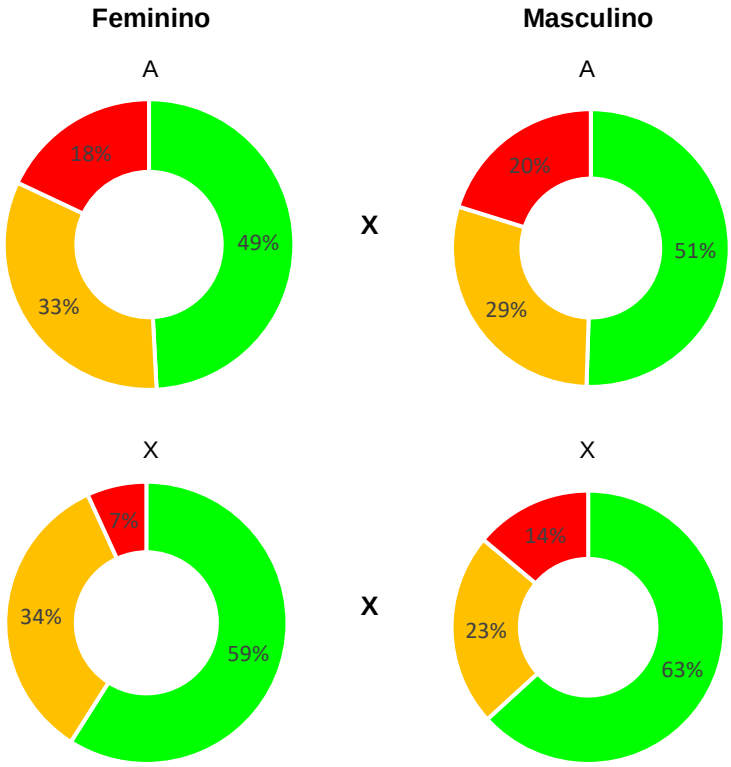
Fonte: O autor.

Assim, do ponto de vista da análise do movimento e dos parâmetros adotados para as três faixas de exposição, foi possível identificar que o redesign (interface X) superou a interface atual (interface A) e as outras interfaces avaliadas no estudo anterior

(Estudo 2), atingindo maiores valores nas faixas seguras e valores menores nas três articulações avaliadas.

Com a divisão por sexo, nos gráficos ilustrados na Figura 106, é possível perceber uma maior semelhança percentual nas três faixas de exposição para o uso da interface A, com número elevado na faixa crítica de 18 e 20% para o feminino e masculino, respectivamente. Com relação ao uso da interface X, é possível perceber uma redução na porcentagem dentro da faixa crítica, mas com um contraste entre os sexos, com 7% para o feminino e 14% para o masculino. Deste modo, é possível indicar que, no aspecto dos ângulos articulares do CMC do polegar, o sexo feminino foi mais favorecido com o redesign da interface, porém, o masculino também teve melhoria, com menos 6% na faixa crítica.

Figura 106 – Gráficos das médias gerais nas faixas de exposição do CMC com divisão por sexo.



Fonte: O autor.

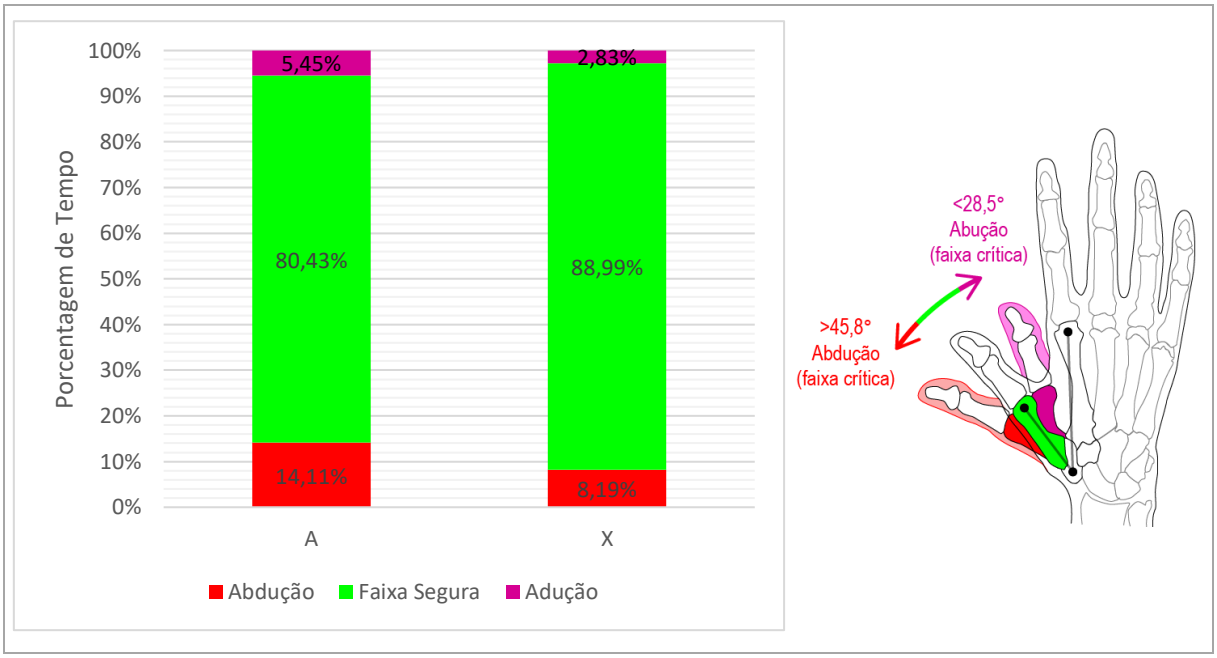
4.3.5.4 Porcentagens de tempo em faixas de amplitude

Para se compreenderem melhor as especificidades dos movimentos, foi necessário verificar como estes são distribuídos em relação à abdução e à adução, para, assim,

entender se existem diferenças de distribuição percentual e os possíveis motivos para essas ocorrências.

Após filtragem dos ângulos dentro da faixa de risco, e juntando as faixas de baixa exposição e exposição moderada que formam a faixa segura, foi possível compreender a distribuição percentual para os movimentos de abdução e adução, que podem ser apurados na Figura 107.

Figura 107 – Gráfico da distribuição percentual em faixas críticas para abdução e adução do CMC para as duas situações de uso (A e X).



Fonte: O autor.

A verificação da porcentagem dentro da faixa segura aponta que os valores de A (80,43%) estão um pouco melhores do que na primeira experimentação (*4.2 Estudo 2 – Avaliação ergonômica da interface gestual de App*, p. 148), com 4,63% a mais na faixa segura, enquanto a interface X atingiu um valor ainda melhor (88,99%), sendo a interface testada com maior porcentagem dentro da faixa segura adotada para este estudo.

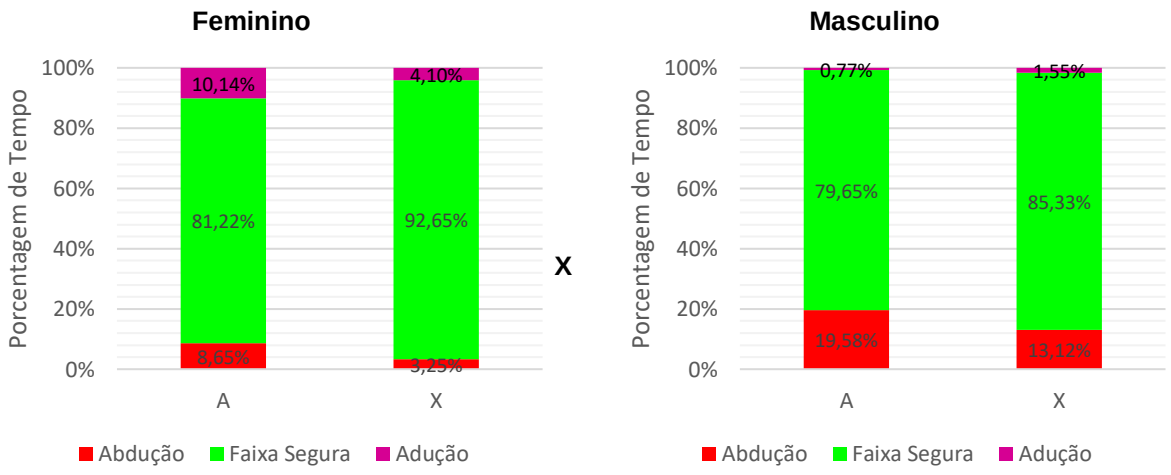
No caso das situações inadequadas, para a situação A, houve uma inversão se comparada à experimentação anterior, ou seja, agora existe uma maior concentração dos movimentos na faixa crítica de abdução (14,11%) do que para adução (5,45%). Portanto, existe uma tendência de movimentos com ângulos maiores do que 45,8 graus, o que pode ser justificado pelo aumento do tamanho da amostra e, também, por

alguns voluntários não terem feito parte do experimento anterior. Assim, fatores como antropometria e hábitos de uso podem ter influenciado na alteração das porcentagens.

Para a interface X, foi possível perceber que o movimento de curtir em alguns momentos tendia para uma abdução um pouco fora da faixa segura (8,19%), enquanto o movimento de descanso ou posicionamento para facilitar a visualização dos elementos resultou em determinados movimentos de adução, que ocasionaram algumas situações dentro da faixa crítica (2,83%), porém esta é uma porcentagem muito pequena se comparada à grande quantidade de tempo dentro da faixa segura.

Já na análise com a divisão entre sexos, existe uma diferença importante na distribuição percentual (Figura 108), com um maior equilíbrio por parte do sexo feminino, apresentando porcentagens próximas para abdução e adução na faixa crítica, enquanto para o masculino ocorre uma concentração de movimentos de abdução na faixa crítica, com pouco percentual de adução nessa faixa. Assim, mesmo possuindo percentagem dentro da faixa crítica equivalentes para o uso da interface A, existe uma diferença nos ângulos adotados por ambos os sexos. O mesmo ocorreu no uso de X, em que houve uma maior taxa de abdução pelos sexos, seguindo a tendência de concentrarem ângulos mais abertos durante a interação com as interfaces.

Figura 108 – Gráfico de abdução e adução do CMC na faixa crítica com divisão por sexo.



Fonte: O autor.

Nesse sentido, foi possível confirmar que o ajuste nas posições dos elementos interativos e nos tipos de gestos de interação podem favorecer movimentos dentro de uma faixa segura e dentro do que foi planejado.

4.3.5.5 Média de repetitividade das ações gestuais

Através da análise de vídeo foram contabilizadas as ações gestuais de rolagem de tela e de toque e a quantidade de conteúdos curtidos em cada uma das alternativas de interfaces. A Tabela 48 apresenta a média de repetição de cada ação gestual, com desvio padrão e destaque sobrescrito (a, b), sinalizando que há diferença entre as médias. Ao realizar a análise estatística através do Test T para Amostras Pareadas, verificamos que existe diferença significativa ($p < 0,05$) em todas as situações.

Tabela 48 – Média de repetição de ações gestuais.

Interface	Repetitividade de Ações					
	Rolagem		**Toque**		**Curtidas**	
	Média	**DP**	**Média**	**DP**	**Média**	**DP**
A (Duplo Toque)	278,75[a]	93,26	141,66 [a]	40,17	70,83 [a]	20,09
X (Redesign)	0,00 [b]	0,00	242[b]	77,65	60,5[b]	19,41
A letras **[a, b]** após o valor da média indicam que houve diferença significativa.						

Fonte: O autor.

observara observação dos valores revela que a interface A possui um maior quantitativo na média de repetições para rolagem (278,75 vezes) e de quantidade de curtidas (70,83 vezes), obviamente porque a interface X não utiliza esse gesto de rolagem de tela em seu repertório de interação, totalizando zero de média. No entanto, a interface X apresenta maior quantidade de toques na tela (242 vezes) pelo fato de esse gesto substituir a rolagem de tela e se somar ao gesto de curtir também por toque, sendo que em locais diferentes da tela. Apesar deste ser um valor maior, quando considerado com a eliminação dos gestos de rolagem, a quantidade de gestos é reduzida de forma significativa em relação à interface A, com uma média de 188,75 gestos a menos.

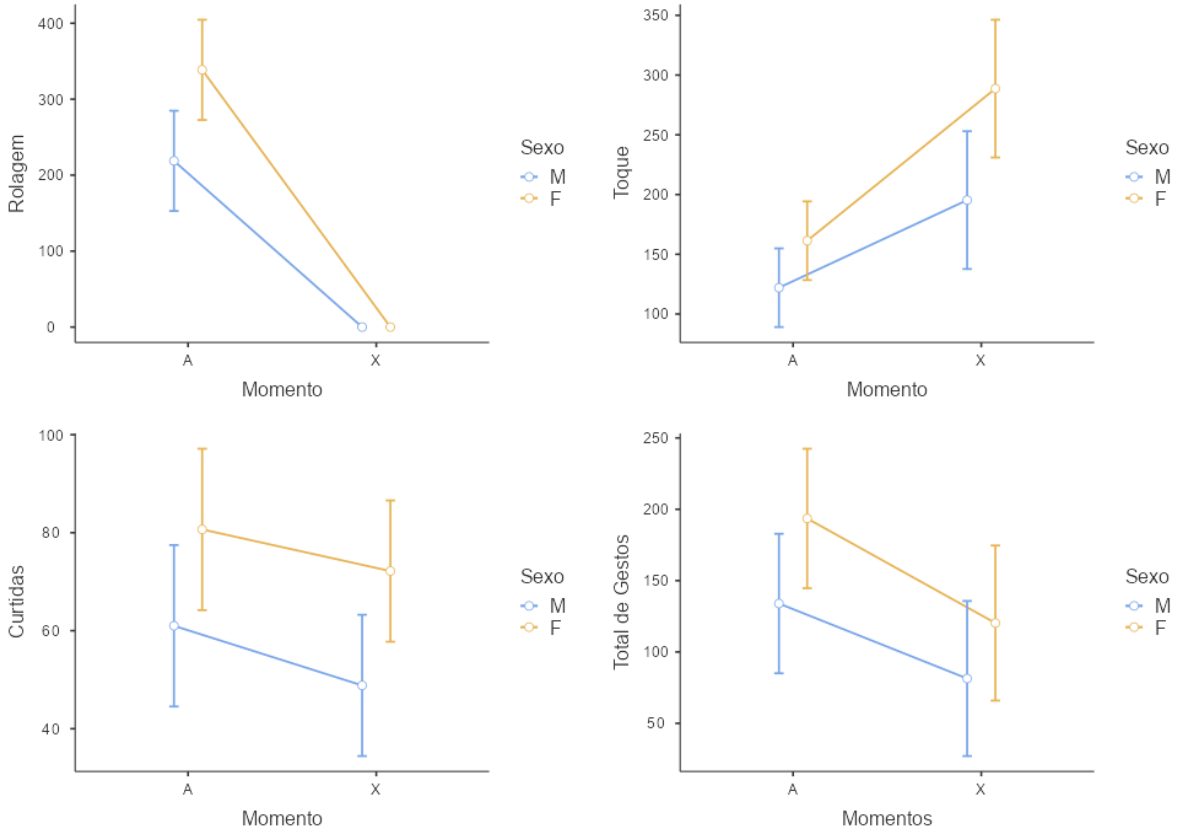
Portanto, após cálculo de proporcionalidade, foi obtido um fator de 0,854. Assim, podemos afirmar que a interface X é mais eficiente que a interface A, pois necessita de 14,6% de gestos a menos para atingir a mesma quantidade de curtidas.

Ao verificarem-se as médias por sexo (Figura 109), pode-se perceber no gráfico que a média geral do feminino é maior para as três ações gestuais, o que por um lado pode ser visto como uma maior eficiência no uso, possibilitando maior número de curtidas no mesmo espaço de tempo, fator que pode estar relacionado à média diária no Instagram dessas pessoas, dando maiores habilidades para as usuárias do sexo

feminino. Por outro lado, os maiores valores para o número de rolagens de tela para mudar de um conteúdo para o outro podem significar maior quantidade de gestos para o mesmo objetivo em comparação com o sexo masculino, no caso da interface A.

Já para a interface X, houve um melhor desempenho devido ao posicionamento do botão de curtir e passar tela estarem próximos ao ângulo neutro do polegar, resultando em maior eficiência para o feminino. Ou seja, as dimensões dos segmentos das mãos podem estar relacionadas à variável alcance e, consequentemente, dando condições de curtir conteúdos com maior facilidade, de tal modo que essas questões antropométricas serão discutidas e relacionadas no tópico Antropometria da mão.

Figura 109 – Repetitividade das ações gestuais no uso das interfaces A e X com divisão por sexo.



Fonte: O autor.

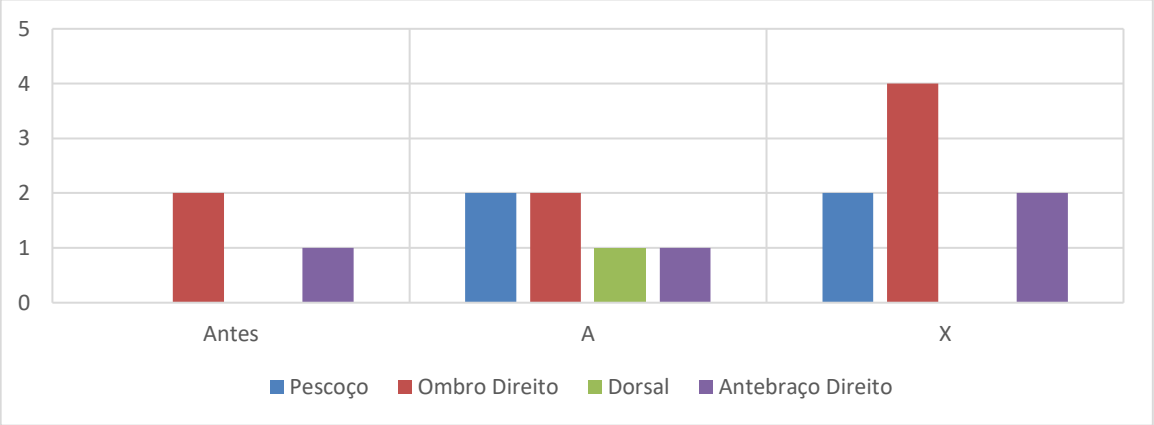
4.3.5.6 Nível de desconforto relatado

Seguindo a mesma ordem do estudo anterior, primeiro analisamos o nível de desconforto relatado para a parte superior do corpo e, em seguida, exclusivamente para as mãos e os seus segmentos.

4.3.5.6.1 Corpo

As queixas de desconforto antes do uso (pré-uso) para regiões da parte superior do corpo, foram: ombro direito (n = 2) e cervical (n = 1). Para o pós-uso da interface A, foram: cervical (n = 2) e ombro direito (n = 2), dorsal (n = 1) e antebraço direito (n = 1). Enquanto para interface X, foram: ombro direito (n = 4), cervical (n = 2), antebraço (n = 1), conforme a Figura 110.

Figura 110 – Regiões com queixas de desconforto no pré e pós-uso.



Fonte: O autor.

A Tabela 49 apresenta a estatística descritiva do nível de desconforto físico relatado pelos participantes no pré e pós-uso das interfaces A e X, com os valores mínimo, máximo, média do nível de desconforto, desvio padrão e teste de normalidade Shapiro-Wilk.

Tabela 49 – Descritiva do nível de desconforto físico corporal.

Momento	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Shapiro-Wilk p
Antes	0,0	7	1,00	1,86	< 0,001
A (Duplo Toque)	0,0	8	1,92	2,31	0,006
X (Redesign)	0,0	6,0	2,33	2,10	0,060
Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

Fonte: O autor.

Após identificar que a distribuição do Antes e A não são normais, foi realizado o Teste de Friedman para verificar se ocorre desconforto no corpo após o uso. Os resultados indicam que há diferença estatística com p = 0,031. Assim, considerando esse resultado, foram realizadas o teste de Durbin-Conover, sendo verificado que há diferença significativa na situação comparando o pré-uso com o pós-uso de X, porém, não existe diferença entre A e X, conforme Tabela 50.

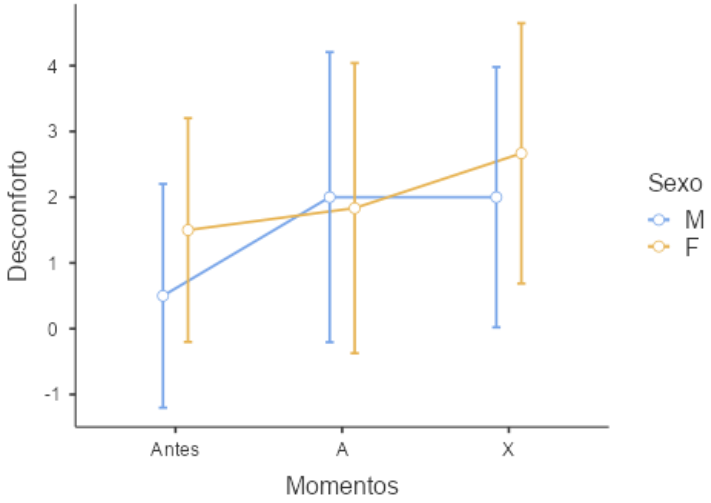
Tabela 50 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-uso.

Pré x pós-uso	p-valor
Antes – A	0,138
Antes –X	**0,014**
A–X	0,275
Os valores em negrito indicam a diferença significativa (p<0,05)	

Fonte: O autor.

Para o fator entre grupos, dividindo entre sexos masculino e feminino, conforme o gráfico da Figura 111, é possível observar que as médias estão muito próximas em todos os momentos, com uma tendência de aumento para o uso da interface X.

Figura 111 – Gráfico do desconforto nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

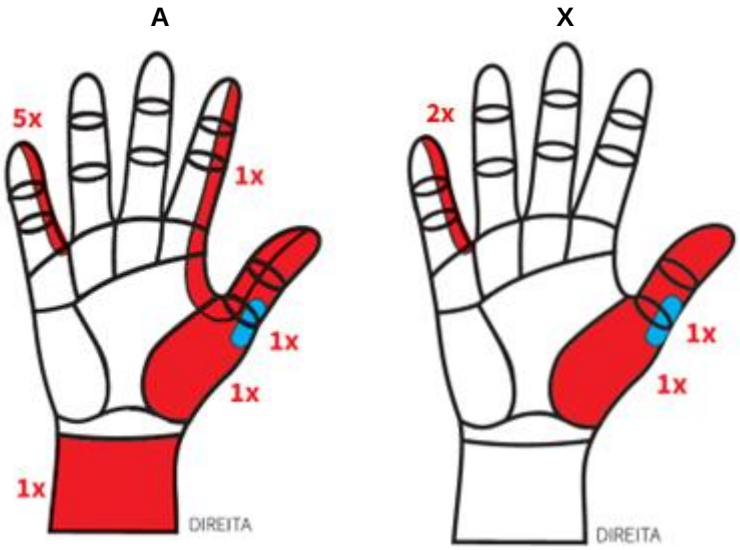
Deste modo, quando verificado o desconforto físico da parte superior do corpo, duas regiões são mais citadas pelos voluntários, sendo o pescoço (cervical) com a mesma quantidade de queixas no pós-uso das duas interfaces, enquanto o ombro obteve maiores queixas no pós-uso da interface X (redesign), com o dobro de queixas se comparada à interface A. Isto é, há uma tendência dessa forma de interação causar desconforto na região dos ombros, sendo este um fator negativo em se tratando de um redesenho. Ao verificarem-se os casos que indicaram desconforto, dos quatro voluntários, dois já haviam indicado o desconforto nos ombros antes do teste, portanto, esse elemento pode ter influenciado no desconforto. Porém, os voluntários indicaram que a queixa no pós-uso de X estava relacionada ao gesto ser o mesmo tanto para passar as páginas, como para curtir, ou seja, o toque, o que sugere a necessidade de

alternância de gestos para dar flexibilidade no uso e diminuir a repetição da mesma ação gestual.

4.3.5.6.2 Mão

Ao verificar-se apenas a região da mão, obtivemos valores mais expressivos se comparados às demais regiões do corpo, em que para o momento pré-uso não foram apontadas queixas (n = 0), havendo queixas no pós-uso de A (n = 9) e X (n = 4). A Figura 112 apresenta o mapa de desconforto das mãos nas duas situações e as respectivas regiões que os voluntários indicaram, as regiões destacadas em vermelho representam os locais de desconforto localizados na face palmar da mão direita, enquanto as regiões em azul sinalizam desconforto na face dorsal e os números indicam a quantidade de vezes que a região foi indicada pelos voluntários.

Figura 112 – Resultado do Mapa de Desconforto das mãos nos dois momentos de uso.



Fonte: O autor, baseado na ilustração de Forcelini e Merino (2019).

A princípio, foram verificadas a quantidade de queixas em cada momento e, também, foram somados cada nível de desconforto indicado para cada região. Assim, conseguimos observar um maior quantitativo para a interface A, com 30 pontos, e a interface X, com 16, conforte Tabela 51.

Tabela 51 – Quantidade de regiões com queixas e somatório total do nível de desconforto.

Momento	Regiões de Queixas	Pontuação Total
Desconforto Antes	0	0
A (Duplo Toque)	9	30
X (Redesign)	4	16

Fonte: O autor.

Para avaliar se existe diferença estatística, precisamos novamente uniformizar os dados, assim, consideramos para as indicações de cada momento (A e X) os que possuíam mais de uma região com queixa de dor, que foi padronizado considerando apenas a queixa com maior pontuação em cada situação. Deste modo, foi possível construir a Tabela 52, que apresenta os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão de cada momento, ou seja, pré-teste e pós-uso das interfaces A e X.

Tabela 52 – Descritiva das queixas de desconforto da mão no pré e pós-uso.

Momento	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Shapiro-Wilk p
Desconforto Antes	0	0	0	0,00	-
A (Duplo Toque)	0	8	2,8	2,39	0,095
X (Redesign)	0	6	1,6	2,32	< 0,001

Fonte: O autor.

Após o teste de Shapiro-Wilk, foi verificado que a distribuição das respostas do pós-uso da interface X não era normal, portanto, foi realizado o Teste de Friedman para investigar se existia diferença significativa entre os momentos. Os resultados indicaram que existiu diferença significativa ($p < 0,05$). E, considerando esse resultado, foram realizadas comparações múltiplas (Durbin-Conover) para verificar em quais momentos ocorre diferença significativa no nível de desconforto, conforme Tabela 53.

Tabela 53 – p-valor para o nível de desconforto no pré e pós-uso.

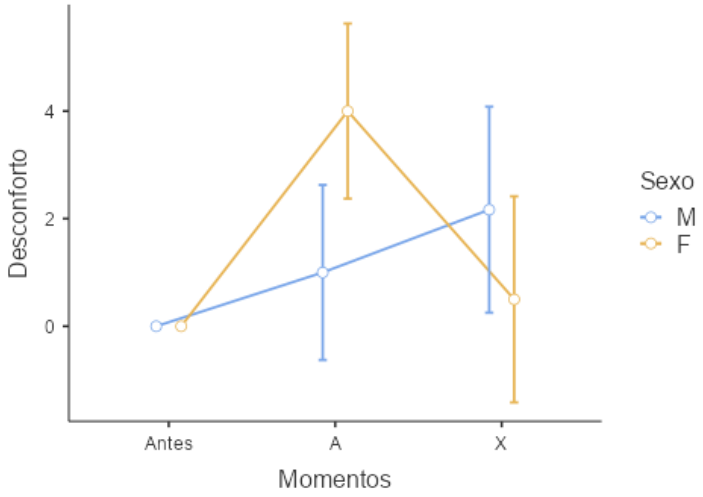
Comparação	p
Antes – A	**<0,001**
Antes – X	**0,038**
A – X	**0,038**
Os valores em negrito indicam a diferença significativa (p<0,05)	

Fonte: O autor.

Assim, podemos confirmar que existe diferença significativa entre todos os momentos pré e pós-uso, isto é, ocorre desconforto após o uso das interfaces, sendo a interface A mais desconfortável do que a interface X, no entanto, ainda existe percepção de desconforto nessa última.

Outro fator importante foi a divisão entre os sexos, em que há uma maior média no nível de desconforto do sexo feminino para a interface A, com diferença bem evidente em contraponto com a interface X, e o oposto para o masculino, com maior desconforto para a interface X, porém com menor disparidade entre as interfaces (Figura 113).

Figura 113 – Gráfico do desconforto na mão nos momentos pré e pós-testes com divisão de sexo.



Fonte: O autor.

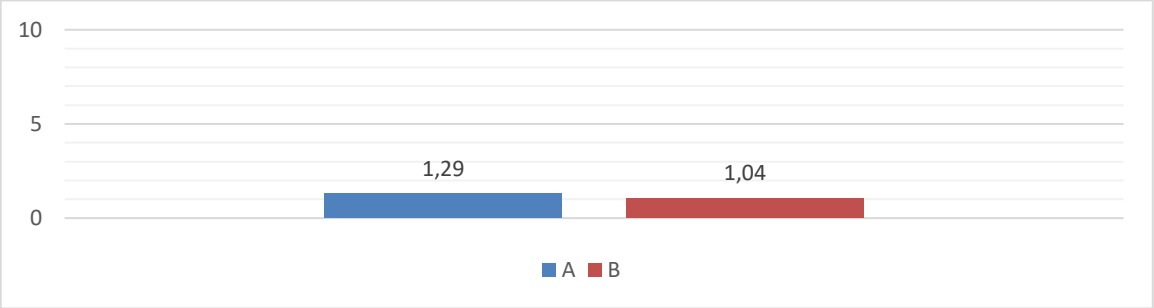
Ainda sobre o sexo, essa diferença de percepção pode ter uma relação com os dados encontrados nas porcentagens do CMC Radial nas faixas de exposição (tópico 4.3.5.3), por meio das quais foi possível perceber disparidades entre os sexos, principalmente na interface X, favorecendo mais as participantes do sexo feminino, enquanto na interface A a porcentagem foi alta para ambos os sexos, com o contraponto de que o sexo masculino tem vantagens antropométricas para alcance dos elementos interativos devido, às maiores dimensões dos segmentos da mão.

Por último, foi possível perceber que o redesign superou a interface atual. Isso quer dizer que ocorreram menos queixas de desconforto nas mãos e também que o tipo de gesto aplicado pode influenciar não só nos ângulos articulares, movimentos e repetições, mas no tipo de preensão, pois, de acordo com os relatos dos participantes, o gesto de rolagem da interface A é bastante dinâmico e dificulta a estabilidade do smartphone com uma única mão, obrigando-os a apoiar o dispositivo sobre o dedo mínimo. Por outro lado, no caso da interface X, ocorre o inverso, apesar de alguns relatarem desconforto no dedo mínimo, os voluntários relataram que não houve necessidade de apoiar o dispositivo nesse dedo devido à facilidade de alcançar os elementos de interação sem o receio do smartphone deslizar da mão.

4.3.5.7 Esforço percebido

Também foi utilizada a CR10 de Borg modificada para avaliar o esforço percebido, mensurado após o uso de cada interface. A Figura 114 exibe os valores médios para as três situações avaliadas.

Figura 114 – Valores médios para esforço percebido.

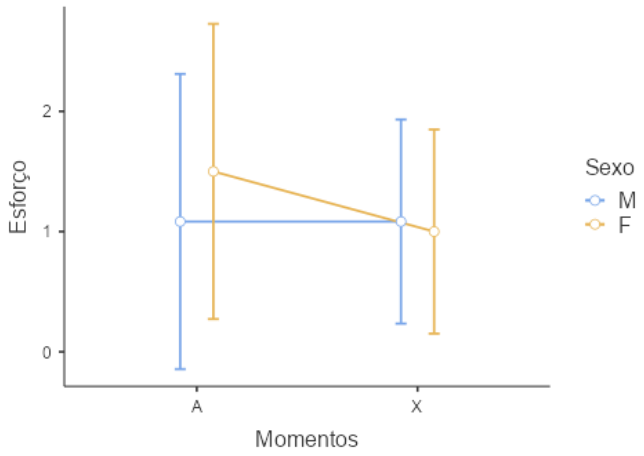


Fonte: O autor.

Os resultados demonstram que nas duas situações a percepção do esforço entá entre os níveis Muito Leve (1,0) e Leve (2,0). Portanto, nenhuma das interfaces atingiu níveis preocupantes com relação a esse aspecto.

No gráfico da Figura 115 pode-se verificar uma pequena diferença na média percepção de esforço, onde o feminino percebe um pouco menos de esforço na interface A, porém, nada muito expressivo.

Figura 115 – Gráfico do esforço percebido nos momentos pós-testes com divisão de sexos.



Fonte: O autor.

Para esforço percebido através da CR10 de Borg, os resultados foram similares ao estudo anterior, indicando que as interações não provocam muito esforço e que não

há diferenciação suficiente para comprovar que uma interface causa mais esforço que a outra, apesar de a interface A ter valor mais alto na média, porém, com diferença muito pequena.

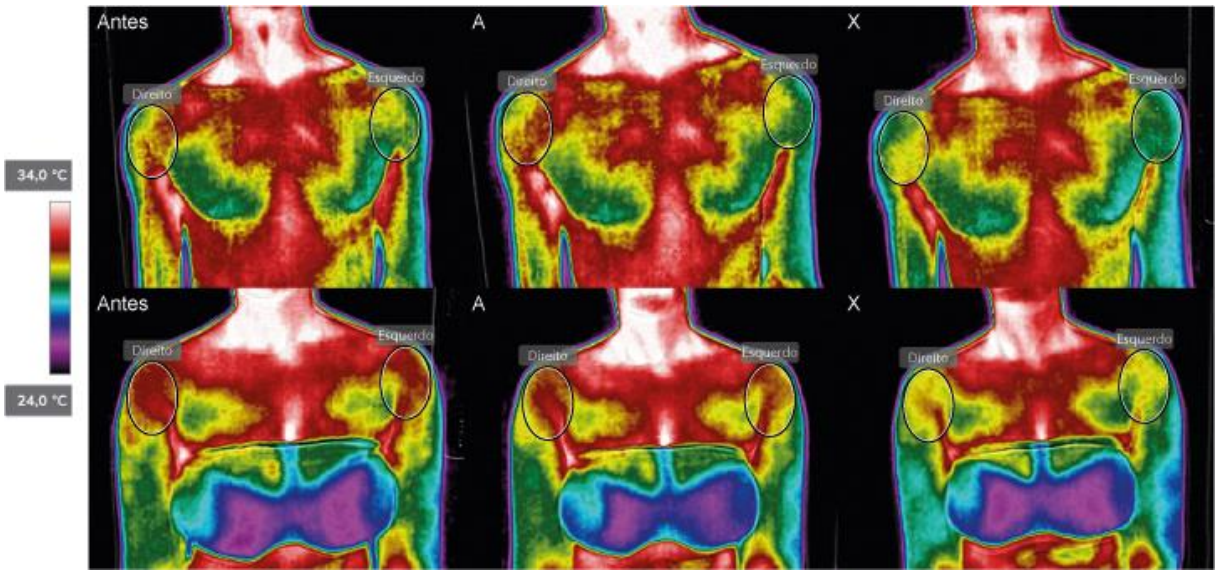
4.3.5.8 Termografia para avaliação do desconforto

Para esta etapa, foram adotados os mesmos procedimentos e ordem utilizados no estudo anterior. Em um primeiro momento, avaliaram-se todas as regiões citadas da parte superior do corpo e excluíram-se as mãos, que foram avaliadas em um tópico à parte.

4.3.5.8.1 Corpo

O ombro direito é, novamente, a região do corpo mais citada com relação à percepção de desconforto depois da mão direita, que será avaliada posteriormente. Os resultados encontrados nas imagens térmicas dos ombros não apresentam diferenças na simetria entre direita e esquerda, com valores aceitáveis para normalidade (< 0,3°), conforme Tabela 54. A Figura 116 ilustra os momentos pré e pós-uso de dois voluntários do experimento. Todas as imagens podem ser visualizadas no Apêndice K – Imagens Térmicas dos 12 voluntários do Estudo 3 (p. 295).

Figura 116 – ROIs dos ombros direito e esquerdo pré-uso e pós-uso A e X.



Fonte: O autor.

Tabela 54 – Delta da temperatura dos ombros direito e esquerdo.

ID	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		Desconforto	
		A	X	Queixa	Momento(s)
01	0,3	0,3	0,3	Não	Nenhum
02	0	**0,7**	0,3	Não	Nenhum
03	-0,1	**-0,4**	0	Sim	Antes e X
04	-0,1	0,3	0,1	Não	Nenhum
05	**0,5**	**-0,4**	-0,1	Não	Nenhum
06	0,1	0,2	0,2	Não	Nenhum
07	0,3	**0,7**	**0,4**	Não	Nenhum
08	**0,4**	**0,7**	**0,6**	Não	Nenhum
09	0	0	-0,1	Sim	Antes, A e X
10	**0,4**	**0,7**	**0,5**	Não	Nenhum
11	0,1	0,2	**0,7**	Sim	X
12	**-0,4**	-0,3	0	Sim	A e X
Média	0,13	0,23	0,24	-	-
DP	0,26	0,43	0,27	-	-
Os valores em negrito indicam a diferença entre os lados > 0,3°.					

Fonte: O autor.

Com relação ao lado utilizado na interação com a interface, foi possível perceber uma diminuição de temperatura entre as médias gerais dos momentos pré-uso, pós-uso da interface A e pós-uso da interface X, nessa ordem, conforme a Tabela 55, em que o uso da interface X ocasionou uma diminuição um pouco maior do que 0,3 graus na média geral.

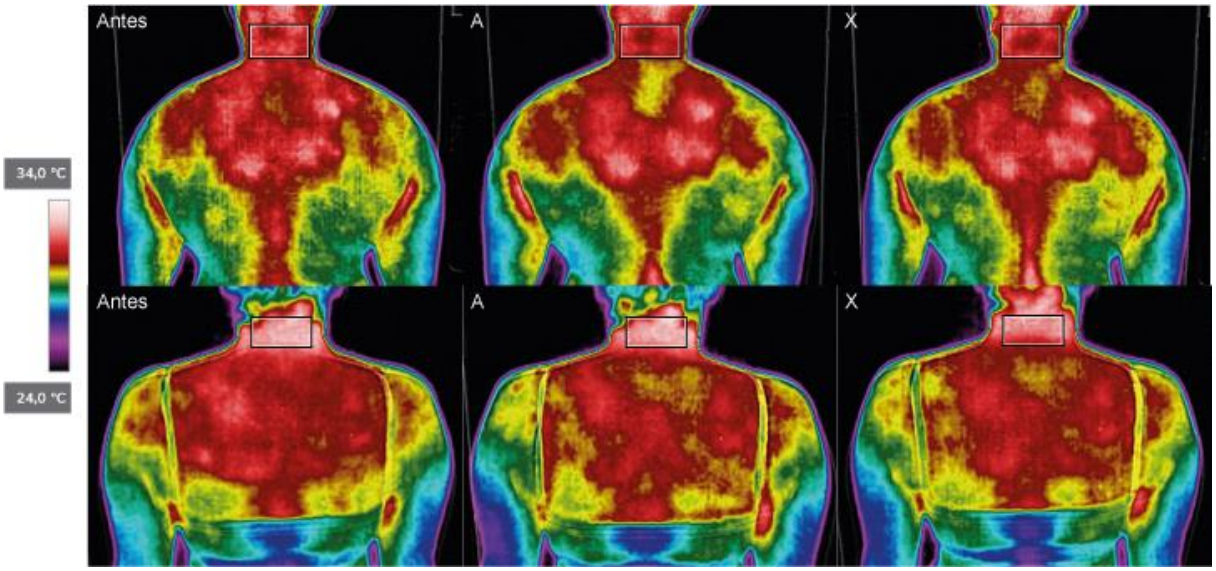
Tabela 55 – Dados da temperatura do ombro dominante.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso	
			A	X
01	F	31,7	31,6 ↓	30,4 ↓
02	M	30,4	32,1 ↑	31 ↑
03	F	31,4	29,7 ↓	30,2 ↓
04	M	30,8	31,1 ↑	31,2 ↑
05	F	28,8	28,0 ↓	28,6 ↓
06	M	31	30,9 ↓	31,9 ↑
07	F	29,9	30,6 ↑	29,8 ↓
08	M	32,1	32,2 ↑	31,2 ↓
09	F	31,4	29,9 ↓	30,3 ↓
10	M	31,3	31,0 ↓	30,4 ↓
11	M	31,3	31,5 ↑	31,4 ↑
12	F	31,1	30,3 ↓	31 ↓
Média	-	30,93	30,74 ↓	30,62 ↓
DP	-	0,88	1,17	0,87
Shapiro-Wilk p	-	0,120	0,367	0,420
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.				

Fonte: O autor.

No caso da região cervical, Figura 117, o resultado foi semelhante aos ombros, onde a média geral foi diminuindo na ordem de pré-uso, pós-uso da interface A e pós-uso da interface X, esta com diferença de 0,46 graus em comparação com o momento antes do uso, de acordo com a Tabela 56.

Figura 117 – ROIs da cervical pré-uso e pós-uso A e X.



Fonte: O autor.

Tabela 56 – Dados da temperatura da cervical.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		Desconforto	
			A	X	Queixa	Momento(s)
01	F	32,8	32,5 ↓	31,9 ↓	Sim	X
02	M	32,2	32,2 =	31,2 ↓	Não	Nenhum
03	F	32,7	32,4 ↓	32,6 ↓	Não	Nenhum
04	M	31,6	31,3 ↓	31,5 ↓	Sim	A
05	F	31,0	32,1 ↑	31,2 ↑	Não	Nenhum
06	M	31,8	31,6 ↓	32,2 ↑	Sim	X
07	F	32,7	32,5 ↓	32,6 ↓	Não	Nenhum
08	M	32,5	32,9 ↑	32,3 ↓	Não	Nenhum
09	F	33,3	32,2 ↓	31,9 ↓	Não	Nenhum
10	M	31,3	31,4 ↑	30,9 ↓	Não	Nenhum
11	M	32,9	31,6 ↓	31,2 ↓	Sim	A
12	F	32,4	32,4 =	32,2 ↓	Não	Nenhum
Média	-	32,27	32,09 ↓	31,81 ↓	-	-
DP	-	0,70	0,50	0,59	-	-
Shapiro-Wilk p*	-	0,619	0,346	0,255	-	-
Os valores em negrito indicam a diferenças entre os momentos > 0,3°. *Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.						

Fonte: O autor

Os resultados da ANOVA para Medidas Repetidas para o ombro e cervical indicam que não há diferença significativa entre as médias de temperatura em nenhum momento e também para divisão por sexo, de acordo com a Tabela 57.

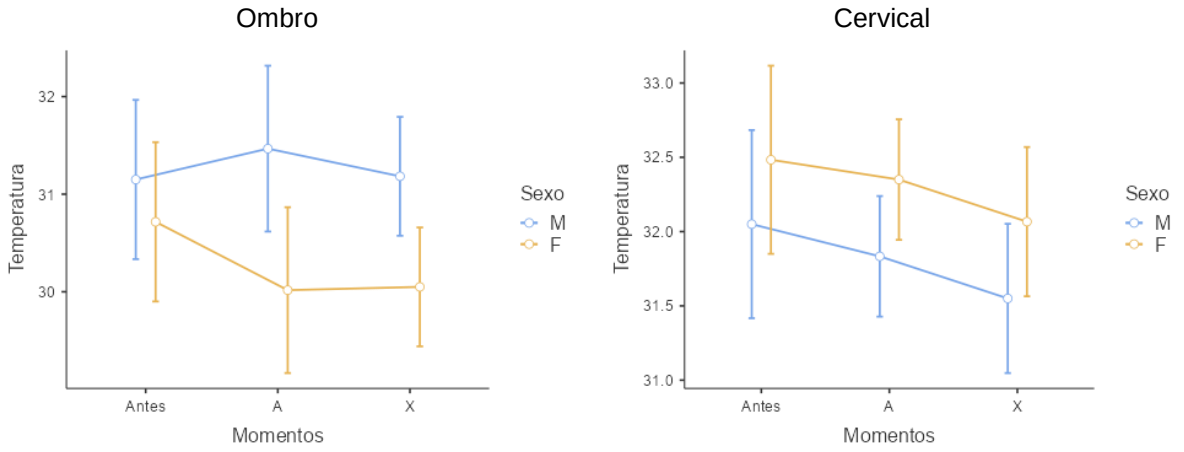
Tabela 57 – Descritiva das temperaturas médias e ANOVA ombro direito e cervical.

Região	Momento	Média	Desvio Padrão	p-valor
Ombro Direito	Antes	30,93	0,88	0,372
	A	30,74	1,17	
	X	30,62	0,87	
Cervical	Antes	32,27	0,70	0,054
	A	32,09	0,50	
	X	31,81	0,59	
Nível de significância adotado, p < 0,05.				

Fonte: O autor.

Através dos gráficos da Figura 118, é possível perceber a diferença entre os sexos, masculino e feminino. Há aumento da temperatura na região do ombro para o sexo masculino no pós-uso de A e diminuição da temperatura em A e X para o feminino. Para a região cervical, apesar de temperaturas mais baixas para o feminino em todos os momentos, a tendência de mudança de temperatura seguiu o mesmo padrão para ambos os sexos. Portanto, percebe-se uma redução da temperatura menor para o pós-uso de A e um pouco mais acentuada para X.

Figura 118 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-usos com divisão de sexos.



Fonte: O autor.

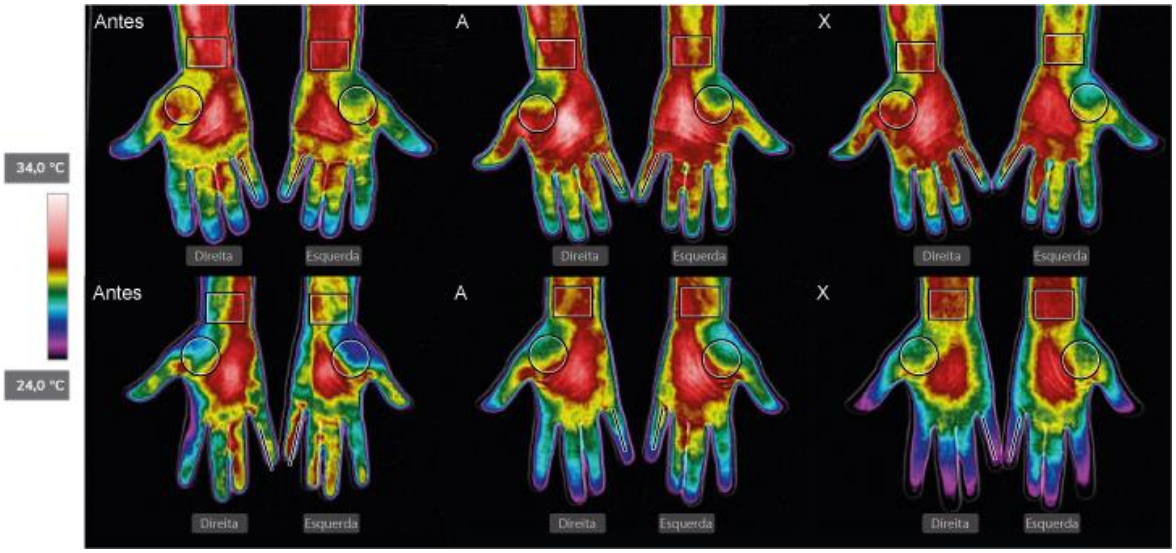
Ao final, foi possível identificar que a interface X provocou maiores alterações térmicas na região cervical, com diminuição da temperatura em comparação com o momento pré-uso, mas sem diferenças estatísticas significativas. Para a região do ombro dominante, por sua vez, não foram encontradas alterações significativas nas temperaturas médias, o que difere dos relatos dos voluntários, que indicaram maior desconforto no uso da interface X. Porém, como dito anteriormente, metade dos voluntários que

relataram desconforto nessa região já o estavam sentido no pré-uso. Além disso, os dados da termografia conferem com a análise da postura feita com o Kinebot, que não constatou nenhuma postura com alto risco para a parte superior do corpo.

4.3.5.8.2 Mão

No que se refere à avaliação da região da mão, primeiramente foi observada a simetria térmica entre as mãos direita e esquerda dos participantes, como pode ser observado na Figura 119, sendo demarcadas as regiões de maiores queixas de desconforto e aquelas relacionadas diretamente ao movimento. Portanto, novamente foram selecionados a região tenar, o punho e o dedo mínimo, esse último sendo alvo de maior queixa de desconforto entre os voluntários. As imagens de todos esses pontos de termografia podem sem verificadas no Apêndice K – Imagens Térmicas dos 12 voluntários do Estudo 3 (p. 295). Assim, ao analisar visualmente as imagens, não foram encontrados nenhum tipo de assimetria térmica acentuada.

Figura 119 – ROIs da região palmar direita e esquerda pré-uso e pós-uso A e X.



Fonte: O autor.

Em seguida, foram extraídas as temperaturas médias de cada região de interesse, a começar pela região tenar, pelo fato desta região estar envolvida com o principal movimento de interação com a interface, no entanto, com apenas uma queixa de desconforto, seguindo a mesma sequência do estudo anterior. A Tabela 58 apresenta a diferença de tempera entre as mãos, direita e esquerda, de cada voluntário em cada momento. Foram calculados as médias gerais e os desvios padrões, e, assim, foi possível perceber valores muito próximos, que não ultrapassam o limite de 0,3 graus

Celsius para anormalidade na simetria térmica. Em uma análise individual, a única queixa de desconforto não apresenta alteração térmica em nenhum momento, o que contradiz o seu relato de desconforto nessa região.

Tabela 58 – Delta da temperatura das regiões tenares direitas e esquerdas das mãos.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		Desconforto	
			A	X	Queixa	Momento(s)
01	F	-0,2	-0,1	-0,3	Não	Nenhum
02	M	0,2	-0,3	-0,3	Não	Nenhum
03	F	0,1	**0,4**	0	Não	Nenhum
04	M	-0,1	-0,1	-0,1	Sim	A e X
05	F	**-1,4**	**-1,1**	**-0,4**	Não	Nenhum
06	M	0,1	0,3	0,1	Não	Nenhum
07	F	**0,4**	0,2	-0,3	Não	Nenhum
08	M	**0,5**	**0,5**	**0,7**	Não	Nenhum
09	F	0	0	-0,1	Não	Nenhum
10	M	**-0,4**	-0,3	**-0,6**	Não	Nenhum
11	M	-0,2	0,1	0	Não	Nenhum
12	F	0	**-1,1**	**-1,2**	Não	Nenhum
Média	-	-0,08	-0,13	-0,21	-	-
DP	-	0,49	0,52	0,45	-	-
Os valores em negrito indicam a diferença entre os lados > 0,3°.						

Fonte: O autor.

Posteriormente, foram analisadas as regiões tenares das mãos utilizadas na interação, tendo em vista que os participantes novamente só utilizaram um membro no uso da interface. Deste modo, conforme a Tabela 59, notam-se valores semelhantes para as duas situações pós-uso em comparação com o momento pré-uso, isto é, as médias são próximas e os maiores valores oscilam entre aumento ou diminuição de temperatura, com média geral praticamente idêntica e com pouca diferença para o momento pré-uso. O que já era esperado, visto que a quantidade de queixa foi baixa para essa região.

Tabela 59 – Dados termográficos da região tenar da mão dominante nos pré e pós-uso.

ID	Sexo	Mão	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso	
				A	X
01	F	Direita	34	33,4 ↓	32,1 ↓
02	M	Direita	24,8	28,8 ↑	26,9 ↑
03	F	Direita	35,1	31,8 ↓	33,7 ↓
04	M	Direita	33,6	33,5 ↓	33,0 ↓
05	F	Direita	28,9	29,9 ↑	31,3 ↑
06	M	Direita	32,6	32,6 =	32,7 ↑
07	F	Direita	28,2	29,4 ↑	28 ↓
08	M	Direita	30,3	31,3 ↑	30,5 ↑
09	F	Direita	28,9	27,2 ↓	28,2 ↓
10	M	Direita	33,6	32,9 ↓	33 ↓
11	M	Direita	33,9	33,7 ↓	34,0 ↑
12	F	Esquerda	27,9	28,8 ↑	29,8 ↑
Média	-	-	30,98	31,11 ↑	31,10 ↑
DP	-	-	3,24	2,21	2,41
Shapiro-Wilk p*	-	-	**0,034**	0,746	0,269
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.					

Fonte: O autor.

Para a região dos punhos, também foi verificada a diferença de temperatura entre os lados (direito e esquerdo), e, conforme a Tabela 60, é possível perceber o mesmo que ocorreu na região tenar, onde o delta se manteve dentro do valor considerado normal para a média geral.

Tabela 60 – Delta da temperatura dos punhos direito e esquerdo das mãos.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		Desconforto	
			A	X	Queixas	Momento(s)
01	F	**-0,9**	**-0,5**	**-0,8**	Não	Nenhum
02	M	0	0	0,2	Não	Nenhum
03	F	0	-0,2	-0,2	Não	Nenhum
04	M	-0,2	-0,2	-0,2	Não	Nenhum
05	F	-1	**-1,1**	**-0,7**	Não	Nenhum
06	M	0,1	-0,1	-0,5	Não	Nenhum
07	F	0,3	-0,1	-0,3	Não	Nenhum
08	M	0,1	0	0,3	Não	Nenhum
09	F	-0,2	0,1	-0,4	Sim	A
10	M	**-0,5**	**-0,6**	**-0,5**	Não	Nenhum
11	M	-0,2	-0,2	-0,1	Não	Nenhum
12	F	-0,1	**-0,4**	**-0,4**	Não	Nenhum
Média	-	-0,22	-0,28	-0,30	-	-
DP	-	0,40	0,33	0,33	-	-
Os valores em negrito indicam a diferenças entre os lados > 0,3°.						

Fonte: O autor.

Em relação ao membro dominante, verificamos a mesma condição, cujas médias gerais das duas situações de pós-uso são próximas e dentro do limite adotado para a normalidade, conforme Tabela 61.

Tabela 61 – Dados termográficos dos punhos domintantes pré e pós-uso.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso	
			A	X
01	F	33,2	33 ↓	31,7 ↓
02	M	30,9	30,1 ↓	28,8 ↓
03	F	34,3	31,7 ↓	33,5 ↓
04	M	33	33,2 ↑	32,5 ↓
05	F	29,1	29,5 ↑	30,5 ↑
06	M	31	31,1 ↑	31,6 ↑
07	F	29,1	29,9 ↑	28,8 ↓
08	M	31,1	31,4 ↑	30,4 ↓
09	F	31,4	30,1 ↓	30,8 ↓
10	M	32	32,1 ↑	32,2 ↑
11	M	32,6	32,5 ↓	33,1 ↑
12	F	29,4	29,0 ↓	30,1 ↑
Média	-	31,43	31,13 ↓	31,17 ↓
DP	-	1,68	1,41	1,54
Shapiro-Wilk p*	-	0,597	0,602	0,730
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.				

Fonte: O autor.

Assim, tanto para região tenar e punhos, o relato dos participantes condiz com os resultados da termografia, não havendo indicativos para desconforto nessas áreas, com baixa quantidade de queixas para as regiões. Nesse sentido, contrapondo ao experimento anterior (Estudo 2), podemos relacionar que uma menor quantidade de ângulos na faixa crítica para abdução do CMC Radial pode resultar em uma menor quantidade de queixas para a região tenar, observados tanto na interface A quanto na interface X, resultado de uma menor exposição biomecânica dessa região.

Também foram analisados os dedos mínimos, região com maiores queixas, principalmente para a interface A. Observando-se a média geral, é possível perceber que os valores estão dentro da normalidade para simetria térmica para todas as situações registradas, conforme Tabela 62. Porém, em uma verificação individual dos voluntários que indicaram queixas, é possível perceber algumas alterações importantes, como no caso dos voluntários 02, 07 e 12, com alterações maiores que 0,3º nos momentos que indicaram queixa de desconforto, contudo, no caso da voluntária 03, não há alterações térmicas sugestivas de anormalidade. No entanto, novamente o que

dificulta a interpretação dos dados é a assimetria térmica desde o momento pré-uso em alguns voluntários, como é o caso da voluntária 01, que indica queixa em A e X, mas para A não há assimetria térmica.

Tabela 62 – Delta da temperatura dos dedos mínimos direito e esquerdo das mãos.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso		Desconforto	
			A	X	Queixa	Momento(s)
01	F	**-0,5**	-0,3	**-1,5**	Sim	A e X
02	M	-0,3	**0,7**	**1,2**	Sim	A e X
03	F	0,3	0,3	0	Sim	A
04	M	-0,1	0,1	-0,2	Não	Nenhum
05	F	**-1,5**	**-0,8**	**-0,6**	Não	Nenhum
06	M	0,3	0,2	-0,3	Não	Nenhum
07	F	**-1,2**	**-0,7**	-0,2	Sim	A
08	M	-0,3	**-0,5**	0	Não	Nenhum
09	F	**0,5**	**1,2**	**1,3**	Não	Nenhum
10	M	0,1	0	0	Não	Nenhum
11	M	-0,3	-0,2	-0,2	Não	Nenhum
12	F	0,1	**-0,4**	-0,1	Sim	A
Média	-	-0,24	-0,03	-0,05	-	-
DP	-	0,60	0,58	0,73	-	-
Os valores em negrito indicam a diferença entre os lados > 0,3°.						

Fonte: O autor.

Em seguida, ao verificar a diferença entre as temperaturas médias dos membros dominantes para o dedo mínimo, foi possível perceber valores altos, indicando diminuição de temperatura nessas áreas, que podem ser conferidas na Tabela 63. Essa diminuição pode ter sido provocada pela compressão dos tecidos do dedo mínimo, ocasionada pelo apoio do smartphone sobre esse dedo, entretanto, a diminuição é maior no pós-uso de X, que apresentou menores queixas para essa região.

Tabela 63 – Dados termográficos dos dedos mínimos dominantes pré e pós-uso.

ID	Sexo	Pré-Uso (Antes)	Pós-uso	
			A	X
01	F	33,8	33,3 ↓	31,1 ↓
02	M	29,6	23,7 ↓	22,6 ↓
03	F	35,5	30,6 ↓	33,2 ↓
04	M	33,6	33,3 ↓	32,7 ↑
05	F	29,7	30,5 ↑	31,8 ↑
06	M	32,1	32,5 ↑	32 ↓
07	F	28,7	27,9 ↓	25,8 ↓
08	M	29,5	30,7 ↑	30,1 ↑
09	F	23,7	23,1 ↓	24,1 ↑
10	M	34	33,3 ↓	33,1 ↓
11	M	33,7	33,5 ↓	33,5 ↓

12	F	27,5	26,4 ↓	27,5 =
Média	-	30,95	29,90 ↓	29,79 ↓
DP	-	3,43	3,78	3,82
Shapiro-Wilk p*	-	0,333	**0,037**	0,043
*Para uma distribuição normal, o valor p precisa ser > 0,05.				

Fonte: O autor.

Em seguida, apesar dos valores das médias gerais serem muito próximos para tenar e dedo mínimo, foi realizado o Teste de Friedman, e, para o punho, a ANOVA para medidas repetidas. Os resultados indicam que não existe diferença significativa em nenhum dos casos, porém, é possível perceber o p-valor do dedo mínimo menor pode significar uma tendência de diferença entre as médias, mas que não atingiu o nível de significância definido, conforme Tabela 64.

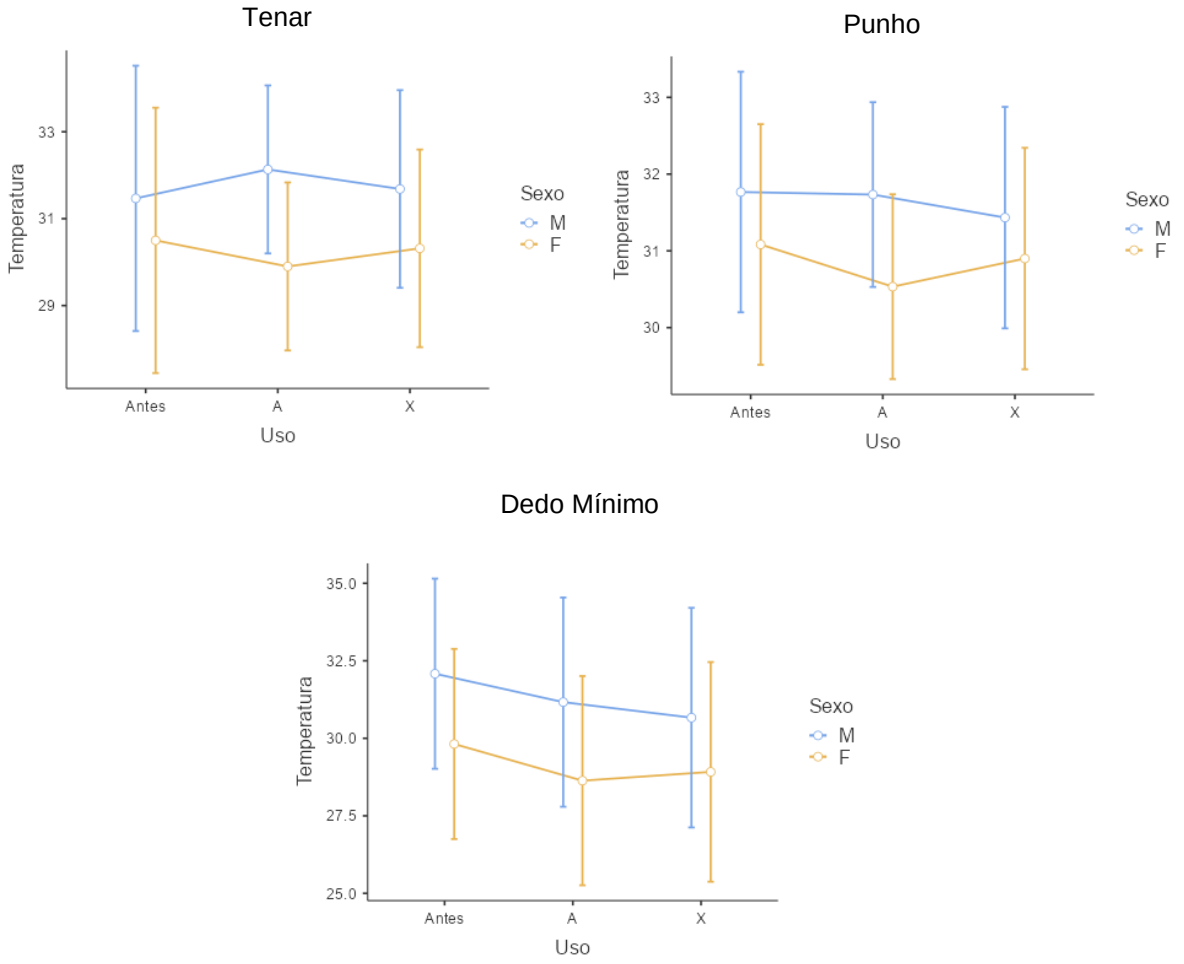
Tabela 64 – Descritiva das temperaturas médias e p-valor das regiões tenar, punho, dedo mínimo e dorso da mão dominante.

Região	Momento	Média	Desvio Padrão	p-valor
Tenar	**Antes**	30,98	3,24	0,667
	A	31,11	2,21	
	X	31,10	2,41	
Punho	**Antes**	31,43	1,68	0,548
	A	31,13	1,41	
	X	31,17	1,54	
Dedo Mínimo	**Antes**	30,95	3,43	0,121
	A	29,90	3,78	
	X	29,79	3,82	
*Nível de significância adotado, p < 0,05.				

Fonte: O autor.

Na divisão por sexo, podemos observar, nos gráficos da Figura 120, que para a região tenar temos uma pequena alteração na média, oscilando para cima no sexo masculino e para baixo no feminino, no pós-uso da interface A, enquanto que para a interface X existe uma estabilização na temperatura comparando-se com o momento pré-uso (antes). No punho, ocorre uma queda de temperatura para o masculino no pós-uso de X, em oposição, o feminino tem uma queda no pós-uso de A. No dedo mínimo, região com maiores queixas, principalmente para a interface A, ocorre uma redução de temperatura no pós-uso em ambos os sexos, mas para o pós-uso da interface X ocorre uma diminuição um pouco maior da temperatura para o masculino em comparação com o feminino.

Figura 120 – Gráficos das médias de temperatura em cada ROI para os momentos pré e pós-uso com divisão de sexos.



Fonte: O autor.

No entanto, apesar dessas questões observadas, os resultados não indicam diferença significativa das temperaturas das regiões de queixas ou envolvidas com o movimento (tenar, punho e dedo mínimo da mão dominante). Portanto, como no estudo anterior, é possível que, para esse tipo de interação, a termografia não seja capaz de identificar as sutilezas nas distinções entre as interfaces com interações semelhantes e com curta duração de uso, sendo necessária uma comparação mais contrastante para identificar alterações significativas.

4.3.5.9 Nível de estresse emocional relatado

Novamente, para avaliar o estresse sentido pelos voluntários antes e após o uso das interfaces, foram aplicados formulários. A estatística descritiva obtida com as

respostas dos 12 voluntários pode ser conferida na Tabela 65, sendo possível perceber pouca diferença entre as médias de cada momento testado.

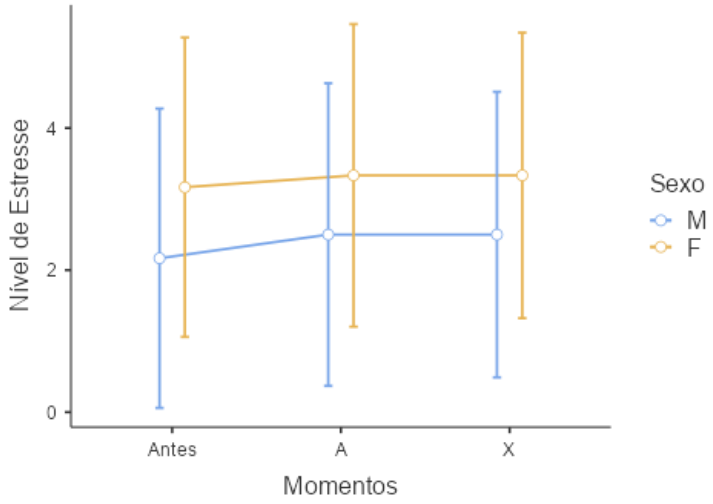
Tabela 65 – Estatística descritiva do nível de estresse relatado pré e pós-uso.

Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Antes	0,0	7,0	2,7	2,3
A (Duplo Toque)	0,0	7,0	2,9	2,3
X (Redesign)	0,0	7,0	2,9	2,2

Fonte: O autor.

Após a realização do Teste de Friedman, os dados encontrados mostram que não houve diferença significativa em nenhum dos momentos. O que já era antevisto devido aos valores próximos nos três momentos. No entanto, ao verificar o gráfico da Figura 121, é possível perceber uma tendência de valores mais altos para o nível de estresse do sexo feminino em todos os momentos, seja no pré ou pós-uso das interfaces, mas sem alterações entre os períodos.

Figura 121 – Gráfico do nível de estresse nos momentos pré e pós-testes, com divisão de sexos.



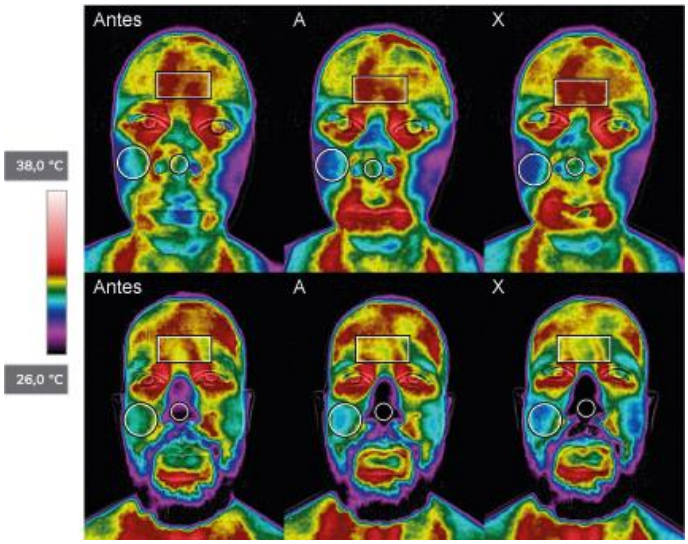
Fonte: O autor.

4.3.5.10 Termografia para avaliação do estresse

Seguindo os mesmos procedimentos do estudo anterior para a questão da avaliação emocional através da termografia, é possível conferir na Figura 122 as imagens térmicas da face de dois voluntários do sexo feminino e masculino, respectivamente, nos três momentos do experimento. As demais imagens dos doze voluntários podem ser checadas no Apêndice L – Termografia da Face dos 12 voluntários do Estudo 3 (p. 299).

Foi realizada uma análise estatística com os dados dos doze voluntários (n = 12), nas regiões da testa (Test), nariz (Nar) e bochecha (Boch), nos períodos pré-uso (Antes) e pós-usos (A e X), e temperaturas máxima, mínima e média (Max, Min e Med, respectivamente), observados na Tabela 66.

Figura 122 – Sequências de imagens térmicas dos momentos antes (A e X).



Fonte: O autor.

Tabela 66 – Estatística descritiva das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso.

Região	Min	Max	Med	DP
Test Antes Max	31,2	34,4	32,89	1,05
Test Antes Min	30,2	33,4	31,56	1,21
Test Antes Med	30,7	33,9	32,19	1,03
Nar Antes Max	25,1	34,6	30,17	2,90
Nar Antes Min	23	32,6	28,17	2,90
Nar Antes Med	23,8	34	29,15	3,18
Boch Antes Max	30,7	35,1	32,32	1,36
Boch Antes Min	27,9	32,1	30,01	1,24
Boch Antes Med	28,7	33,6	30,88	1,51
Test A Max	32	33,9	32,77	0,62
Test A Min	30,2	32,8	31,34	0,81
Test A Med	31,3	33,2	32,1	0,61
Nar A Max	26,5	32,9	29,39	2,47
Nar A Min	24	30,8	27,05	2,73
Nar A Med	24,7	32	28,1	2,90
Boch A Max	30,7	35,5	32,46	1,49
Boch A Min	28,2	30,7	29,52	0,83
Boch A Med	29	32,1	30,54	0,93
Test B Max	31,4	33,3	32,47	0,57
Test B Min	30,1	32,1	31,14	0,56

Test B Med	30,9	32,6	31,84	0,52
Nar X Max	26,1	33	29,23	2,21
Nar X Min	23,6	30,3	26,37	2,34
Nar X Med	24,5	32	27,38	2,52
Boch X Max	30,6	32,6	31,82	0,56
Boch X Min	28,3	38,6	30,05	3,06
Boch X Med	29,4	31	30,22	0,64

Fonte: O autor.

Foi realizado o Test T para Amostras Pareadas, o qual apresentou um nível de significância maior do que 0,05 em quase todos os pares testados, com exceção das temperaturas mínima e média do nariz nos pares que comparam os momentos antes e após o uso da interface X (destacados em negrito), conforme Tabela 67.

Portanto, não há aumento ou diminuição do nível de estresse. Ou seja, o uso das interfaces não alterou o nível de estresse emocional de forma significativa em nenhuma das interfaces testadas.

Tabela 67 – Test T das temperaturas do nariz e bochecha pré e pós-uso.

Pré-uso x pós-uso A e X	Teste	Correlação	p-valor
Test Antes Max – Test A Max	t de Student	0,442	0,667
Test Antes Max – Test X Max	t de Student	0,888	0,394
Test Antes Min – Test A Min	t de Student	1,047	0,318
Test Antes Min – Test X Min	t de Student	1.082	0,302
Test A ntes Med – Test A Med	t de Student	0,485	0,637
Test Antes Med – Test X Med	t de Student	0,845	0,416
Nar Antes Max – Nar A Max	t de Student	1,485	0,166
Nar Antes Max – Nar X Max	t de Student	1,327	0,211
Nar Antes Min – Nar A Min	t de Student	2,041	0,066
Nar Antes Min – Nar X Min	t de Student	2,629	**0,023**
Nar Antes Med – Nar A Med	t de Student	1,820	0,096
Nar Antes Med – Nar X Med	t de Student	2,550	**0,027**
Boch Antes Max – Boch A Max	t de Student	-0,126	0,902
Boch Antes Max – Boch X Max	t de Student	1,137	0,280
Boch Antes Min – Boch A Min	t de Student	1,925	0,080
Boch Antes Min – Boch X Min	W de Wilcoxon	58,0	0,146
Boch Antes Med – Boch A Med	t de Student	1,374	0,197
Boch Antes Med – Boch X Med	t de Student	1.525	0,156
Os valores em negrito indicam a diferença significativa (p<0,05).			

Fonte: O autor.

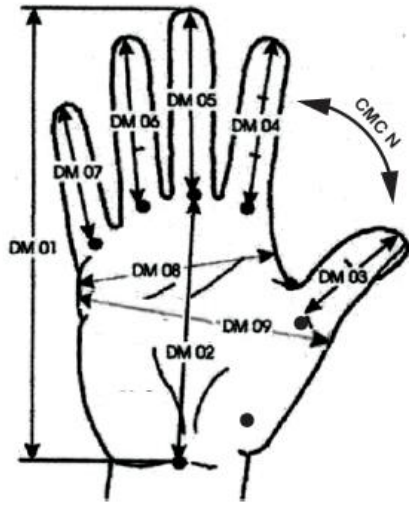
Assim, os valores convergem com os relatos dos participantes sobre a percepção do estresse (experiência sentida), que também não apresentou aumento ou diminuição

significativa nos três momentos (pré-uso, pós-uso A e pós-uso X). Portanto, os resultados também foram similares ao Estudo 2, em que não foram identificadas alterações térmicas que indiquem aumento ou diminuição do estresse, conferindo também com os relatos dos voluntários. De tal modo, a variável emocional não foi um elemento influenciador para as queixas de desconforto ou esforço físico, o que se alinha às nossa expectativas, uma vez que o foco da pesquisa não pretendia explorar a complexidade dos fatores psicológicos, e sim, isolar essa variável para que ela influenciasse o mínimo possível as demais variáveis de interesse deste estudo.

4.3.5.11 Antropometria da mão

Foram seguidos os mesmos procedimentos do Estudo 2. Dos doze voluntários, onze utilizaram apenas a mão direita durante o uso das interfaces e somente um voluntário utilizou apenas a mão esquerda, sendo a única pessoa canhota do experimento. Portanto, realizamos as medições dos segmentos da mão direita, conforme Tabela 68.

Tabela 68 – Antropometria da mão direita dos voluntários para os sexos masculino e feminino, e valor de “p” (ANOVA – p ≤ 0,05).



	Masculino		Feminino		Anova “p”
Variável	**Média**	**DP**	**Média**	**DP**	
DM1	188,3	12,51	172,0	5,09	**0,023**
DM2	105,2	6,63	94,8	4,61	**0,012**
DM3	65,7	6,56	63,1	4,21	0,447
DM4	74,3	3,12	70,9	2,89	0,075
DM5	81,8	5,53	76,5	3,62	0,083
DM6	76,5	4,61	70,6	2,61	**0,027**
DM7	62,7	3,52	58,3	2,80	**0,039**
DM8	91,6	4,30	80,2	4,61	**0,001**
DM9	117,3	6,89	99,8	6,51	**0,001**
CMC Neutro	42,2	2,78	39,5	0,83	0,067

Os valores estão expressos em milímetros. Valores em negrito indicam diferença estatística p≤0,05.

Fonte: Adaptado de Paschoarelli *et al.* (2021).

Conforme observado na tabela anterior, foi aplicada a Análise da Variância (ANOVA – p ≤ 0,05) para verificar se existe diferença nas dimensões das nove variáveis e do ângulo neutro do MCP Radial entre os sexos masculino e feminino que foram voluntários do experimento. Assim, com os resultados da ANOVA, verificamos que existem diferenças significativas em seis variáveis, já outras quatro não apresentaram diferença significativa (p > 0,05), ou seja, o DM3 (comprimento do polegar), o DM4

(comprimento do dedo indicador), o DM5 (comprimento do dedo médio) e o CMC Neutro (ângulo neutro do carpometacarpal para o movimento radial). Nesse sentido, para essa amostra identificamos que o comprimento do polegar e o ângulo neutro do CMC Radial não obtiveram diferença estatística entre os sexos, sendo essas duas importantes variáveis antropométricas relacionadas com o alcance dos elementos.

Logo, o que pode justificar a diferenciação nas queixas de desconforto, principalmente no caso da interface A, que exigiu ângulos mais elevados de abdução do CMC Radial, ocasionando maiores queixas para as voluntárias do sexo feminino, é o fato de o sexo masculino possuir uma amplitude de conforto maior para o CMC Radial, conforme indicado por Gilbert *et al.* (1988). Esse aspecto deve, portanto, ser considerado no projeto de interfaces, possibilitando ajustes na interface ou diferentes maneiras de uso, permitindo aos usuários escolherem as configurações mais confortáveis para eles.

4.3.6 Considerações finais do Estudo 3

Nesta segunda experimentação foram identificadas algumas similaridades com os resultados da primeira. Vale ressaltar que uma das interfaces avaliadas, interface A, também foi analisada no estudo anterior. Além disso, a quantidade de tempo, a cadeira para sentar e regular as dimensões conforme a preferência dos voluntários, modelo de smartphone e o ambiente também foram os mesmos.

Assim, alguns resultados foram semelhantes aos anteriores, como foi o caso na avaliação postural por meio do Kinebot, em que, para ambas as interfaces avaliadas (A e X), não foram encontrados problemas nas posturas. Deste modo, reforçando a importância de recomendações posturais em casos de uso do smartphone por períodos mais longos, principalmente com apoio para os cotovelos e regulagens de alturas de acordo com as dimensões das pessoas (KROEMER; KROEMER, 2016), favorecendo uma postura adequada e confortável durante o uso.

Na análise do movimento do polegar, foram encontradas algumas inconformidades e diferenciações entre as interfaces. Deste modo, compreende-se que a interface A obteve resultados muito próximos aos dados da primeira experimentação, confirmando a precisão da ferramenta desenvolvida para esta pesquisa, principalmente no rastreamento dos ângulos do CMC, mas, também, para MCP e IP, como valores próximos

para faixa de elevada exposição. Contudo, houve algumas discrepâncias para as outras faixas, que podem estar relacionadas à amostra de voluntários, com mais da metade dos indivíduos diferentes da primeira para a segunda experimentação.

Nesse contexto, na comparação dos resultados, foi possível perceber um melhoramento da interface redesenhada (interface X), reduzindo em 9% a quantidade de ângulos em elevada exposição para o CMC, e de 12% para o IP, enquanto para o MCP os valores foram similares para as duas interfaces. Assim, o redesign cumpriu com o objetivo de amenizar a exposição biomecânica no que diz respeito às amplitudes dos movimentos, confirmando a importância do design ergonômico para o desenvolvimento de interfaces e produtos mais confortáveis (PASCHOARELLI; DA SILVA, 2006).

Ainda, verificando os movimentos do polegar dominante, ao conferir a porcentagem de tempo dentro da faixa segura, é possível identificar vantagem na interface X de quase 9%, reduzindo aproximadamente 6% de abduções e 3% de aduções na faixa crítica adotada. Portanto, mais uma confirmação de que o redesign foi efetivo no melhoramento da interface nesses quesitos.

Com relação à repetitividade, novamente foram contabilizadas a quantidade de rolagem, toque e curtidas em cada uso das interfaces, sendo possível perceber que o redesign (interface X) também beneficiou essa variável biomecânica, reduzindo a quantidade total de gestos em quase 40%, e, ainda, em aproximadamente 15% mais eficiente, isso quando relacionada à quantidade de gestos e número de curtidas.

Por último, podemos perceber que alterações na posição dos elementos de interação, nos tipos de gesto e na redução de repetições foram suficientes para reduzir a exposição biomecânica da postura da mão e a repetitividade de ações, resultando em menores queixas de desconforto para a região da mão e validando o método proposto e a hipótese da pesquisa. No entanto, não conseguimos resultados estatísticos significativos com a termografia digital por infravermelho para os segmentos das mãos, o que fortaleceria a triangulação metodológica entre as técnicas aplicadas neste estudo. Portanto, o uso da termografia deve ser aprimorado, ou substituído por outras técnicas ou métodos mais adequados para esse tipo de interação, como pode ser o caso da Eletromiografia de Superfície indicada por Namwongsa *et al.* (2018b).

5 CONCLUSÕES

Após o estudo metodológico, revisão de literatura, pesquisa com usuários e aplicações dos dois experimentos, foi possível comprovar a hipótese desta pesquisa, isto é: procedimentos de avaliação dos movimentos articulares, repetitividade e percepção contribuem para o redesign da interface digital visto que permitem verificar a diminuição de desconforto e a diminuição de sobrecarga biomecânica. Utilizando-se o método adequado, e, posteriormente, com a intervenção ergonômica durante o processo de design ou redesign da interface, foi possível propor soluções que reduzam os movimentos extremos e o número de repetições das ações gestuais.

Assim, o objetivo geral da pesquisa foi atingido, pois o método proposto para a avaliação da ergonomia física das interfaces gestuais dos smartphones foi desenvolvido e validado, sendo possível identificar problemas que interferiam diretamente no conforto e as estruturas musculoesqueléticas envolvidas durante a interação dos usuários com as interfaces testadas, o que ajudou a testar e corroborar a hipótese da pesquisa. Ou seja, o método proposto foi capaz de identificar inadequações ergonômicas por meio do rastreamento da parte superior do corpo e dos três ângulos articulares do polegar durante o uso das interfaces por meio de visão computacional, da contagem dos gestos repetidos através de análise de vídeo, e do mapeamento de desconforto da parte superior do corpo e das mãos, relatados pelos voluntários nos pré e pós-uso das interfaces, confirmando o pressuposto levantado.

Com relação aos objetivos específicos, também podemos confirmar que estes foram concluídos, como pode ser conferido a seguir:

Objetivo Específico 1

- Identificar hábitos de uso e fatores de risco relacionados à utilização de smartphones com uma amostra de usuários brasileiros.

Na pesquisa com usuários de smartphones (Estudo 1) foi possível coletar informações importantes com as questões levantadas no questionário. Deste modo, foi possível identificar hábitos de uso, modelos, marcas e dimensões de dispositivos, preferências de aplicativos e a frequência de uso, tipos de manuseio, dedos mais utilizados e as regiões mais comprometidas fisicamente com a interação, o que auxiliou na seleção da interface a ser avaliada, na padronização do modelo de smartphone e dos tipos de

manuseio previstos. Além disso, foi possível cruzar dados demográficos com a percepção de desconforto dos respondentes através do teste qui-quadrado, chegando a resultados interessantes que confirmam a relação de sexo, tempo de uso e problemas musculoesqueléticos preexistentes na percepção do desconforto durante o uso do smartphone.

Objetivo Específico 2

- Identificar as variáveis manipuláveis e parâmetros adequados para processo de avaliação de interfaces gestuais digitais de aplicativos móveis que interfiram no conforto e sobrecarga biomecânica.

Como dito e confirmado na hipótese da pesquisa, os movimentos articulares e a repetitividade são variáveis que interferem no conforto e na sobrecarga biomecânica, sendo, portanto, variáveis manipuláveis no processo de desenvolvimento de interfaces gestuais digitais de aplicativos móveis. Isto é, tais características podem ser planejadas para favorecer os usuários com maior conforto e para a redução de sobrecargas musculoesqueléticas.

Objetivo Específico 3

- Selecionar os métodos, técnicas e/ou ferramentas adequados para a análise ergonômica das interfaces gestuais de smartphones com foco na ergonomia física e conforto dos usuários, conferindo indicativos subjetivos e objetivos para problemas musculoesqueléticos.

A seleção dos métodos, técnicas e/ou ferramentas para análise ergonômica do objeto de estudo foi considerada adequada, tendo em vista que estes foram satisfatórios na aferição das variáveis de interesse desta pesquisa graças à revisão bibliográfica e à revisão sistemática da literatura, que ajudaram compor todo o conteúdo do método.

Para análise da postura e do movimento corporal, o Kinebot foi bastante prático e preciso, reduzindo erros e análises superficiais, apurando detalhes que são passados despercebidos em análises convencionais com apenas os recursos naturais dos avaliadores e formulários sintéticos na observação de incoerências posturais e movimentos inadequados.

O mesmo ocorreu no caso da análise dos movimentos dos polegares, cuja avaliação se deu com o auxílio dos parâmetros de Drury (1987) indicados por Tegtmeier (2018), os quais foram aplicados pela primeira vez nas amplitudes dos movimentos de três articulações do polegar (CMC Radial, MCP e IP), e pela ferramenta desenvolvida para esta pesquisa (sistema de rastreamento de movimento dos dedos e cálculo dos ângulos articulares), a partir da qual propomos faixas de amplitude seguras para o uso do smartphone, sendo possível atingir resultados satisfatórios e replicáveis, confirmados nos dois experimentos.

A termografia foi eficiente na avaliação do emocional, o que foi importante para isolar essa variável para que não afetasse a percepção do desconforto de forma significativa, caso os voluntários estivessem com alto nível de estresse emocional. Além disso, essa ferramenta foi satisfatória na avaliação da sobrecarga musculoesquelética da parte superior do corpo, cujos resultados foram compatíveis com os relatos dos participantes e com os dados da avaliação da postura e do movimento.

No entanto, exclusivamente para as mãos, nos experimentos desta pesquisa, a termografia não foi eficiente. Porventura pelo fato de as interfaces testadas não ocasionarem mudanças acentuadas na temperatura, mas, também, por diversos fatores pressupostos que serão indicados no próximo tópico, os quais não comprometeram a avaliação, uma vez que as demais técnicas e instrumentos foram suficientes para avaliar as variáveis de interesse e comprovar os resultados através de análise estatística, além de salientarem a importância de se relacionarem critérios objetivos e subjetivos para uma avaliação mais precisa.

Contudo, é possível que a termografia seja substituída pela eletromiografia de superfície para uma triangulação metodológica envolvendo medição dos ângulos articulares, resposta fisiológica e relato da percepção de desconforto, o que não foi possível com o uso da termografia por infravermelho para a região da mão. Não por acaso, foi a técnica mais utilizada nos estudos ergonômicos em smartphones – dado que verificamos na revisão sistemática da literatura (RSL) –, mas que foi descartada por falta de recursos e pela necessidade de eliminar dispositivos vestíveis para tornar os experimentos mais naturais e facilitar a coleta de dados.

Objetivo Específico 4

- Realizar experimentos com amostra de usuários para validar o método de avaliação proposto para identificação de inconformidades da interface analisada, correlacionando as respostas fisiológicas às percepções subjetivas dos usuários;

Após a composição do método e testes piloto para ajustes finais, foi possível realizar dois experimentos com usuários que validaram o método de avaliação proposto. Nesse momento, foi possível identificarem-se inconformidades nas interfaces analisadas através do conjunto de dados fisiológicos e relatos das percepções subjetivas dos usuários que se complementaram e confirmaram os pressupostos. Além disso, com as observações dos comportamentos e relatos dos usuários foi possível compreender o que poderia ser melhorado na interface para favorecer o alcance e reduzir a repetição de movimentos, tendo em vista que vários aspectos da interface podem conduzir as pessoas a tomarem algumas decisões nas formas de uso que adotam. Ou seja, o posicionamento de um elemento interativo ou o tipo de gesto exigido podem induzir a ângulos mais abertos, fechados ou em posição neutra do polegar. Com isso, é possível confirmar que os elementos da interface digital podem ser manipulados para favorecer a ergonomia física da interação.

Objetivo Específico 5

- Propor recomendações para solução dos problemas identificados na interface avaliada, validando-as através de protótipo experimento com usuários e avaliando-as com o método proposto de forma comparativa (design x redesign).

Com o diagnóstico ergonômico da primeira experimentação (Estudo 2), foram propostas recomendações para solução dos problemas identificados na interface avaliada, sendo ajustados a localização do ícone de *curtir* o conteúdo e o tipo de gesto exigido para passar a página. Essas soluções buscaram reduzir os ângulos extremos dentro da faixa crítica e o número total de gestos no mesmo espaço de tempo. Comparou-se, ainda, a interface original e o redesign, validados através de uma segunda experimentação (Estudo 3) com usuários por meio de protótipos. Assim, foi possível confirmar que as recomendações foram coerentes e reduziram significativamente a percepção do desconforto nas mãos dos usuários.

5.1 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante a realização dos experimentos e nas observações dos voluntários utilizando as interfaces, algumas recomendações foram formuladas para o design ergonômico de interfaces gestuais para smartphones. São elas: planeje a localização de elementos visuais, de forma que se evite que sejam ocultados pelos dedos durante o uso, com distância dentro da faixa segura de exposição biomecânica; determine dimensões maiores para os botões, a fim de evitarem-se erros nos toques e repetições desnecessárias; proporcione mais de uma forma de ação gestual para realizar a mesma função na interface; selecione gestos estáveis que evitem preensões que causem desconforto ou a necessidade de apoiar o dispositivo sobre o dedo mínimo; se possível, ofereça a possibilidade de que a interface se molde aos parâmetros antropométricos e de conforto do usuário.

Um ponto importante a ser destacado foi que, apesar de o método proposto nesta pesquisa demonstrar competência na identificação de problemas ergonômicos, com dados objetivos e subjetivos que se complementam, a termografia digital por infravermelho não identificou sobrecargas musculoesqueléticas nos segmentos das mãos que comprovem diferenças estatisticamente significativas nas temperaturas médias das regiões de interesse nos momentos pré e pós-usos das interfaces, apenas nas médias gerais de algumas situações, mas com desvio padrão alto. Logo, diante de algumas dificuldades e das experiências adquiridas, foi possível perceber algumas questões que podem ter interferido no resultado final e podem ser aperfeiçoadas no método e na própria coleta, como:

- Aumentar a amostra de voluntários nos testes;
- Selecionar temperatura do ambiente mais adequada para o registro das mãos;
- Reduzir a condução térmica do calor do smartphone para as mãos;
- Um controle mais rígido na temperatura do ambiente para uma aclimatização/termalização dos voluntários;
- Maior tempo de duração da tarefa;
- Interfaces mais contrastantes na posição dos elementos de interação e nos tipos de gestos empregados;

- Uso de filmagem contínua para monitorar todo o tempo de uso e fotografias entre o descanso pós-usos;
- Complementação ou substituição da termografia pela eletromiografia de superfície.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da pesquisa foram surgindo outras possibilidades de estudo que não puderam ser desenvolvidas, mas que podem ser importantes para uma melhor compreensão e aprimoramento da interação gestual com smartphones, e também para o aperfeiçoamento do método proposto nesta tese. São elas:

- Verificar o nível de desconforto físico relacionado à duração progressiva na interação gestual com Feed do Instagram.
- Conferir a interferência do nível de estresse na percepção do desconforto no uso do smartphone, comparando-se atividades agradáveis e estressantes.
- Comparar a percepção do desconforto entre interfaces motivadoras e monótonas.
- Comparar a sobrecarga musculoesquelética entre os tipos de manuseio do smartphone (indicados no Estudo 1), utilizando-se a mesma interface de aplicativo.
- Aplicar o método proposto em situações de uso real, considerando a jornada diária, do Feed do Instagram com uma amostra significativa de usuários.
- Aplicar o método proposto para avaliar interação com a barra de navegação inferior do iOS e/ou Android.
- Aplicar o método proposto em jogos online de longa duração.
- Comparar a acurácia da ferramenta de rastreamento dos ângulos articulares do polegar (CMC Radial, MCP e IP) por visão computacional, proposta neste estudo, com o eletrogoniômetro.

- Levantar dados antropométricos do ângulo de conforto do CMC Radial do polegar para interação com smartphone com divisão percentil (5%, 50% e 95%) e de sexo (feminino e masculino) com amostra significativa da população brasileira.
- Utilizar a eletromiografia de superfície (EMGs) para avaliar a atividade muscular no uso do Feed do Instagram nas diferentes possibilidades de uso, conforme as interfaces A, B e C do Estudo 2.
- Quantificar as atividades musculares com EMGs nos ângulos articulares do polegar (CMC Radial, MCP e IP) para as faixas de exposição aplicando os parâmetros de Drury (1987).
- Utilizar a EMGs de superfície para medir a atividade muscular nos diferentes tipos de gesto padrão para smartphones e escalonar os gestos dentro dessa variável com parâmetros de indicação aceitáveis.
- Avaliar a ergonomia do *Popsocket,* Fita Salva Celular e outros tipos de suporte fixados na traseira do smartphone.
- Compreender como o smartphone é utilizado no trabalho contemporâneo e conferir o impacto do dispositivo à saúde física e emocional dos trabalhadores.

Por fim, destacamos a importância deste estudo para o desenvolvimento de outras pesquisas para ampliar o conhecimento e aprimoramento sobre esse tipo de interação. Tendo em vista que o smartphone faz parte de forma significativa na vida de muitas pessoas, e os responsáveis pelo desenvolvimento das interfaces e sistemas devem ter mais consciência das causas e consequências de suas aplicações.

REFERÊNCIAS

ABERGO. **Estatuto da Abergo**. Aprovado na Assembleia Geral Ordinária, realizada em 1 de setembro de 2004, em Fortaleza, Ceará, 2004. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/arquivos/estatuto_e_regimento/novo_estatuto_abergo_versao_definitiva.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

ABERGO. **O que é ergonomia**. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 17 jul. 2020.

ACIOLY, A. DE S. G. **A realidade aumentada como ferramenta para orientação de uso e segurança em embalagens**. Doctoral Thesis—[s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 12 dez. 2016.

AGUIAR, S. **Redes sociais na internet: desafios à pesquisa**. XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Santos. **Anais**...2007.

AHN, S. H. *et al.* Grasp Behavior Analysis Using Muscle and Postural Hand Synergies for Smartphones. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing**, v. 22, n. 4, p. 697–707, 1 abr. 2021.

AKURKE, S.; LI, Y.; CRAIG, B. Effect of smartphone use on upper extremity and neck. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 588, p. 241–249, 2018.

ALBERT, W.; TULLIS, T. **Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. [s.l.] Newnes, 2013.

ALBERTONI, M. Estudo populacional das forças das pinças polpa-a-polpa, trípode e lateral. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 37, n. 11/12, 2002.

ALFONSIN, M. M. Correlação da algometria, escala análogo visual, escala numérica de avaliação da dor em mulheres com dor pélvica crônica. 2013.

ALI, M. *et al.* Frequency of De Quervain's tenosynovitis and its association with SMS texting. **Muscles, Ligaments and Tendons Journal**, v. 4, n. 1, p. 74–78, 8 maio 2014.

ALVES NETO, O. **Dor: princípios e prática**. [s.l.] Artmed Editora, 2009.

ANDROID. **Navegação por gestos | Desenvolvedores Android**. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/navigation/gesturenav?hl=pt-br>. Acesso em: 15 jul. 2020.

APP ANNIE. **A Look Back at the Top Apps and Games of the Decade | App Annie Blog**. Disponível em: <https://www.appannie.com/en/insights/market-data/a-look-back-at-the-top-apps-games-of-the-decade/>. Acesso em: 22 jul. 2020.

APP ANNIE. **State of Mobile 2021**. Disponível em: <https://www.appannie.com/en/go/state-of-mobile-2021/>. Acesso em: 30 jul. 2021a.

APP ANNIE. **O padrão do app analytics e de dados de aplicativos | App Annie**. Disponível em: <https://www.appannie.com/dashboard/home?app_group_id=WZR2D2VW2ASQNZFV4UW6EARFZWEIIMN3HF7TIEUTTCY5TCMPQQDQ====&homepage.selected-chart=quadrant&homepage.topType=apps>. Acesso em: 3 ago. 2021b.

APPLE. **Gestures - User Interaction - iOS - Human Interface Guidelines - Apple Developer**. Disponível em: <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/user-interaction/gestures/>. Acesso em: 21 abr. 2020.

APPLE. **Instagram**. Disponível em: <https://apps.apple.com/br/app/instagram/id389801252>. Acesso em: 3 fev. 2022.

ARAÚJO, L. N. DE; VILLAROUCO, V.; ALBUQUERQUE, S. R. DE. **Análise Ergonômica do Processo de Produção Artesanal: uma revisão sistemática da literatura**. Blucher Design Proceedings. **Anais**... Em: 17º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia o 17 º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador. 2019. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/anlise-ergonmica-do-processo-de-produo-artesanal-uma-reviso-sistemtica-da-literatura-34113>. Acesso em: 27 jan. 2020.

ASAKAWA, D. S. *et al.* Fingertip forces and completion time for index finger and thumb touchscreen gestures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 34, p. 6–13, 2017.

BAABDULLAH, A. *et al.* The association between smartphone addiction and thumb/wrist pain: A cross-sectional study. **Medicine**, v. 99, n. 10, p. e19124, mar. 2020.

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Educação ambiental comunitária: uma experiência com a técnica de pesquisa snowball (bola de neve). **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 27, 2011.

BARAKAT, M. J.; FIELD, J.; TAYLOR, J. **The Range of Movement of the Thumb**. v. 2, n. 8, p. 179–182, 2013.

BENETECH. **Anemometer GM816 - Shenzhen Jumaoyuan Science And Technology Co, Ltd.** Disponível em: <http://www.benetechco.net/en/products/gm816.html>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BERGSTROM-LEHTOVIRTA, J.; OULASVIRTA, A. **Modeling the functional area of the thumb on mobile touchscreen surfaces**. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. **Anais**...: CHI '14.New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 26 abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2556288.2557354>. Acesso em: 30 set. 2021

BEROLO, S.; WELLS, R. P.; AMICK, B. C. Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: A preliminary study in a Canadian university population. **Applied Ergonomics**, Special Section: Ergonomics, health and working time organization. v. 42, n. 2, p. 371–378, 1 jan. 2011.

BILLINGHURST, M.; BUXTON, B. Gesture based interaction. **Haptic input**, v. 24, 2011.

BREMMER, J.; ROODENBURG, H. (EDS.). **A cultural history of gesture: from antiquity to the present day**. Reprinted ed. Cambridge: Polity Press, 1994.

BRIOSCHI, M. L.; COLMAN, D. Estudo da Dor por Imagem Infravermelha Infrared Imaging for the Study of Pain. **Revista Dor**, v. 6, p. 589–599, 2005.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. DE A. C. Termometria cutânea: novos conceitos. **J Vasc Bras**, v. 2, p. 151–60, 2003.

BRIOSCHI, M. L. T. *et al.* **Manual De Termografia Medica: Baseado No International Consensus And Guidelines For Medical Thermography**. 1ª edição ed. São Paulo: ANDREOLI, 2012.

BUXTON, B. 31.1: Invited Paper: A Touching Story: A Personal Perspective on the History of Touch Interfaces Past and Future. **SID Symposium Digest of Technical Papers**, v. 41, n. 1, p. 444, 2010.

BUXTON, W. *et al.* **Continuous hand-gesture driven input**. Graphics Interface. **Anais**...1983.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **DECRETO Nº 26.042, DE 17 DE DEZEMBRO DE 1948 - Publicação Original**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-26042-17-dezembro-1948-455751-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 29 nov. 2021.

CARMO, R. L. DO. **Músculos tenares**. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/musculos-tenares>. Acesso em: 29 nov. 2022.

CARVALHO, M. A. P. *et al.* **Reumatologia. Diagnóstico e Tratamento**. 4ª edição ed. [s.l.] Grupo GEN, 2013.

CAVALCANTI, V. C. *et al.* Usability Assessments for Augmented Reality Motor Rehabilitation Solutions: A Systematic Review. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2018, 2018.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSSON, G. B.; MARTIN, B. J. **Occupational biomechanics**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2006.

CHAFFIN, D. B.; ANDRES, R. O.; GARG, A. Volitional postures during maximal push/pull exertions in the sagittal plane. **Human factors**, v. 25, n. 5, p. 541–550, 1983.

CHAMMAS, A.; QUARESMA, M.; MONT'ALVÃO, C. Um enfoque ergonômico sobre a metodologia de design de interfaces digitais para dispositivos móveis. **Arcos Design**, v. 7, n. 2, p. 145–171, 15 dez. 2013.

CHAO, E. Y. *et al.* Electrogoniometer for the Measurement of Human Elbow Joint Rotation. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 102, n. 4, p. 301–310, 1 nov. 1980.

CHIANG, Z.-H. *et al.* **An analysis of smartphone size regarding operating performance**. International Conference on Human Interface and the Management of Information. **Anais.** Springer, 2013.

CHIAVEGATO FILHO, L. G.; PEREIRA JR., A. LER/DORT: multifatorialidade etiológica e modelos explicativos. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 8, p. 149–162, fev. 2004.

CHUAN, N. K.; SIVAJI, A.; AHMAD, W. F. W. **Usability heuristics for heuristic evaluation of gestural interaction in HCI**. International Conference of Design, User Experience, and Usability. **Anais**. Springer, 2015.

CHURCH, K.; OLIVEIRA, R. DE. **What's up with whatsapp? comparing mobile instant messaging behaviors with traditional SMS**. Proceedings of the 15th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services. **Anais**...: MobileHCI '13.Munich, Germany: Association for Computing Machinery, 27 ago. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2493190.2493225>. Acesso em: 22 jul. 2020

CLARK, J. **Designing for Touch**. New York, NY, USA: A Book Apart, 2015.

CLEMENT, J. **Number of monthly active Facebook users worldwide as of 1st quarter 2020**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/>. Acesso em: 23 jul. 2020.

COLOMBINI, D. An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. **Ergonomics**, v. 41, n. 9, p. 1261–1289, 1 set. 1998.

CRISWELL, E. **Cram's Introduction to Surface Electromyography**. [s.l.] Jones & Bartlett Publishers, 2010.

CUPONATION. **smartphones 2020**. Disponível em: <https://www.cuponation.com.br/insights/smartphones-2020>. Acesso em: 2 ago. 2021.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. São Paulo: Novatec editora, 2017.

DA SILVA, L. *et al.* Ergonomia Aplicada à TA: EMG e Dinamometria na Análise da Propulsão da Cadeira de Rodas. Em: **Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento – I. [Orgs.] / Fausto Orsi Medola e Luis Carlos Paschoarelli**. 1ª ed. ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2018. p. 295 a 304.

DENNERLEIN, J. T. The state of ergonomics for mobile computing technology. **Work**, v. 52, n. 2, p. 269–277, 1 jan. 2015.

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

DICIONÁRIO MICHAELIS ON-LINE. **Saúde**. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/saude>. Acesso em: 29 nov. 2021.

DOS SANTOS, M. G. R.; SEIS, R. Termografia: uma ferramenta de auxílio no diagnóstico fisioterapêutico–revisão de literatura. 2014.

DRURY, C. G. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. v. 1, n. 2, p. 41–49, 1987.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática / Jan Dul, Bernard Weerdmeester; tradutor Itiro Iida**. 3ª ed. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

EICHINGER, F. L. F. *et al.* Dinamometria lombar: um teste funcional para o tronco. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 14, n. 2, p. 120–6, 2016.

EITIVIPART, A. C.; VIRIYAROJANAKUL, S.; REDHEAD, L. Musculoskeletal disorder and pain associated with smartphone use: A systematic review of biomechanical evidence. **Hong Kong Physiotherapy Journal**, v. 38, n. 2, p. 77–90, 2018.

ELSEVIER. **What is Scopus Preview? - Scopus: Access and use Support Center**. Disponível em: <https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15534/supporthub/scopus/#tips>. Acesso em: 15 abr. 2020a.

ELSEVIER. **SciVal**. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scival>. Acesso em: 15 abr. 2020b.

FALCAO, C.; LEMOS, A. C.; SOARES, M. Evaluation of Natural User Interface: A Usability Study Based on the Leap Motion Device. **Procedia Manufacturing**, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015. v. 3, p. 5490–5495, 1 jan. 2015.

FARIA, C. G. *et al.* Análise termográfica e algométrica das mãos de universitários que utilizam telefone móvel / Thermographic and algometric analysis of hands of students using mobile phone. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63891–63904, 1 set. 2020.

FERNANDES, C. *et al.* Utilização da termografia para prevenção de lesões musculoesqueléticas no meio desportivo. **Ciência Atual – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José**, v. 15, n. 1, 2020.

FERREIRA, A. DE S.; GUIMARÃES, F. S.; SILVA, J. G. Aspectos metodológicos da eletromiografia de superfície: considerações sobre os sinais e processamentos para estudo da função neuromuscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 31, n. 2, 2010.

FERREIRA, E. A. G. *et al.* Avaliação da dor e estresse em pacientes com fibromialgia. **Rev Bras Reumatol**, v. 42, n. 2, p. 104–10, 2002.

FIGUEIREDO, I. M. *et al.* Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. **Revista Acta Fisiátrica**, v. 14, n. 2, p. 104–110, 2007.

FILLINGIM, R. B. *et al.* Sex, Gender, and Pain: A Review of Recent Clinical and Experimental Findings. **The journal of pain : official journal of the American Pain Society**, v. 10, n. 5, p. 447–485, maio 2009.

FLIR. **Descubra | FLIR Systems**. Disponível em: <https://www.flir.com.br/discover/>. Acesso em: 14 out. 2020.

FLIR. **FLIR C5 – Câmera termográfica compacta com conectividade em nuvem e Wi-Fi | Teledyne FLIR**. Disponível em: <https://www.flir.com.br/products/c5/>. Acesso em: 20 out. 2021.

FORCELINI, F. *et al.* Avaliação do desconforto no uso de descascadores manuais por usuários com Artrite Reumatoide. Em: [s.l: s.n.]. p. 215–224.

FORCELINI, F.; MERINO, E. A. D. **Termografia Infravermelha no Desenvolvimento de Produtos: formas de abordagem e categorias dos produtos**. Blucher Design Proceedings. **Anais**... Em: 13º CONGRESSO PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. 5 nov. 2018. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/termografia-infravermelha-no-desenvolvimento-de-produtos-formas-de-abordagem-e-categorias-dos-produtos-30139>. Acesso em: 29 jul. 2020

FORCELINI, F.; MERINO, G. S. A. D. **Guia de Orientações Thermos**. Florianópolis: Ngd/Ufsc, , 2019. Disponível em: <www.ngd.ufsc.br/thermos-protocol/>

GILBERT, B. G. *et al.* Thumbs Up: Anthropometry of the First Digit. **Human Factors**, v. 30, n. 6, p. 747–750, 1 dez. 1988.

GOLD, J. E. *et al.* Serum and MRI Biomarkers in Mobile Device Texting: A Pilot Study. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 56, n. 1, p. 1150–1154, 1 set. 2012.

GOOGLE. **MediaPipe Hands**. Disponível em: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>. Acesso em: 26 maio. 2022.

GUSTAFSSON, E. *et al.* Texting on mobile phones and musculoskeletal disorders in young adults: A five-year cohort study. **Applied Ergonomics**, v. 58, p. 208–214, 2017.

GUSTAFSSON, E. *et al.* Texting with touchscreen and keypad phones - A comparison of thumb kinematics, upper limb muscle activity, exertion, discomfort, and performance. **Applied Ergonomics**, v. 70, p. 232–239, 2018.

GUSTAFSSON, E.; JOHNSON, P. W.; HAGBERG, M. Thumb postures and physical loads during mobile phone use - a comparison of young adults with and without musculoskeletal symptoms. **Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 127–135, fev. 2010.

GUZSVINECZ, T.; SZUCS, V.; SIK-LANYI, C. Suitability of the Kinect Sensor and Leap Motion Controller—A Literature Review. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 19, n. 5, 2 mar. 2019.

HALL, S. J. **Biomecânica básica (7a. ed.).** Río de Janeiro: Grupo Gen - Guanabara Koogan, 2016.

HANDCOCK, M. S.; GILE, K. J. On the Concept of Snowball Sampling. **arXiv:1108.0301 [stat]**, 1 ago. 2011.

HANSRAJ, K. K. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. **Surgical Technology International**, v. 25, p. 277–279, nov. 2014.

HEDGE, A. **Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires (CMDQ)**. Disponível em: <http://ergo.human.cornell.edu/ahmsquest.html>. Acesso em: 5 dez. 2019.

HEDGE, A.; MORIMOTO, S.; MCCROBIE, D. Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. **Ergonomics**, v. 42, n. 10, p. 1333–1349, 1 out. 1999.

HOLZBAUER, M. *et al.* Radial and palmar active range of motion measurement: reliability of six methods in healthy adults. **Journal of Plastic Surgery and Hand Surgery**, v. 55, n. 1, p. 41–47, 1 fev. 2021.

HOOBER, S. **How Do Users Really Hold Mobile Devices? :: UXmatters**. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php>. Acesso em: 25 set. 2020.

HOOBER, S. **The Rise of the Phablet: Designing for Larger Phones :: UXmatters**. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2014/11/the-rise-of-the-phablet-designing-for-larger-phones.php>. Acesso em: 2 dez. 2021.

HOOBER, S. **Design for Fingers, Touch, and People, Part 1 :: UXmatters**. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2017/03/design-for-fingers-touch-and-people-part-1.php>. Acesso em: 25 set. 2020a.

HOOBER, S. **Design for Fingers, Touch, and People, Part 2 :: UXmatters**. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2017/05/design-for-fingers-touch-and-people-part-2.php>. Acesso em: 25 set. 2020b.

IASP. **IASP Terminology**. Disponível em: <https://www.iasp-pain.org/terminology?navItemNumber=576#Paintolerancelevel>. Acesso em: 9 out. 2020.

IBGE. **IBGE | Biblioteca | Detalhes | Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios : síntese de indicadores : 2015**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=298887>. Acesso em: 15 abr. 2020.

IIDA, I.; BUARQUE, L. I. A. **Ergonomia: projeto e produção**. [s.l.] Editora Blucher, 2016.

İNAL, E. E. *et al.* Effects of smartphone overuse on hand function, pinch strength, and the median nerve. **Muscle & Nerve**, v. 52, n. 2, p. 183–188, ago. 2015.

INCOTERM. **Termo-Higrômetro Digital Temperatura e Umidade Interna Incoterm - Indústria, Termo-Higrômetros Digitais**. Disponível em: <https://www.incoterm.com.br/solucoes-em-medicao/termo-higrometros-digitais-industria/produto/7666-02-0-00-termo-higrometro-digital-temperatura-e-umidade-internas>. Acesso em: 20 out. 2021.

INSTAGRAM. **Instagram Stories**. Disponível em: <https://about.instagram.com/features/stories>. Acesso em: 17 fev. 2022.

IOANNOU, S.; GALLESE, V.; MERLA, A. Thermal infrared imaging in psychophysiology: Potentialities and limits. **Psychophysiology**, v. 51, n. 10, p. 951–963, 2014.

ISLAM, N.; WANT, R. Smartphones: Past, Present, and Future. **IEEE Pervasive Computing**, v. 13, n. 4, p. 89–92, out. 2014.

ISO. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability**. Disponível em:

<https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/01/68/16883.html>. Acesso em: 30 jul. 2020.

ISO. **ISO 9241-11:2018(en) Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts**. Disponível em: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/35/63500.html>. Acesso em: 30 jul. 2020.

JIN, S. *et al.* A comparison of biomechanical workload between smartphone and smartwatch while sitting and standing. **Applied Ergonomics**, v. 76, p. 105–112, 2019.

JONES, L. A.; LEDERMAN, S. J. **Human hand function**. [s.l.] Oxford university press, 2006.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. [s.l.] CRC Press, 1998.

KAPANDJI, A. I. **Fisiología articular**. [s.l.] Médica Panamericana, 1998.

KENDON, A. **Gesture: Visible Action as Utterance**. [s.l.] Cambridge University Press, 2004.

KIETRYS, D. M. *et al.* Mobile input device type, texting style and screen size influence upper extremity and trapezius muscle activity, and cervical posture while texting. **Applied Ergonomics**, v. 50, p. 98–104, 2015.

KIM, H.-J.; KIM, J.-S. The relationship between smartphone use and subjective musculoskeletal symptoms and university students. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 3, p. 575–579, mar. 2015.

KIM, K. J.; SUNDAR, S. S. Does Screen Size Matter for Smartphones? Utilitarian and Hedonic Effects of Screen Size on Smartphone Adoption. **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking**, v. 17, n. 7, p. 466–473, 2 abr. 2014.

KIM, M.-S. Influence of neck pain on cervical movement in the sagittal plane during smartphone use. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 1, p. 15–17, jan. 2015.

KIM, S.-Y.; KOO, S.-J. Effect of duration of smartphone use on muscle fatigue and pain caused by forward head posture in adults. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 6, p. 1669–1672, jun. 2016.

KINEBOT. **Soluções em avaliação do movimento**. Disponível em: <https://www.kinebot.com.br/>. Acesso em: 7 fev. 2022.

KNUDSON, D. **Fundamentals of biomechanics**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2007.

KROEMER, A. D.; KROEMER, K. H. E. **Office Ergonomics: Ease and Efficiency at Work, Second Edition**. [s.l.] CRC Press, 2016.

KROEMER, K. H. E.; CHAFFIN, D. B. **Anthropometry and biomechanics: theory and application**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2012.

KROEMER, K. H.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. [s.l.] Bookman Editora, 2005.

LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEE, M. *et al.* The effects of smartphone use on upper extremity muscle activity and pain threshold. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 6, p. 1743–1745, jun. 2015.

LEE, S. C. *et al.* Smartphone form factors: Effects of width and bottom bezel on touch performance, workload, and physical demand. **Applied Ergonomics**, v. 67, p. 142–150, 2018.

LEE, S.; KANG, H.; SHIN, G. Head flexion angle while using a smartphone. **Ergonomics**, v. 58, n. 2, p. 220–226, 2015.

LEE, Y.-S. *et al.* Changes in the thickness of median nerves due to excessive use of smartphones. **Journal of physical therapy science**, v. 24, n. 12, p. 1259–1262, 2012.

LIANG, H.-W.; HWANG, Y.-H. Mobile phone use behaviors and postures on public transportation systems. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, 2016.

MAIA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, M. M.; MAIA, I. M. O. **Gestures as a cognitive means of human-computer interaction**. Proceedings of the 6th Information Design International Conference. **Anais**... Em: 6TH INFORMATION DESIGN INTERNATIONAL CONFERENCE. Pernambuco, Brasil: Editora Edgard Blücher, maio 2014. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/8761>. Acesso em: 15 abr. 2020

MAIKE, V. R. M. L. *et al.* **Heuristics for NUI revisited and put into practice**. International Conference on Human-Computer Interaction. **Anais**...Springer, 2015.

MARÇAL, M. A.; SILVA, F. F.; NETO, L. F. **Termografia Infravermelha: Avaliação da Sobrecarga músculo Esquelética na Região lombar e Membros Inferiores em uma Linha de Produção**. V Congreso Latino Américano y IV Congreso Peruano de Ergonomía, Lima. **Anais**...2016.

MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. Instrumentação em eletromiografia. **Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte. São Paulo: Universidade de São Paulo**, 2006.

MARQUES, A. P. **Manual de Goniometria**. 3. ed. Barueri: Editora Manole, 2014.

MATERIAL DESIGN. **Gestures - Material Design**. Disponível em: <https://material.io/design/interaction/gestures.html#types-of-gestures>. Acesso em: 21 abr. 2020.

MCATAMNEY, L.; NIGEL CORLETT, E. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, v. 24, n. 2, p. 91–99, 1 abr. 1993.

MEDVED, V. **Measurement of human locomotion**. [s.l.] CRC press, 2000.

MEIRELLES, F. DE S. **Pesquisa Anual do Uso de TI**. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/producao-intelectual/pesquisa-anual-uso-ti>. Acesso em: 11 ago. 2021.

MERLA, A.; ROMANI, G. L. **Thermal signatures of emotional arousal: a functional infrared imaging study**. 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. **Anais**...IEEE, 2007.

MERLETTI, R.; FARINA, D. **Surface Electromyography: Physiology, Engineering, and Applications**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dor relacionada ao trabalho: lesões por esforços repetitivos (LER): distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (Dort)**. [s.l.] Editora do Ministério da Saúde Brasília, 2012.

MONTAG, C. *et al.* Smartphone usage in the 21st century: who is active on WhatsApp? **BMC Research Notes**, v. 8, n. 1, p. 331, 4 ago. 2015.

MORAES, A. DE; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. [s.l.] 2AB, 2000.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. [s.l.] Saraiva Educação S.A., 2017.

NAMWONGSA, S. *et al.* Factors associated with neck disorders among university student smartphone users. **Work**, v. 61, n. 3, p. 367–378, 2018a.

NAMWONGSA, S. *et al.* Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, 2018b.

NEUMANN, D. A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação**. 2ª ed. ed. [s.l.] Elsevier Health Sciences, 2010.

NIELSEN, J. **Ten usability heuristics**. [s.l.] http://www. nngroup. com/articles/ten-usability-heuristics/(acc-essed …, 2005.

NIELSEN, M. *et al.* **A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI**. International gesture workshop. **Anais**...Springer, 2003.

NING, X. *et al.* Neck kinematics and muscle activity during mobile device operations. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 48, p. 10–15, 1 jul. 2015.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System**. [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

NORMAN, D. A. **O design do dia a dia**. [s.l.] Editora Rocco, 2018.

NORMAN, D. A.; NIELSEN, J. Gestural interfaces: a step backward in usability. **interactions**, v. 17, n. 5, p. 46–49, 2010.

O'HARA, K. P. *et al.* **Everyday dwelling with WhatsApp**. Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing. **Anais**...: CSCW '14.Baltimore, Maryland, USA: Association for Computing Machinery, 15 fev. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2531602.2531679>. Acesso em: 22 jul. 2020

OLIVEIRA, R. A. DE; SOUZA, S. T. DE M. Lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados à atividade bancária. **Sistemas & Gestão**, v. 10, n. 1, p. 124–132, 2015.

OPENPOSE. **OpenPose: OpenPose Doc**. Disponível em: <https://cmu-perceptual-computing-lab.github.io/openpose/web/html/doc/md_doc_00_index.html>. Acesso em: 5 jul. 2022.

OR, C. K.; DUFFY, V. G. Development of a facial skin temperature-based methodology for non-intrusive mental workload measurement. **Occupational Ergonomics**, v. 7, n. 2, p. 83–94, 2007.

O'REILLY, T. **What Is Web 2.0**. Disponível em: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>. Acesso em: 23 jul. 2020.

OSMOND ERGONOMICS. **Rapid Upper Limb Assessment Software (RULA)**. Disponível em: <https://www.rula.co.uk/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

PADILHA, R. A. B. Termografia aplicada à análise ergonômica em montadora de veículos. 2013.

PAPEŽ, B. J. *et al.* Infrared Thermography Based on Artificial Intelligence as a Screening Method for Carpal Tunnel Syndrome Diagnosis: **Journal of International Medical Research**, 1 maio 2009.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultra-sonografia**: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto. 2003.

PASCHOARELLI, L. C. *et al.* Antropometria da Mão Humana: Influência do Gênero no Design Ergonômico de Instrumentos Manuais. **Revista Ação Ergonômica**, v. 5, n. 2, 26 abr. 2011.

PASCHOARELLI, L. C.; DA SILVA, J. C. P. Design Ergonômico: uma revisão dos seus aspectos metodológicos. **Conexão-Comunicação e Cultura**, v. 5, n. 10, 2006.

PAVLIDIS, I.; LEVINE, J.; BAUKOL, P. **Thermal imaging for anxiety detection**. Proceedings IEEE Workshop on Computer Vision Beyond the Visible Spectrum: Methods and Applications (Cat. No. PR00640). **Anais**...IEEE, 2000.

PEEBLES, L.; NORRIS, B. Filling 'gaps' in strength data for design. **Applied ergonomics**, v. 34, n. 1, p. 73–88, 2003.

PEREIRA, J. F. *et al.* O uso dos smartphones e a incidência da síndrome do túnel do carpo: uma avaliação das percepções físicas dos usuários / The use of smartphones and the incidence of carpal tunnel syndrome: an assessment of users' physical perceptions. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 5, p. 4229–4242, 27 mar. 2019.

PEREIRA, J. F.; PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. **Avaliação do uso de smartphones na incidência da neuropatia compressiva: síndrome do tunel do carpo**. Blucher Engineering Proceedings. **Anais**... Em: 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA APLICADA. São Paulo: Blucher, 2016.

PHEASANT, S.; HASLEGRAVE, C. M. **Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Third Edition**. [s.l.] CRC Press, 2005.

PITARCH, E. P. **Virtual human hand: Grasping strategy and simulation**. [s.l.] Universitat Politècnica de Catalunya, 2008.

POLETTO, P. R. Avaliação da dor: comparação de métodos de auto-relato e provocativos em indivíduos com DORT. 26 fev. 2004.

POLLETO, P. R. *et al.* Correlação entre métodos de auto-relato e testes provocativos de avaliação da dor em indivíduos portadores de disturbios osteomusculares relacionados ao trabalho. **Braz. j. phys. ther. (Impr.)**, p. 223–229, 2004.

PRAKASH, R. **Infrared thermography**. [s.l.] BoD–Books on Demand, 2012.

PRZYSIEZNY, W. L. Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho: um enfoque ergonômico. **Dynamis**, v. 8, n. 31, p. 19–34, 2000.

QUARESMA, M. UX Designer: quem é este profissional e qual é a sua formação e competências? Em: ULBRICHT, V. R.; FADEL, L.; BATISTA, C. R. (Eds.). **Design para acessibilidade e inclusão**. [s.l.] EDITORA BLUCHER, 2018. p. 88–101.

RAZZA, B. M.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de forças de preensão digital: parâmetros para o design ergonômico de produtos. Em: **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos**. [s.l.] Luis Carlos Paschoarelli Marizilda dos Santos Menezes (orgs.), 2009.

REIS, M. M.; ARANTES, P. M. M. Medida da força de preensão manual: validade e confiabilidade do dinamômetro saehan. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 176–181, 2011.

RIMÉ, B.; SCHIARATURA, L. T. **Speech and gestures**. 1991.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de Interação**. [s.l.] Bookman Editora, 2013.

ROMANOVSKY, A. A. Skin temperature: its role in thermoregulation. **Acta Physiologica**, v. 210, n. 3, p. 498–507, 2014.

ROWE, P. *et al.* Validation of Flexible Electrogoniometry as a Measure of Joint Kinematics. **Physiotherapy**, v. 87, n. 9, p. 479–488, 1 set. 2001.

SAFFER, D. **Designing Gestural Interfaces: Touchscreens and Interactive Devices**. [s.l.] O'Reilly Media, Inc., 2008.

SAFFER, D. **What are the basic principles of NUI (Natural User Interface) design? - Quora**. Disponível em: <https://www.quora.com/What-are-the-basic-principles-of-NUI-Natural-User-Interface-design>. Acesso em: 2 jul. 2020.

SAMBROOKS, L.; WILKINSON, B. **Handheld Augmented Reality: Does Size Matter?** AUIC. **Anais**...2015.

SCHUENKE, M. *et al.* **General anatomy and musculoskeletal system**. Stuttgart: Thieme, 2010.

SCIVAL. **SciVal**. Disponível em: <https://www.scival.com/landing>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SCLIAR, M. História do conceito de saúde. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 17, p. 29–41, abr. 2007.

SECRETARIA DE PREVIDÊNCIA. **SAÚDE DO TRABALHADOR: Dor nas costas foi doença que mais afastou trabalhadores em 2017**. , 2018. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/2018/03/saude-do-trabalhador-dor-nas-costas-foi-doenca-que-mais-afastou-trabalhadores-em-2017/>. Acesso em: 12 maio. 2020

SECRETARIA DE PREVIDÊNCIA. **Tabelas – CID-10**. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/estatsticas/tabelas-cid-10/>. Acesso em: 12 maio. 2020.

SHARAN, D. *et al.* Musculoskeletal Disorders of the Upper Extremities Due to Extensive Usage of Hand Held Devices. **Annals of Occupational and Environmental Medicine**, v. 26, n. 1, p. 22, 6 ago. 2014.

SILVA, D. C.; PASCHOARELLI, L. C.; ALVES, A. L. Percepção de agradabilidade, desconforto e esforço durante a utilização de tesouras de poda. **Design e Tecnologia**, v. 9, n. 17, p. 49–55, 2019.

SILVA, D. C. S.; INOKUTI, É. S.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de desconforto em atividades manuais a partir do uso de mapas da região palmar: a influência da idade. **Human Factors in Design**, v. 1, n. 2, 2012.

SILVA, D. C. UNESP. **O design de interfaces manuais e a distribuição de pressão na face palmar da mão humana**: uma contribuição para a ergonomia e o design de produto. 23 fev. 2017.

SILVA, L.; MERINO, E. A. D. ELETROMIOGRAFIA EM ERGONOMIA NO BRASIL: ESTADO DA ARTE. UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. **Human Factors in Design**, v. 9, n. 17, p. 034–057, 2020.

SILVA, V. R. Cinesiologia e biomecânica. **Rio de Janeiro: SESES**, 2015.

SILVERSTEIN, B. A.; FINE, L. J.; ARMSTRONG, T. J. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 11, n. 3, p. 343–358, 1987.

SOARES, A. V. *et al.* Handgrip dynamometry as a parameter of functional evaluation of the upper extremity hemiparetic after stroke. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 4, p. 359–364, dez. 2011.

SOARES, A. V. *et al.* CORRELAÇÃO ENTRE OS TESTES DE DINAMOMETRIA DE PREENSÃO MANUAL, ESCAPULAR E LOMBAR. **ACTA Brasileira do Movimento Humano**, v. 2, n. 1, p. 65–72, 21 mar. 2012.

SOARES, M. M. **Ergonomia e Design: Uma interação a ser intensificada**. Anais do VI Congresso Internacional de Pesquisa em Design. **Anais**...2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA. **Ler/Dort**. **Sociedade Brasileira de Reumatologia**, 2021a. Disponível em: <https://www.reumatologia.org.br/doencas-reumaticas/ler-dort/>. Acesso em: 18 nov. 2021

SOCIEDADE BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA. **Uso prolongado de videogame ou celular pode causar tendinite ou bursite em crianças**. **Sociedade Brasileira de Reumatologia**, 2021b. Disponível em: <https://www.reumatologia.org.br/orientacoes-ao-paciente/uso-prolongado-de-videogame-ou-celular-pode-causar-tendinite-ou-bursite-em-criancas/>. Acesso em: 25 nov. 2021

SOUSA, F. A. E. F. Dor: o quinto sinal vital. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 10, n. 3, p. 446–447, jun. 2002.

SOUZA, G. S. DE. **A Eletromiografia de Superfície em Musculação para Diferentes Populações**. [s.l.] biblioteca24horas, 2015.

SOUZA, T. M. M. DE *et al.* Estudo comparativo entre eletrogoniometria e fotogrametria digital. **Rev. bras. ciênc. saúde**, p. 133–138, 2013.

SOUZA, J. A. *et al.* Biofotogrametria confiabilidade das medidas do protocolo do software para avaliação postural (SAPO). **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 13, n. 4, p. 299–305, 2011.

SUTIKNO, T. *et al.* c. **International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708)**, v. 6, n. 3, 2016.

TANSEY, E. A.; JOHNSON, C. D. Recent advances in thermoregulation. **Advances in physiology education**, 2015.

TARGET GROUP INDEX. **88% dos brasileiros que têm smartphone trocam mensagens instantâneas mensalmente.** Disponível em: <https://www.kantaribopemedia.com/88-dos-brasileiros-que-tem-smartphone-trocaram-mensagens-instantaneas-no-ultimo-mes/>. Acesso em: 22 jul. 2020.

TEGTMEIER, P. A scoping review on smart mobile devices and physical strain. **Work**, v. 59, n. 2, p. 273–283, 2018.

TOH, S. H. *et al.* The associations of mobile touch screen device use with musculoskeletal symptoms and exposures: A systematic review. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, 2017.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia / Gerard J. Tortora, Bryan Derrickson; tradução Ana Cavalcanti C. Botelho... [*et al.*]**. 14ª ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016a.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Corpo Humano-: Fundamentos de Anatomia e Fisiologia**. 10ª ed. [s.l.] Artmed Editora, 2016b.

TRUDEAU, M. B. *et al.* Thumb motor performance varies with thumb and wrist posture during single-handed mobile phone use. **Journal of Biomechanics**, v. 45, n. 14, p. 2349–2354, 21 set. 2012.

TUDO CELULAR. **Compare**. Disponível em: <https://www.tudocelular.com/compare/>. Acesso em: 31 jul. 2020.

UCLA HEALTH. **Ergonomics and Mobile Devices : Environmental Health & Safety Office | UCLA Health**. Disponível em: <https://www.uclahealth.org/safety/ergonomics-and-mobile-devices>. Acesso em: 31 ago. 2021.

UNRUH, A. M. Gender variations in clinical pain experience. **Pain**, v. 65, n. 2, p. 123–167, 1 maio 1996.

UOL. **Da China ao mundo, virou moda: tela infinita faz diferença no celular?** Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2017/10/03/da-china-ao-mundo-virou-moda-tela-infinita-faz-diferenca-no-celular.htm>. Acesso em: 31 jul. 2020.

VELURI, R. K. *et al.* **Hand Gesture Mapping Using MediaPipe Algorithm**. (V. Bindhu, J. M. R. S. Tavares, K.-L. Du, Eds.)Proceedings of Third International Conference on Communication, Computing and Electronics Systems. **Anais**...: Lecture Notes in Electrical Engineering.Singapore: Springer, 2022.

VILLA MARTÍNEZ, S. Los smartphone y su incidencia en el sindrome del tunel carpiano. 2014.

VITORINO, D. F. *et al.* **As instruções para interfaces gestuais: um estudo sobre as interpretações dos gestos nas representações em 1ª e 3ª pessoa**. Blucher Engineering Proceedings. **Anais**... Em: 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA APLICADA. Recife, Brasil: Editora Blucher, dez. 2016. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/25089>. Acesso em: 3 jul. 2020

VITORINO, D. F. **Análise ergonômica e da usabilidade com auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo da interface gestual aplicada em software de modelagem 3D**. Master's Thesis—[s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

VITORINO, D. F.; CORREIA, W. F. M.; MARÇAL, M. A. **Musculoskeletal Ergonomic Implications in Smartphone Users: A Systematic Review**. (N. L. Black, W. P. Neumann, I. Noy, Eds.)Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). **Anais**...: Lecture Notes in Networks and Systems.Cham: Springer International Publishing, 2021.

VITORINO, D. F.; CORREIA, W. F. M.; MARÇAL, M. A. Associação entre características demográficas, hábitos e a percepção de desconforto durante o uso do smartphone: uma pesquisa com brasileiros. **Human Factors in Design**, v. 11, n. 21, p. 148–174, 20 jun. 2022.

VITORINO, D. F.; SOARES, M. M.; MARÇAL, M. A. Applications of Infrared Thermography to Evaluate the Ergonomics and Usability of Products with a Gestural Interface. Em: **Handbook of Usability and User Experience**. [s.l.] CRC Press, 2022.

WHATSAPP. **Sobre o WhatsApp**. Disponível em: <https://www.whatsapp.com/about/>. Acesso em: 22 jul. 2020.

WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture**. [s.l.] Elsevier, 2011.

WILLIS, D.; VILLAMOR, C.; WROBLEWSKI, L. **Touch Gesture Reference Guide**. Disponível em: <http://www.lukew.com>. Acesso em: 10 jul. 2020.

WOHLIN, C. **Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering**. Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering. **Anais**...2014.

WOYKE, E. **The Smartphone: Anatomy of an industry**. [s.l.] The new press, 2014.

XIE, Y. *et al.* A comparison of muscle activity in using touchscreen smartphone among young people with and without chronic neck-shoulder pain. **Ergonomics**, v. 59, n. 1, p. 61–72, 2016.

XIE, Y. F. *et al.* Spinal kinematics during smartphone texting - A comparison between young adults with and without chronic neck-shoulder pain. **Applied Ergonomics**, v. 68, p. 160–168, abr. 2018.

XIE, Y.; SZETO, G.; DAI, J. Prevalence and risk factors associated with musculoskeletal complaints among users of mobile handheld devices: A systematic review. **Applied Ergonomics**, v. 59, p. 132–142, 2017.

XIONG, J.; MURAKI, S. Effects of age, thumb length and screen size on thumb movement coverage on smartphone touchscreens. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 53, p. 140–148, 2016.

YANG, S.-Y. *et al.* Association Between Smartphone Use and Musculoskeletal Discomfort in Adolescent Students. **Journal of Community Health**, v. 42, n. 3, p. 423–430, jun. 2017.

YOU, H.; KWON, O. A survey of repetitiveness assessment methodologies for hand-intensive tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, n. 4, p. 353–360, 1 abr. 2005.

YOUNG, K. Social ties, social networks and the Facebook experience. **International Journal of Emerging Technologies & Society**, v. 9, n. 1, 2011.

APÊNDICE A – LISTA DE ARTIGOS DO START SET

Nº	Nome do Artigo	Critério
01	A comparison of biomechanical workload between smartphone and smart-watch while sitting and standing	CI1. CI3.
02	Activity in neck-shoulder and lower arm muscles during computer and smartphone work	CI1. CI3.
03	Association between the usage of smartphone as the risk factor for the prevalence of upper extremity and neck symptoms among university students: A cross-sectional survey based study	CI1. CI3
04	Cumulative IT use is associated with psychosocial stress factors and musculoskeletal symptoms	CI1. CI3.
05	Ergonomic and biomechanical evaluation of the use of computers, tablets and smart phones by children. A pilot study	CI1. CI3.
06	Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool	CI1. CI3.
07	Factors associated with neck disorders among university student smartphone users	CI2. CI3.
08	Fingers' biomechanical analysis with smartphone user tests	CI1. CI3.
09	Handheld mobile devices—How do we use them at work? A university case study	CI2. CI3.
10	Head tilt angle when using smartphone while walking	CI1. CI3.
11	Keyboards types of selected electronic devices and the occurrence of pain in the shoulder girdle and upper limb – A review of literature	CI2. CI3.
12	Mobile input device type, texting style and screen size influence upper extremity and trapezius muscle activity, and cervical posture while texting	CI1. CI3.
13	Neck postures during smartphone use in university students and office workers: A field study	CI1. CI3.
14	Relationship between smartphone use and the severity of head flexion of college students	CI1. CI3.

Fonte: O autor.

APÊNDICE B – LISTA DE ARTIGOS DO BACKWARD

Nº	Nome do Artigo	Critério
15	A comparison of muscle activity in using touchscreen smartphone among young people with and without chronic neck–shoulder pain	CI1. CI3.
16	An extensive usage of hand held devices will lead to musculoskeletal disorder of upper extremity among student in AMU: a survey method	CI1. CI2.
17	Association between *smartphone* use and musculoskeletal discomfort in adolescent students	CI1. CI3.
18	Effect of duration of smartphone use on muscle fatigue and pain caused by forward head posture in adults	CI1.
19	Effects of smartphone overuse on hand function, pinch strength, and the median nerve	CI1. CI3.
20	Head flexion angle while using a smartphone	CI1. CI3.
21	Influence of neck pain on cervical movement in the sagittal plane during smartphone use	CI1. CI3.
22	Mobile phone usage and its health effects among adults in a semi-urban area of Southern India	CI1. CI3.
23	Mobile phone use and risk of adverse health impacts among medical students in Jeddah, Saudi Arabia	CI1. CI3.
24	Musculoskeletal discomfort questionnaires	CI1.
25	Neck kinematics and muscle activity during mobile device operations	CI1. CI3.
26	Spinal kinematics during smartphone texting – a comparison between young adults with and without chronic neckshoulder pain	CI1. CI3.
27	Text Neck Syndrome-Systematic Review	CI2.
28	Texting on mobile phones and musculoskeletal disorders in young adults: a five-year cohort study	CI1. CI3.
29	The effect of smartphones on human health relative to user's addiction: A study on a wide range of audiences in Jordan	CI1. CI3.
30	The effects of heavy smartphone use on the cervical angle, pain threshold of neck muscles and depression	CI1. CI3.
31	The effects of smartphone use on upper extremity muscle activity and pain threshold	CI1. CI3.
32	The relationship between smartphone use and subjective musculoskeletal symptoms and university students	CI1. CI3.

Fonte: O autor.

APÊNDICE C – LISTA DE ARTIGOS DO FORWARD

Nº	Nome do Artigo	Critério
33	A scoping review on smart mobile devices and physical strain	CI2.
34	Cervical spine joint loading with neck flexion	CI1.
35	Cumulative IT use is associated with psychosocial stress factors and musculoskeletal symptoms	CI1. CI3.
36	Development of an ergonomic method for determination of smartphone hard key locations	CI1.
37	Effect of smartphone use on upper extremity and neck	CI1.
38	Effects of age, thumb length and screen size on thumb movement coverage on smartphone touchscreens	CI2.
39	Effects of shoulder taping on discomfort and electromyographic responses of the neck while texting on a touchscreen smartphone	CI1. CI2.
	Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool	CE2.
~~41~~/40	Exercise training and postural correction improve upper extremity symptoms among touchscreen smartphone users	CI1. CI3.
~~42~~/41	Fingertip forces and completion time for index finger and thumb touchscreen gestures	CI1. CI3.
~~43~~/42	Index finger and thumb kinematics and performance measurements for common touchscreen gestures	CI1.
~~44~~/43	Mobile phone use behaviors and postures on public transportation systems	CI2.
	Mobile phone use behaviors and postures on public transportation systems	CE2.
~~46~~/44	Mobile touch screen device use and associations with musculoskeletal symptoms and visual health in a nationally representative sample of Singaporean adolescents	CI1. CI3.
~~47~~/45	Musculoskeletal disorder and pain associated with smartphone use: A systematic review of biomechanical evidence	CI2.
~~48~~/46	Neck flexion angle and user experience compared on iPhone X and Samsung S8+	CI1.
~~49~~/47	Prevalence and risk factors associated with musculoskeletal complaints among users of mobile handheld devices: A systematic review	CI2.
~~50~~/48	Relationship between operability in touch actions and smartphone size based on muscular load	CI1. CI3.
~~51~~/49	Smartphone form factors: Effects of width and bottom bezel on touch performance, workload, and physical demand	CI1. CI3.
~~52~~/50	Texting with touchscreen and keypad phones - A comparison of thumb kinematics, upper limb muscle activity, exertion, discomfort, and performance	CI1.
~~53~~/51	The associations of mobile touch screen device use with musculoskeletal symptoms and exposures: A systematic review	CI2.

Fonte: O autor.

APÊNDICE D – PESQUISA SOBRE O USO DE SMARTPHONE

Este questionário representa um dos estudos propostos pela Tese de Doutorado intitulada ”Proposta de modelo para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo ergonômico com foco nas implicações para saúde e conforto dos usuários (Título Provisório)”, cujo objetivo é desenvolver um modelo para a avaliação da ergonomia da interface gestual dos smartphones, com intuito de identificar problemas que comprometam a saúde e conforto dos usuários. Deste modo, solicito a sua colaboração respondendo as questões deste formulário e, desde já, agradeço a sua participação.

*Duração para Preenchimento: 3 a 5 minutos aproximadamente.

Danilo Fernandes Vitorino (PPGDesign UFPE – danilo.fernandesvitorino@ufpe.br)

1. INFORMAÇÕES GERAIS DO USUÁRIO

Você deve ser maior de 18 anos para participar desta pesquisa.

Idade:_____

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino ( ) Outro

Qual lado você tem mais habilidade nos membros superiores (braço e mão)?

( ) Direito (destro) ( ) Esquerdo (canhoto) ( ) Ambos os lados (ambidestro)

Cidade/Estado em que reside:

_____

Escolaridade:

( ) Nível médio incompleto

( ) Nível médio completo

( ) Nível superior incompleto

( ) Nível superior

( ) Pós graduação (Especialização)

( ) Mestrado

( ) Doutorado

( ) Outro: _____

Você possui dificuldades de mobilidade dos membros superiores (ombros, braços, cotovelo, antebraços, punho, mãos e dedos), assim como dores ou lesões de qualquer nível nessas áreas?

( ) Sim ( ) Não

2. INFORMAÇÕES SOBRE USO DE SMARTPHONE

Você possui algum aparelho smartphone?

( ) Sim ( ) Não

Há quanto tempo você utiliza smartphone?

( ) 6 meses a 1 ano

( ) 1 a 2 anos

( ) 2 a 3 anos

( ) 3 a 4 anos

( ) 4 a 5 anos

( ) Mais de 5 anos

Qual a marca do seu smartphone?

( ) Samsung

( ) Motorola

( ) Apple

( ) Xiaomi

( ) LG

( ) Huawei

( ) Asus

( ) Sony

( ) Outro:_____

Qual o modelo do seu smartphone? _____

Quanto tempo de uso diário do smartphone?

( ) Entre 1 e 2 horas

( ) Entre 2 e 3 horas

( ) Entre 3 e 4 horas

( ) Entre 4 e 5 horas

( ) Entre 5 e 6 horas

( ) Outro:_____

Qual tipo de aplicativo você utiliza por mais tempo? *Pode selecionar mais de uma opção.

( ) Redes Sociais (Facebook, Instagram, Twitter, Snapchat, TikTok…)

( ) Comunicação (WhatsApp, Telegram, Messenger do Facebook, Direct do Instagram)

( ) Jogos

( ) Chamadas Telefônicas

( ) Navegação na Internet

( ) Outro:_____

Qual aplicativo de rede social você utiliza com maior frequência em seu smartphone?

( ) Facebook

( ) Instagram

( ) Twitter

( ) Snapchat

( ) TikTok

( ) Outro:_____

Selecione a frequência de uso dos aplicativos de redes sociais em seu smartphone.

	Muito frequente	Pouco frequente	Não utilizo
Facebook	**( )**	**( )**	**( )**
Instagram	**( )**	**( )**	**( )**

Twitter	**( )**	**( )**	**( )**
Snapchat	**( )**	**( )**	**( )**
TikTok	**( )**	**( )**	**( )**

Qual aplicativo de mensagens instantâneas você utiliza com maior frequência em seu smartphone?

( ) WhatsApp

( ) Telegram

( ) Messenger (facebook)

( ) Direct (Instagram)

( ) Snapchat

( ) Outro:_____

Qual das formas de comunicação você prefere em seu cotidiano (dia a dia)?

( ) Chamada Telefônica

( ) Mensagem de Texto

( ) Gravação de Áudio

( ) Chamada de Vídeo

( ) Outro:_____

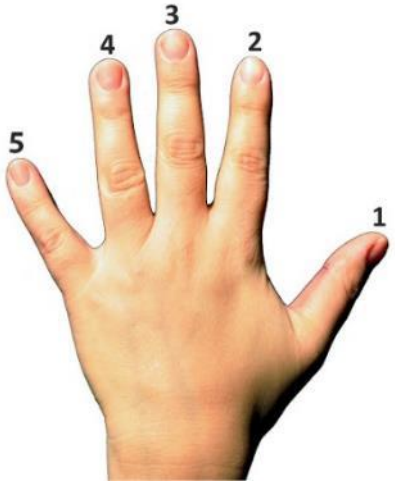
Como você costuma utilizar o seu smartphone?

( ) Com as duas mãos (simultaneamente)

( ) Com apenas uma mão (aquela de maior habilidade)

( ) Seguro (com uma mão) e toco a tela (com a outra mão)

Qual(is) dedo(s) você mais utiliza para interagir com a tela? *Pode selecionar mais de uma opção.



( ) 1 – Polegar

( ) 2 – Indicador

( ) 3 – Dedo médio

( ) 4 – Anelar

( ) 5 – Dedo mínimo

Qual(is) parte(s) do corpo você sente dor(es) ou incômodo(s). *Pode selecionar mais de uma opção.

( ) Mão

( ) Antebraço

( ) Cotovelo

( ) Bíceps

( ) Dedo

( ) Punho

( ) Ombro

( ) Pescoço

( ) Costas

( ) Outro:_____

APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO

DEPARTAMENTO DE DESIGN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o(a) Sr.(a) para participar como voluntário(a) da pesquisa **Proposta de modelo para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo ergonômico com foco nas implicações para saúde e conforto dos usuários (Título Provisório)**, que está sob a responsabilidade do pesquisador Danilo Fernandes Vitorino, e-mail: danilo.fernandesvitorino@ufpe.br, e está sob a orientação de: Prof. Walter Franklin Marques Correia, e-mail: walter.franklin@ufpe.br.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- Descrição da pesquisa: O objetivo deste experimento é desenvolver um método para a avaliação da ergonomia da interface gestual dos smartphones, com intuito de identificar problemas que comprometam o conforto e a saúde dos usuários. Desse modo, é necessário que você utilize a interface do aparelho, para identificarmos problemas na interface em situação real de uso. Assim, você seguirá uma sequência de procedimentos para utilizar o dispositivo, receberá instruções de uso e como deverá expressar sua opinião durante a realização das atividades, utilizando a linguagem verbal, e deverá responder aos formulários de Desconforto Corporal, Mapeamento de Desconforto das Mãos e Nível de Estresse Psicológico pré e pós-uso da interface, Escala de CR10 de Borga (Esforço Físico), indicar a média de uso diário do App do Instagram localizado em Seu Perfil > Menu ☰> Sua Atividade > Tempo Gasto, e os segmentos das suas mãos serão medidos com paquímetro digital. Para registro das atividades realizadas, serão utilizadas duas câmeras digitais para registrar os seus movimentos e a verbalização de sua opinião durante o uso; e uma câmera de termografia infravermelha que registrará suas

imagens estáticas antes e depois do experimento, para identificar alterações fisiológicas no seu corpo.

- O experimento terá duração total de no máximo 45 minutos. Caso você tenha interesse, posteriormente, será convidado para realização de outro experimento, com mesma duração, com as melhorias ergonômicas da interface utilizada.
- Os riscos deste experimento estão ligados ao constrangimento que você poderá sentir ao executar as tarefas com o smartphone, pelo fato de que nessa atividade ocorrerá observação de você trabalhando com um sistema interativo e com eventuais problemas ergonômicos e de usabilidade. Porém, esse constrangimento poderá ser minimizado através do esclarecimento de que o produto e o sistema são o foco da avaliação e não você; os resultados não representarão nenhuma ameaça a sua vida, seu nome será guardado confidencialmente e não aparecerá nos relatórios; você não será exposto a observação ou comentários de terceiros; será realizada uma pausa caso se sinta cansado ou constrangido; caso o constrangimento seja maior, será preferível encerrar o experimento, agradeceremos a sua participação e o liberamos. O constrangimento também poderá ocorrer devido à necessidade do registro através de gravação audiovisual e por foto com câmera termográfica, sendo necessário que a parte fotografada esteja despida. Desse modo, caso seja do sexo masculino, deverá realizar o experimento sem camisa e, do sexo feminino, com top ou sutiã, em sala climatizada a 23º C. No entanto, cabendo a você escolher se deseja participar do procedimento ou não, sem ser pressionado a participar. Além disso, você fica assegurado de que não serão expostos a observação ou comentários de terceiros, além da preservação da identidade nos relatórios.
- Um dos benefícios deste experimento é que você fará parte do processo de aprimoramento da interação com esse tipo de interface e que opinião de usuários reais é extremamente importante. Desse modo, problemas da interface gráfica e ergonomia física poderão ser identificados e posteriormente poderão ser solucionados com diretrizes ergonômicas adequadas, resultando em futuras interfaces gestuais mais saudáveis e confortáveis em aparelhos smartphones.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa, gravações, entrevistas, fotos e filmagens, ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período mínimo de cinco anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 – Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br.**

_____

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **Proposta de modelo para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo ergonômico com foco nas implicações para saúde e conforto dos usuários**, como voluntário(a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa

e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE F – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTO (TAUID)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTO

Eu_____,CPF_____, RG_____, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, o pesquisador **Danilo Fernandes Vitorino** do projeto de pesquisa intitulado **Proposta de modelo para avaliação da interface gestual de dispositivos smartphones com auxílio da termografia digital por infravermelho: um estudo ergonômico com foco nas implicações para saúde e conforto dos usuários** a realizar as fotos/filmagem que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos/imagens (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.° 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto Nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

_____, em _____/ _____/ _____.

_____
Entrevistado

_____
Pesquisador responsável pela entrevista

APÊNDICE G – ESCALA DE DESCONFORTO CORPORAL

PERCEPÇÃO DE DESCONFORTO - ANTES

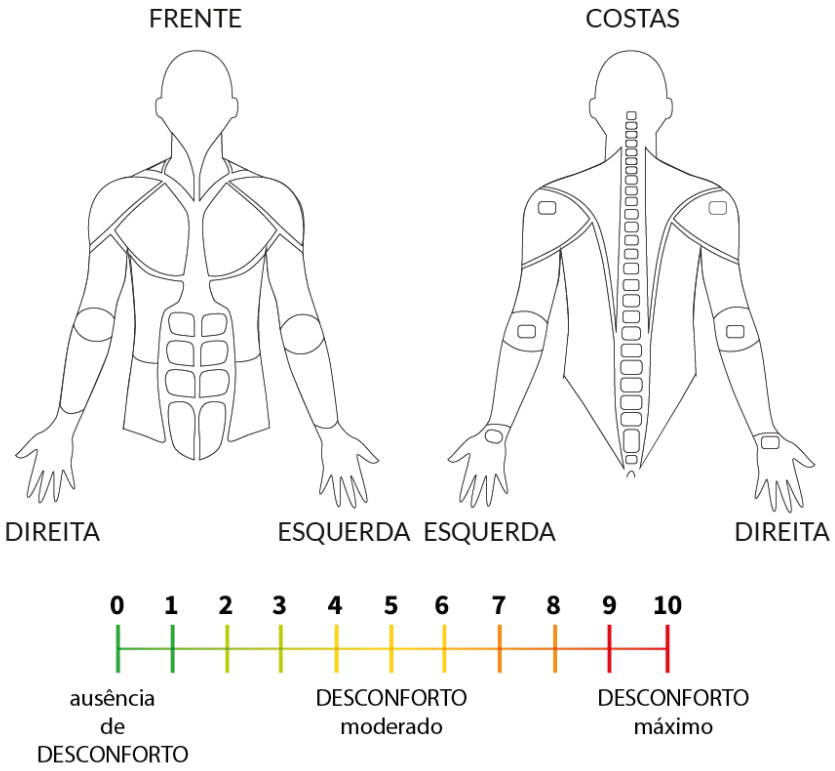
USUÁRIO

ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
ID USUÁRIO	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	

IDADE ____ **ALTURA** ____ **PESO** ____ **BRAÇO DOMINANTE** ____

ESCALA DE DESCONFORTO (PRÉ-USO)

Marque esses desenhos de acordo com o(s) local(is) em que sente o desconforto e circule na escala abaixo o **NÍVEL DE DESCONFORTO** de 0 a 10. Quanto maior o número mais intenso é o desonforto.



Fonte: Adaptado baseado no Pain Drawing da American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation (2001). Ilustração e diagramação de Forcelini e Merino (2019).

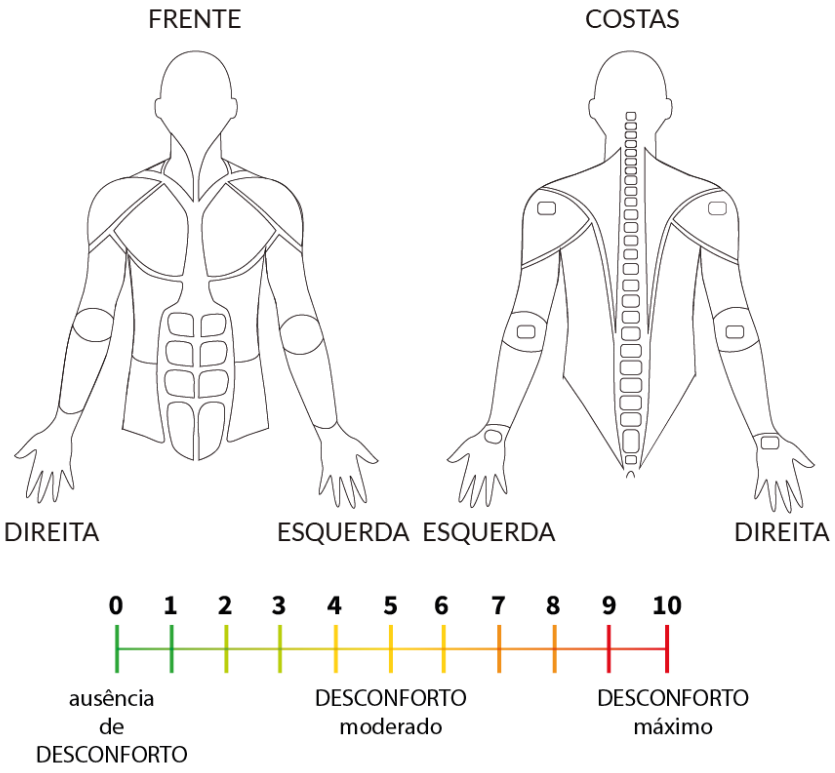
PERCEPÇÃO DE DESCONFORTO - APÓS

USUÁRIO

ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
	Sentiu **DOR** ou **DESCONFORTO** na(s) **mão(s)** durante o uso da interface? Responda com **Não** ou **Sim**	

ESCALA DE DESCONFORTO (PÓS-USO) - Interface ( )

Marque esses desenhos de acordo com o(s) local(is) em que sente o desconforto e circule na escala abaixo o **NÍVEL DE DESCONFORTO** de 0 a 10. Quanto maior o número mais intenso é o desonforto.



Fonte: Adaptado baseado no Pain Drawing da American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation (2001). Ilustração e diagramação de Forcelini e Merino (2019).

APÊNDICE H – ESCALA DE ESTRESSE EMOCIONAL

NÍVEL DE ESTRESSE PRÉ E PÓS-TESTE

USUÁRIO

ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
ID USUÁRIO	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	

ESCALA DE ESTRESSE

Circule o nível de estresse (de 0 a 10) que você está sentindo na escala abaixo (pré-teste):

OBSERVAÇOES

Circule o nível de estresse (de 0 a 10) que você está sentindo na escala abaixo (pré-teste):

OBSERVAÇOES

Fonte: O autor, baseado na diagramação de Forcelini e Merino (2019).

APÊNDICE I – IMAGENS TÉRMICAS DOS 10 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 2

Figura 123 – Termografia dos ombros dos volutários no pré-uso.

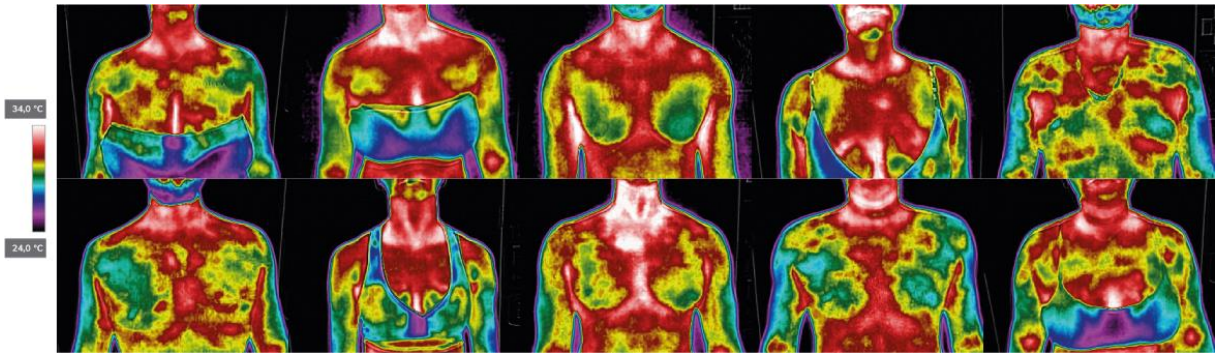


Figura 124 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface A.

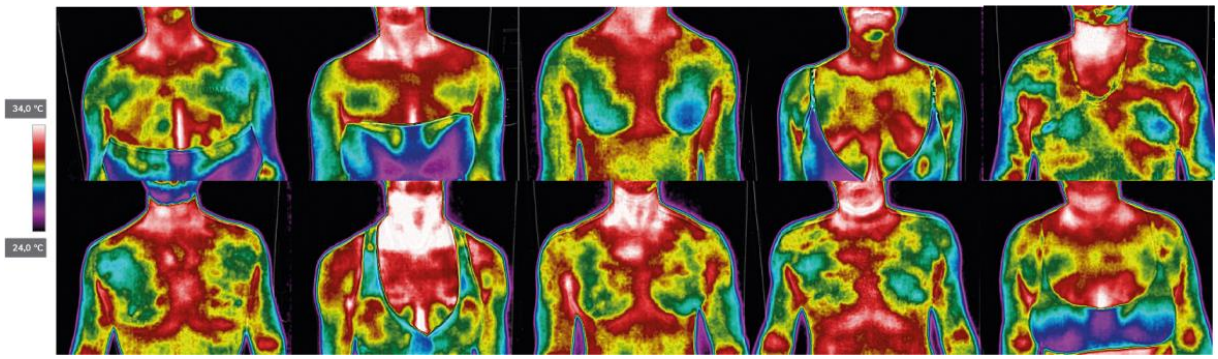


Figura 125 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface B.

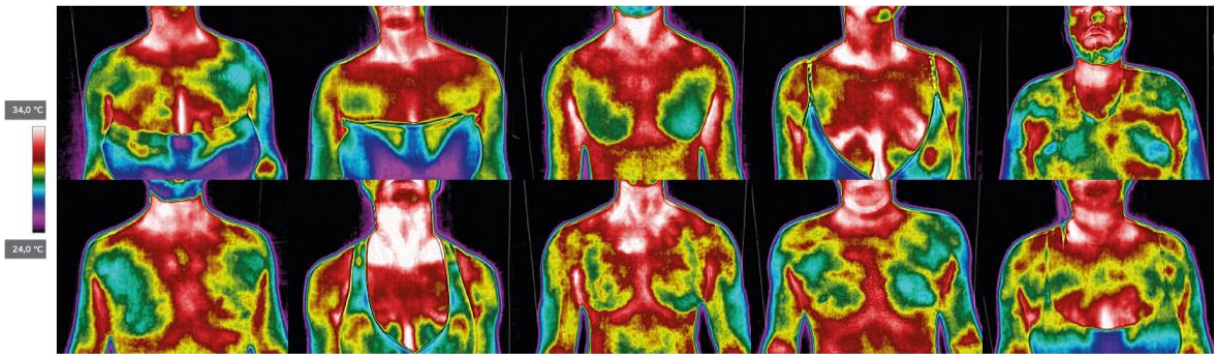
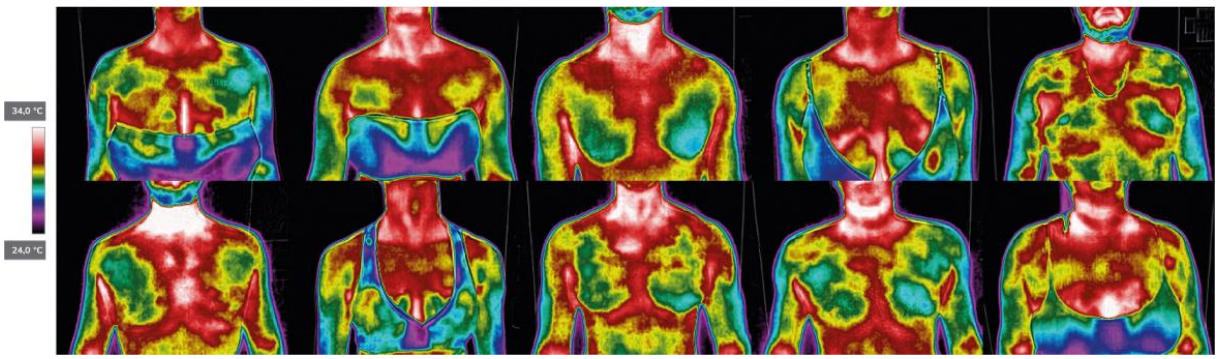


Figura 126 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface C.



Fonte: O autor.

Figura 127 – Termografia da cervical dos volutários no pré-uso.

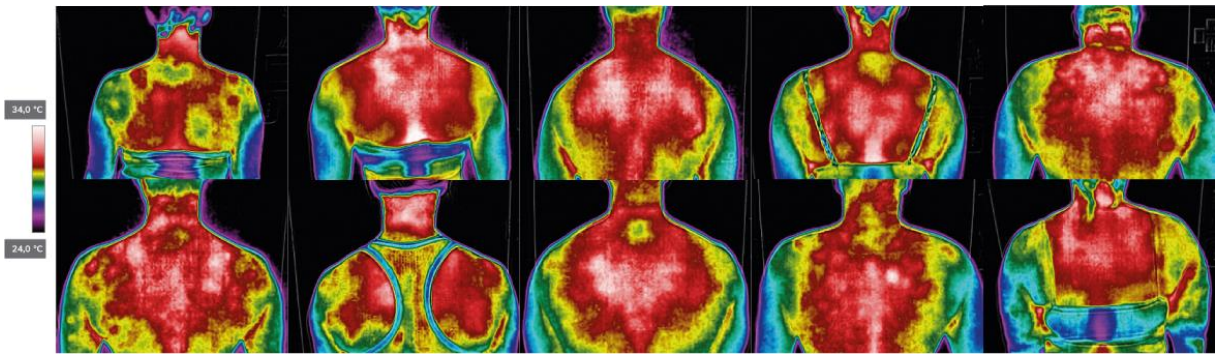


Figura 128 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface A.

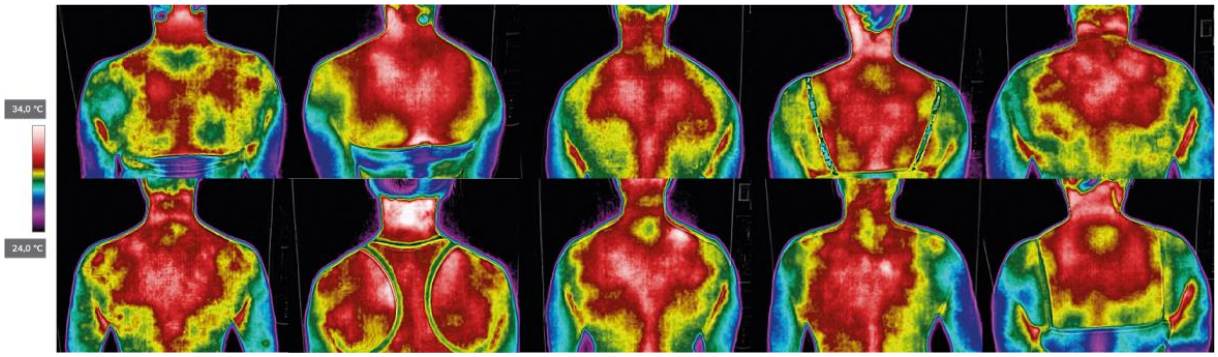


Figura 129 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface B.

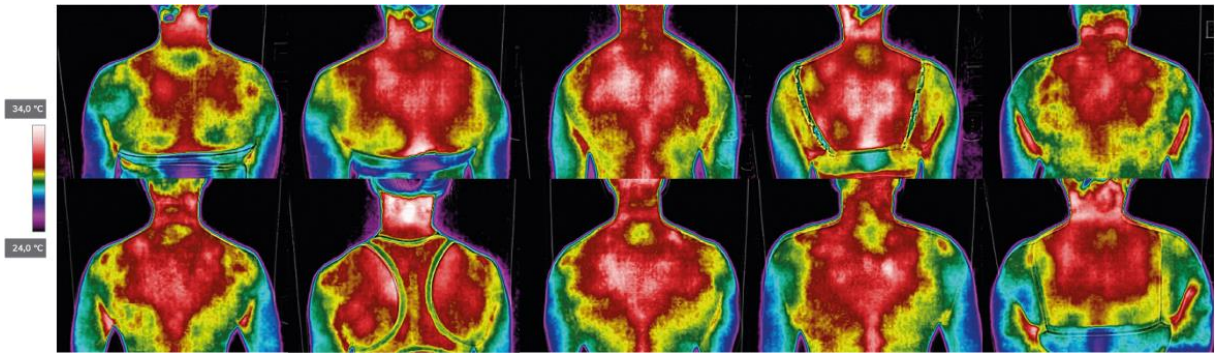
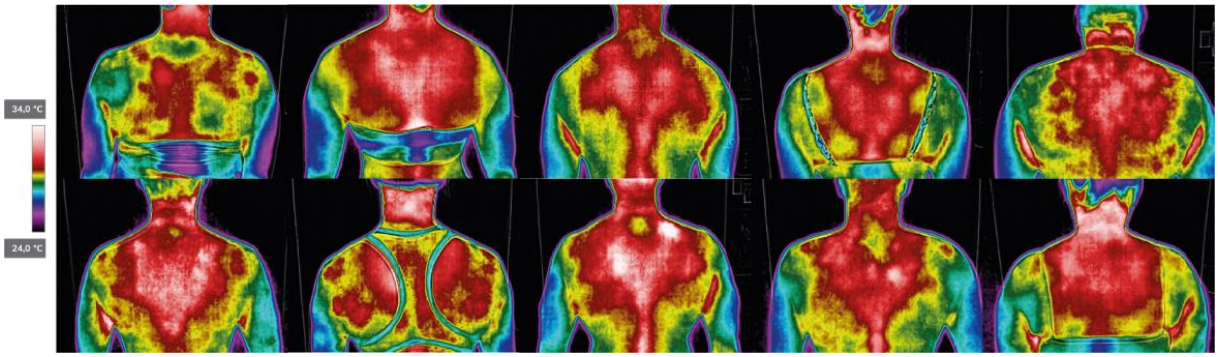


Figura 130 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface C.



Fonte: O autor.

Figura 131 – Termografia da palmar dos volutários no pré-uso.

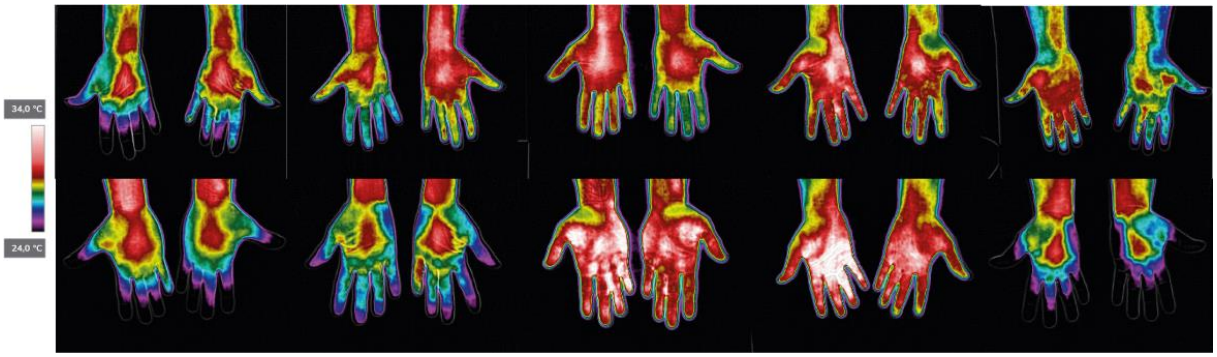


Figura 132 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface A.

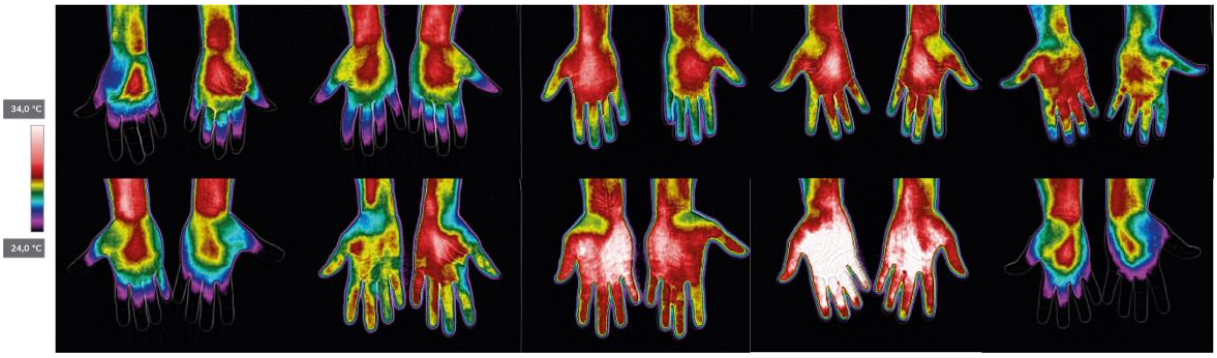


Figura 133 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface B.

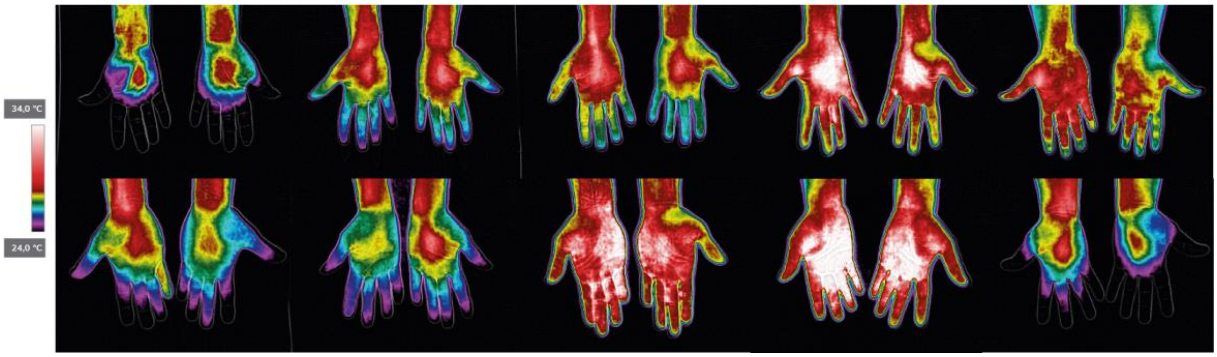
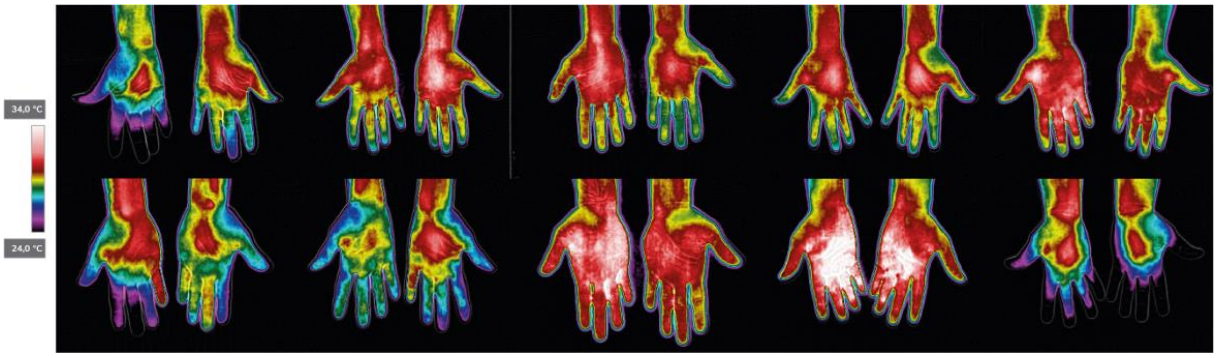


Figura 134 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface C.



Fonte: O autor.

Figura 135 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pré-uso.

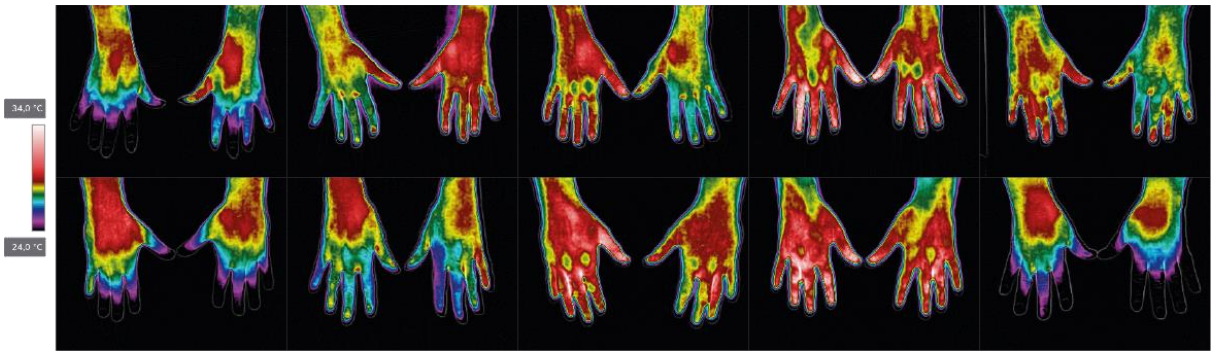


Figura 136 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface A.

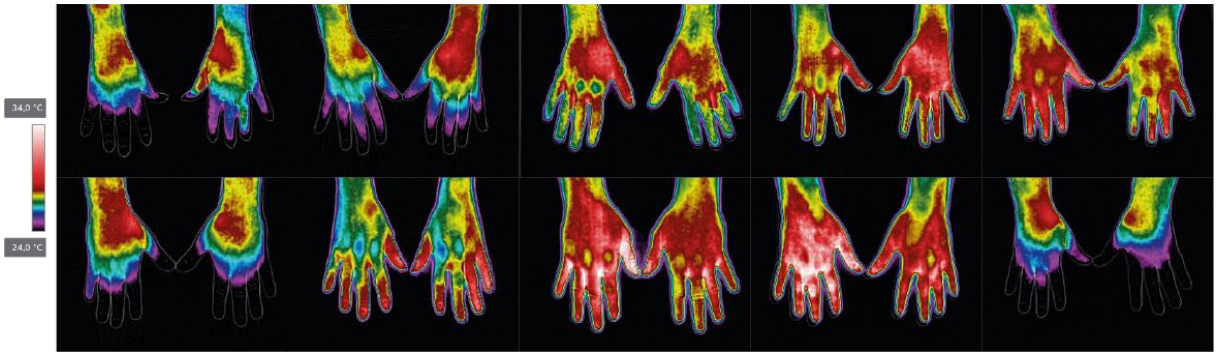


Figura 137 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface B.

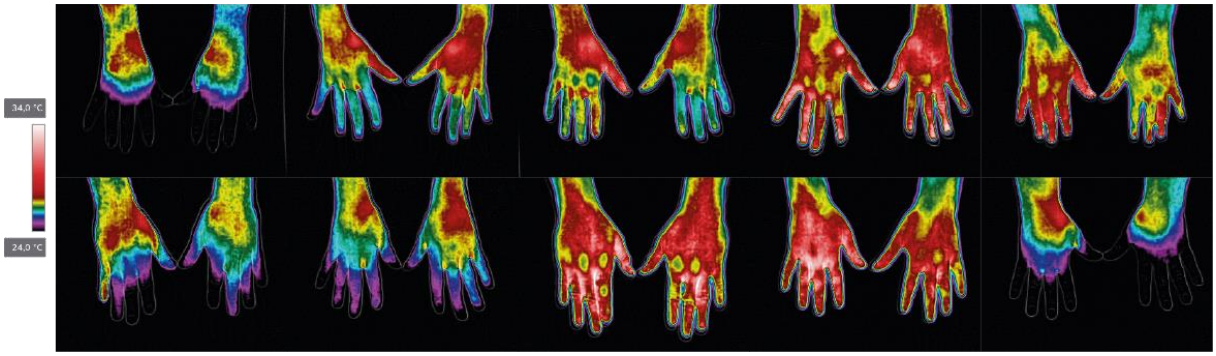
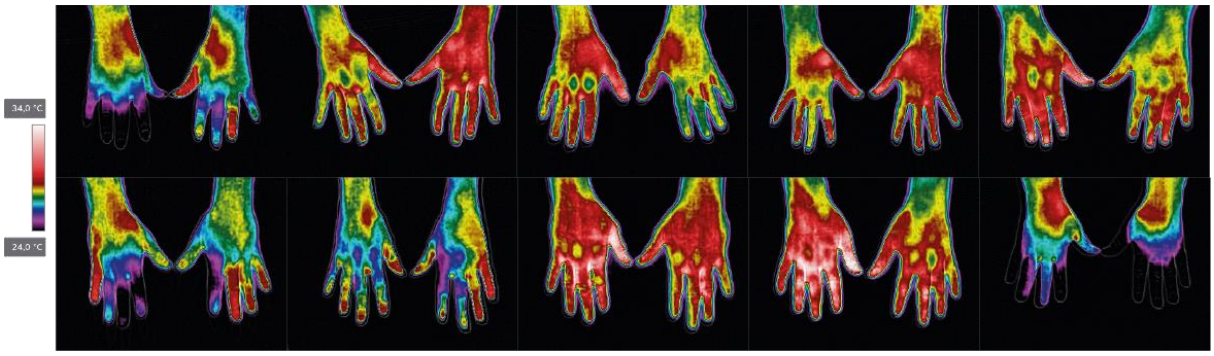


Figura 138 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface C.



Fonte: O autor.

APÊNDICE J – TERMOGRAFIA DA FACE DOS 10 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 2

Figura 139 – Face dos voluntários no pré-uso.

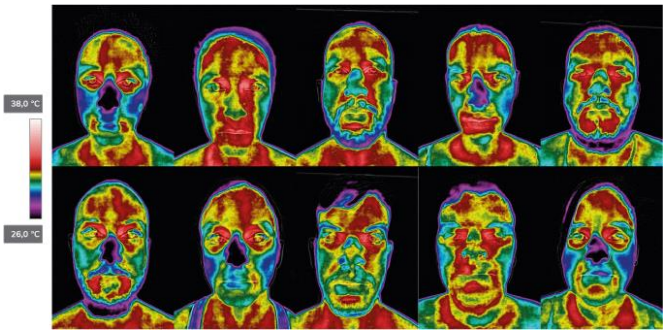


Figura 140 – Face dos voluntários no pós-uso da interface A.

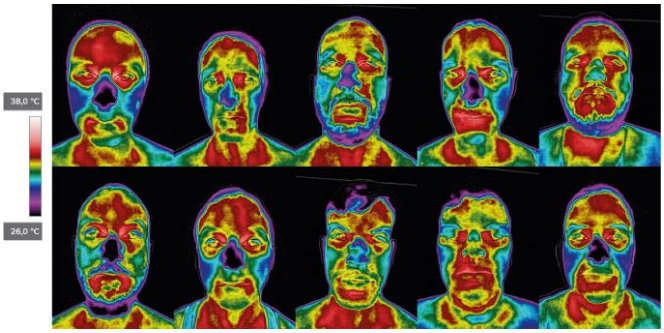


Figura 141 – Face dos voluntários no pós-uso da interface B.

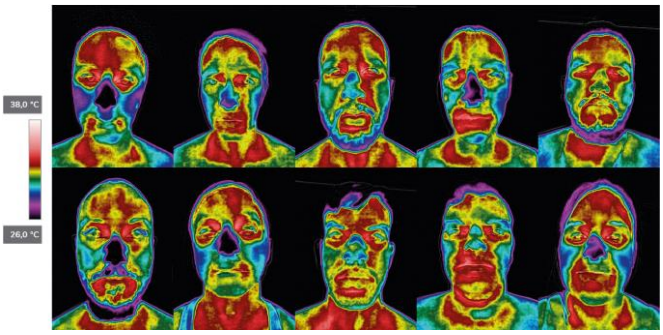
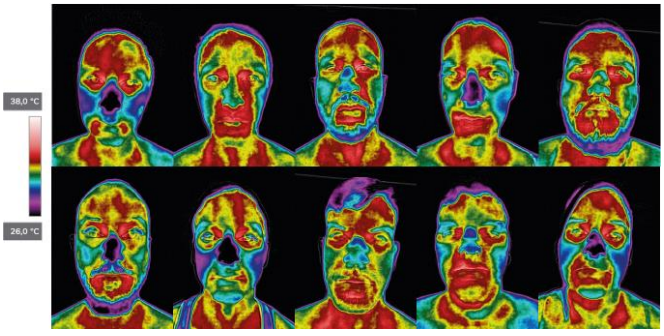


Figura 142 – Face dos voluntários no pós-uso da interface C.



Fonte: O autor.

APÊNDICE K – IMAGENS TÉRMICAS DOS 12 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 3

Figura 143 – Termografia dos ombros dos volutários no pré-uso.

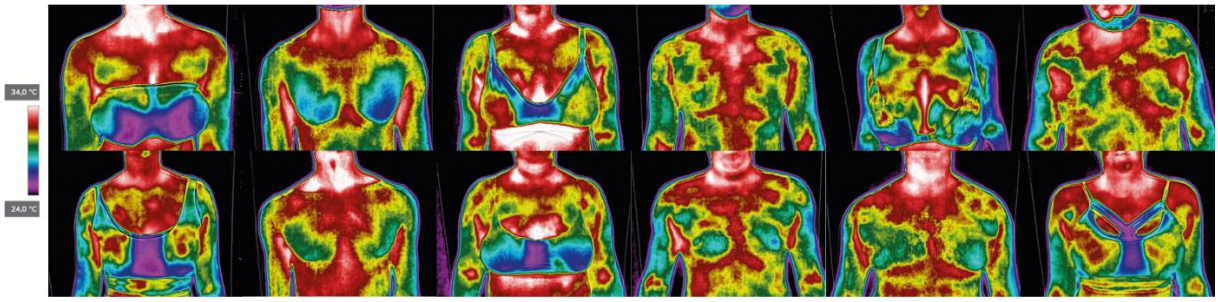


Figura 144 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface A.

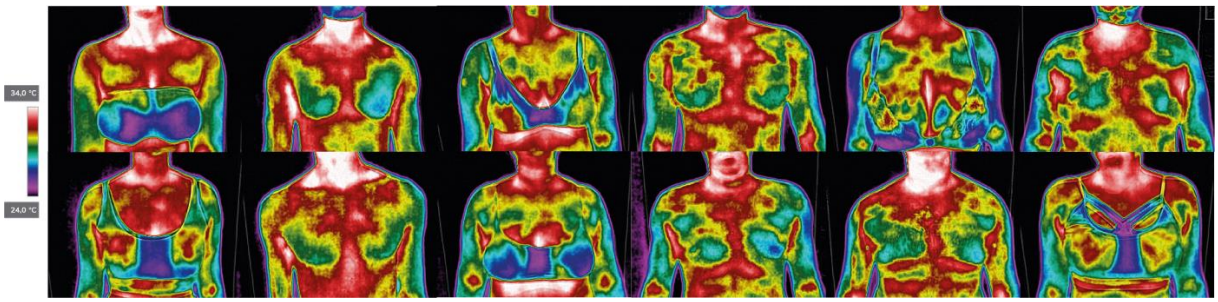
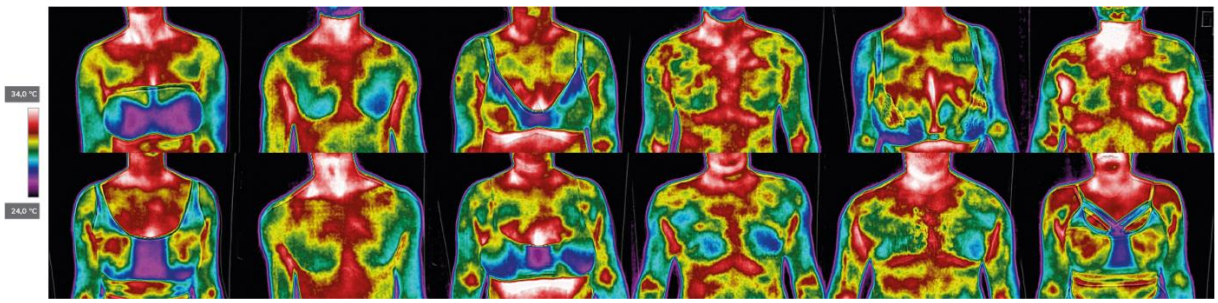


Figura 145 – Termografia dos ombros dos volutários no pós-uso da interface X.



Fonte: O autor.

Figura 146 – Termografia da cervical dos volutários no pré-uso.

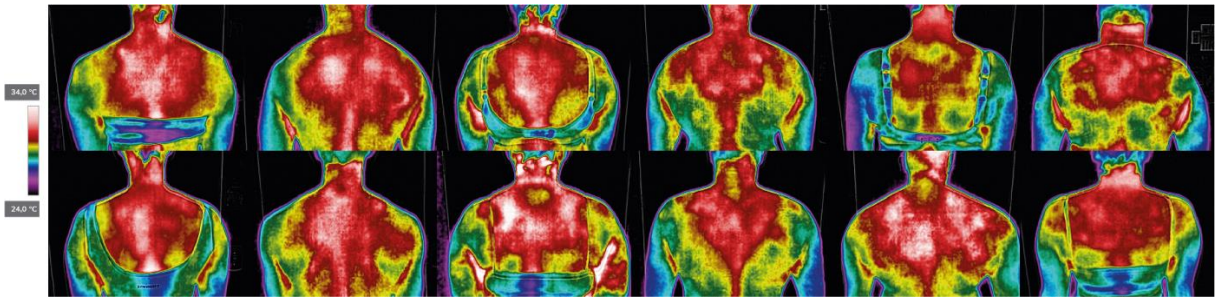


Figura 147 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface A.

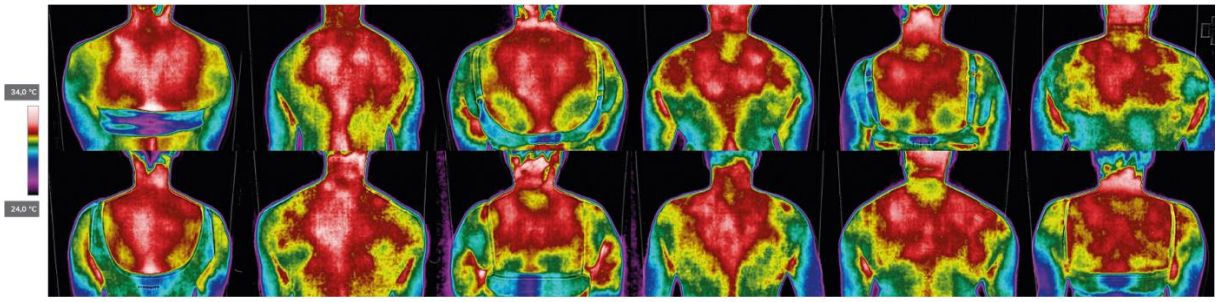
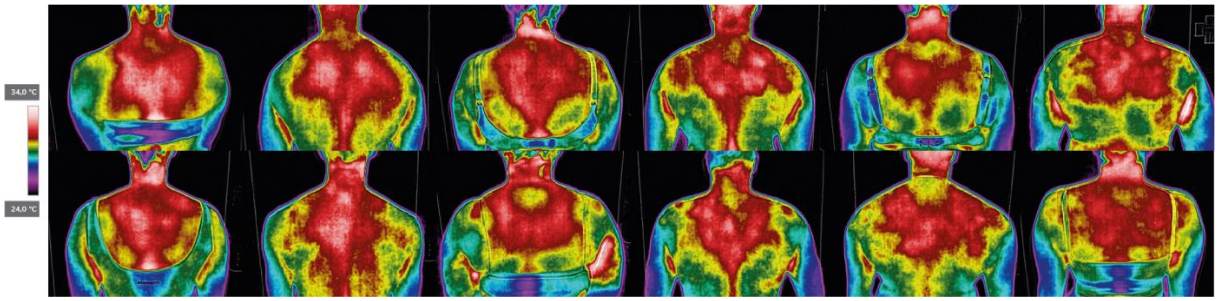


Figura 148 – Termografia da cervical dos volutários no pós-uso da interface X.



Fonte: O autor.

Figura 149 – Termografia palmar dos volutários no pré-uso.

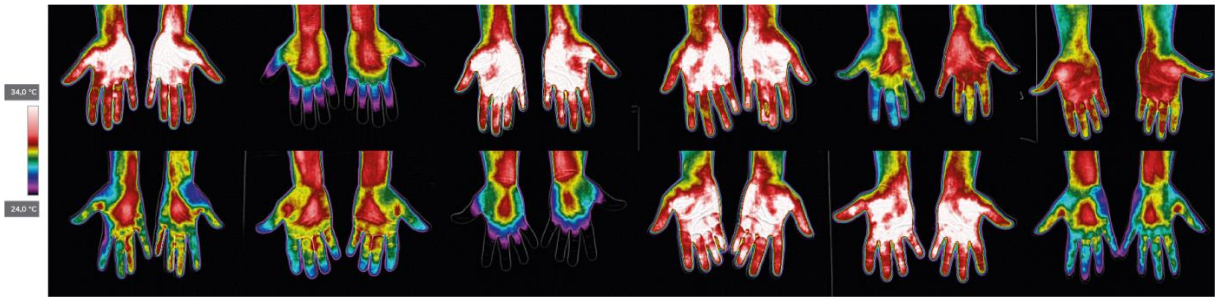


Figura 150 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface A.

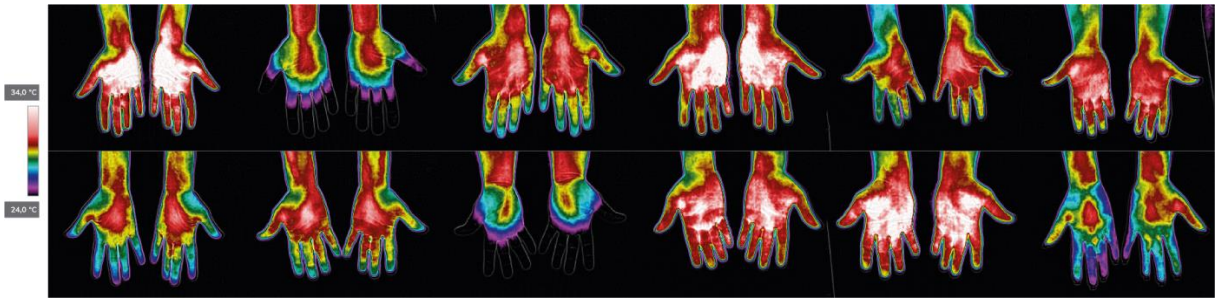
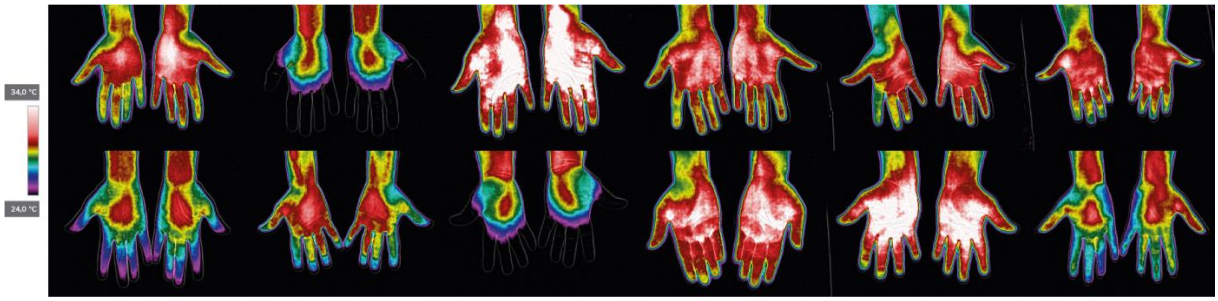


Figura 151 – Termografia da palmar dos volutários no pós-uso da interface X.



Fonte: O autor.

Figura 152 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pré-uso.

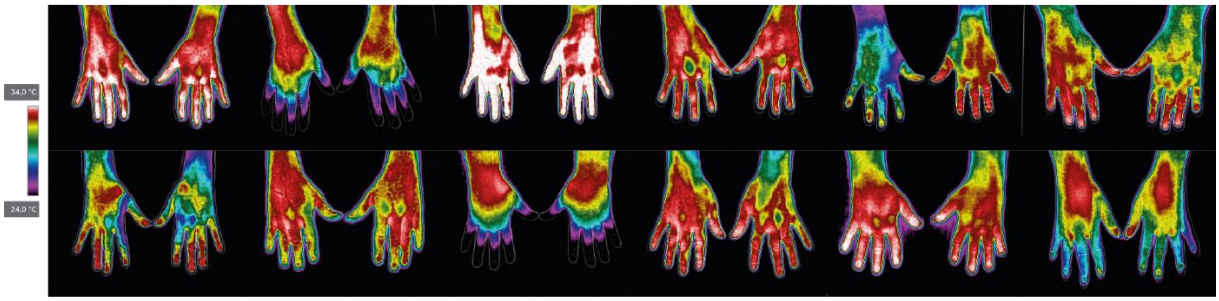


Figura 153 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface A.

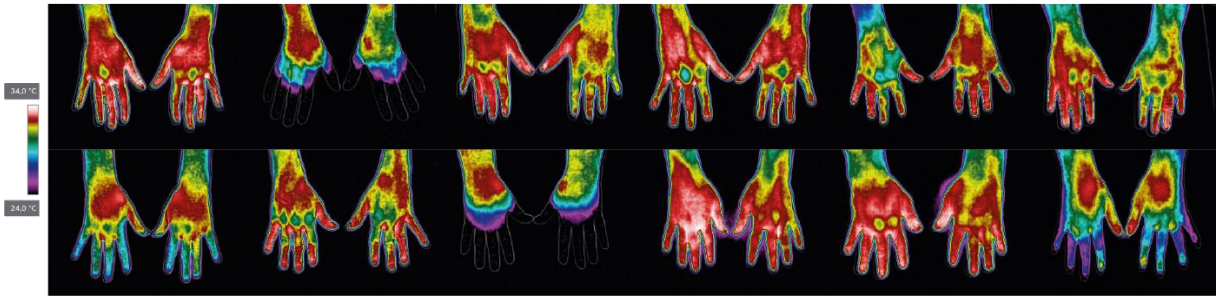
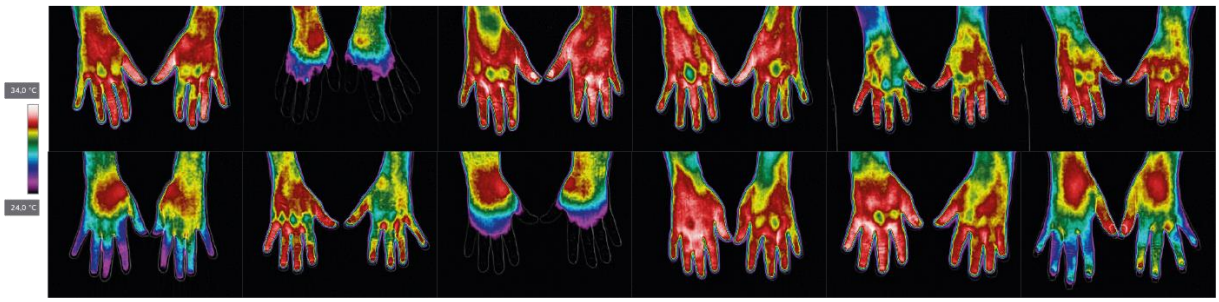


Figura 154 – Termografia do dorso da mão dos volutários no pós-uso da interface X.



Fonte: O autor.

APÊNDICE L – TERMOGRAFIA DA FACE DOS 12 VOLUNTÁRIOS DO ESTUDO 3

Figura 155 – Face dos voluntários no pré-uso.

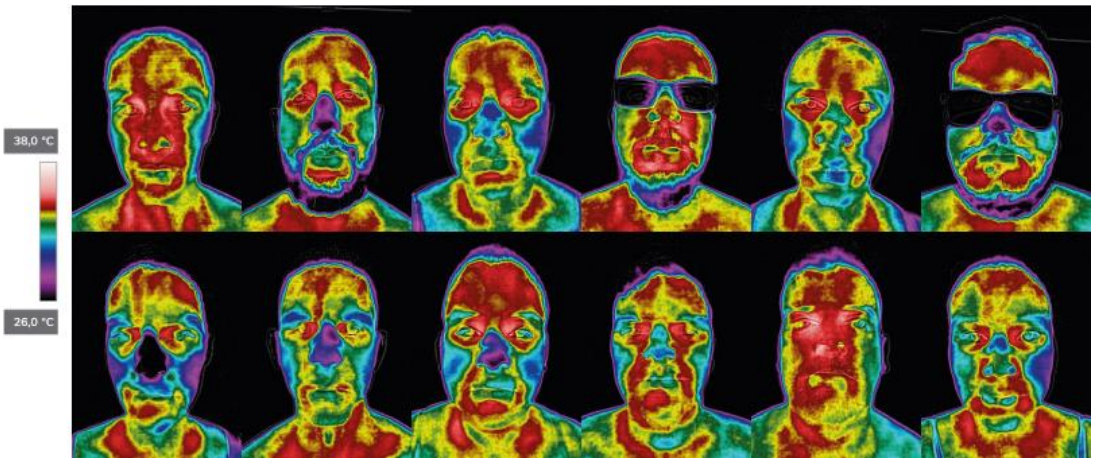


Figura 156 – Face dos voluntários no pós-uso da interface A.

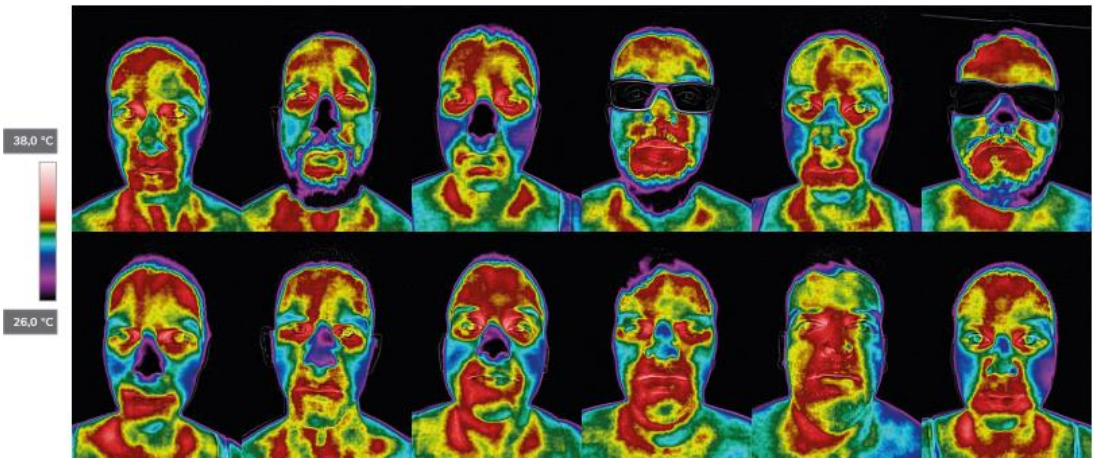
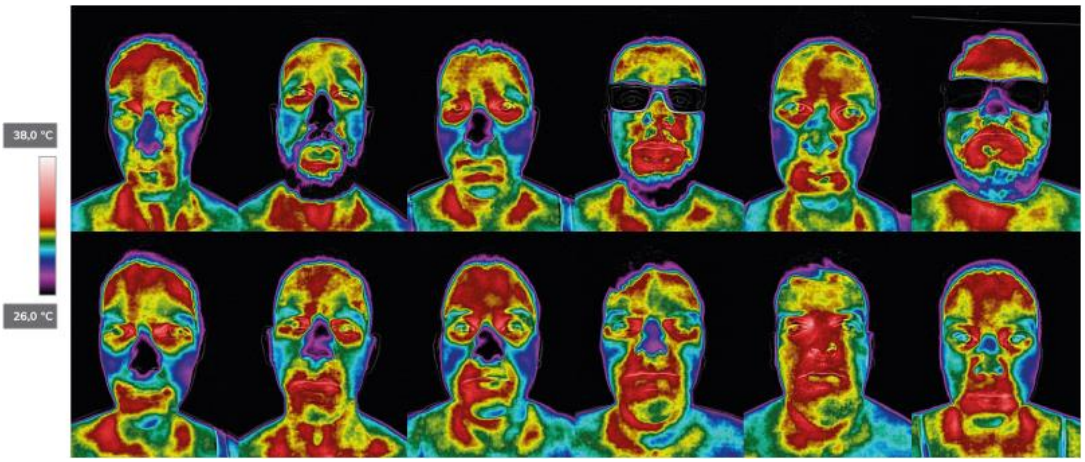


Figura 157 – Face dos voluntários no pós-uso da interface X.



Fonte: O autor.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - CAMPUS RECIFE - UFPE/RECIFE

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DA INTERFACE GESTUAL DE DISPOSITIVOS SMARTPHONES COM AUXÍLIO DA TERMOGRAFIA DIGITAL POR INFRAVERMELHO: UM ESTUDO ERGONÔMICO COM FOCO NAS IMPLICAÇÕES PARA SAÚDE E CONFORTO DOS USUÁRIOS.

Pesquisador: DANILO FERNANDES VITORINO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 31686520.8.0000.5208

Instituição Proponente: Centro de Artes e Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.068.635

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos encontram-se em conformidade com as exigências do CEP.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Protocolo Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 03 de Junho de 2020

Assinado por:
Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))

ANEXO B – ORIENTAÇÕES AO USUÁRIO

MATERIAIS COMPLEMENTARES • ORIENTAÇÕES USUÁRIO

THERMOS PROTOCOL

USUÁRIO

ID COLETA		**DATA DA COLETA**	

ORIENTAÇÕES

Prezado(a), você irá participar de uma coleta de dados com a termografia infravermelha e, para tanto, necessita seguir algumas orientações nos dias anteriores à coleta, descritas abaixo:

Nos 2 dias anteriores a coleta de dados:

Evite expor-se excessivamente ao sol.

No dia da coleta de dados:

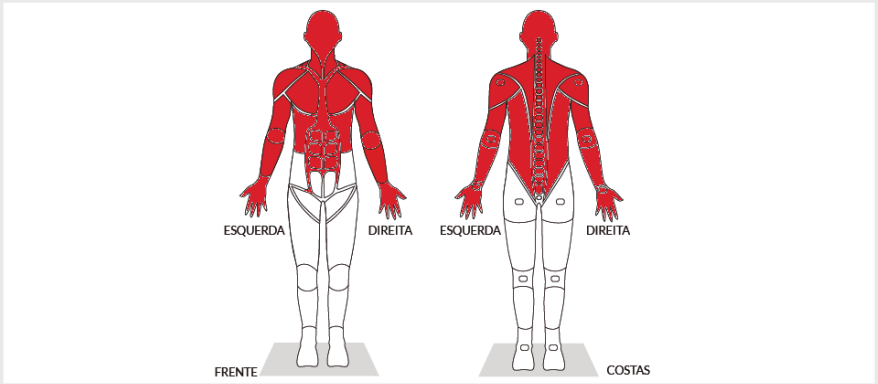
Não se submeta a massagens ou qualquer terapia que aqueça ou esfrie demasiadamente o seu corpo.
Evite banhos muito quentes.
Não use cremes, pós ou pomadas em excesso.
Não use roupas muito apertadas.

Até 3 horas antes da coleta de dados:

Não ingira bebidas estimulantes (cafeína, alcoólicas).
Não use descongestionantes nasais.
Não fume.
Não se depile ou barbeie.
Retire aparelhos imobilizadores ou faixas.
Não realize atividades físicas (correr, nadar, etc.).

REGIÃO DE INTERESSE

Esta será a região analisada no seu corpo.



OBSERVAÇÕES

Fonte: Forcelini e Merino (2019).

ANEXO C – QUESTIONÁRIO NÓRDICO DE DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS

MATERIAIS COMPLEMENTARES • QUESTIONÁRIO NÓRDICO

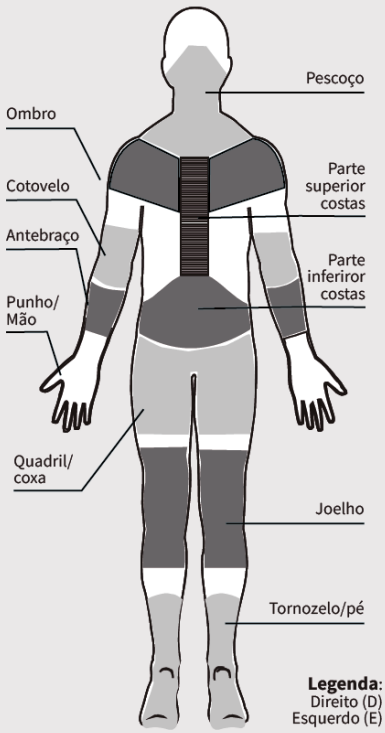
THERMOS PROTOCOL

USUÁRIO

ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
ID USUÁRIO	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	

QUESTIONÁRIO NÓRDICO DE DISTÚRBIOS MÚSCULO-ESQUELÉTICOS

Por favor, responda a cada questão assinalando um "x" na caixa apropriada. Marque apenas um "x" em cada questão.
Não deixe nenhuma questão em branco, mesmo se você não tiver nenhum problema em nenhuma parte do corpo.
Para responder, considere as regiões do corpo conforme ilustra a figura abaixo. Fonte: Adaptado de Barros e Alexandre (2003).



Nível de desconforto/ Partes do corpo	Nos últimos 12 meses você teve problemas como dor, formigamento, dormência em:	Nos últimos 12 meses você foi impedido de realizar atividades normais (trabalho, atividades domésticas e de lazer), por causa deste problema em:	Nos últimos 12 meses você consultou algum profissional da área da saúde por causa desta condição em:	Nos últimos 7 dias você teve algum problema em:
Pescoço	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Ombro (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Ombro (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Parte inf. costas	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Cotovelo (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Cotovelo (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Antebraço (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Antebraço (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Parte sup. costas	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Punho, mão (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Punho, mão (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Quadril e coxa (D	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Quadril e coxa (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Joelho (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Joelho (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Tornozelo/Pé (D)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não
Tornozelo/Pé (E)	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não	( ) sim ( ) não

OBSERVAÇOES:

Referência: BARROS E. N. C.; ALEXANDRE, N. M. C. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. International Nursing Review, v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.

Fonte: Forcelini e Merino (2019).

ANEXO D – MAPA DE DESCONFORTO DAS MÃOS

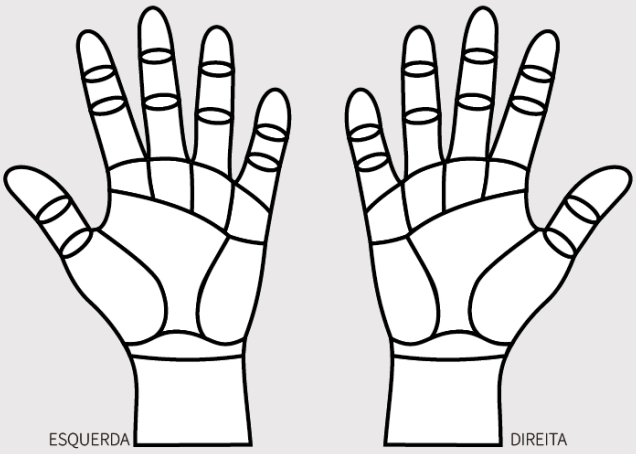
MATERIAIS COMPLEMENTARES • MAPA DECONFORTO MÃOS

USUÁRIO

ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
ID USUÁRIO	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	

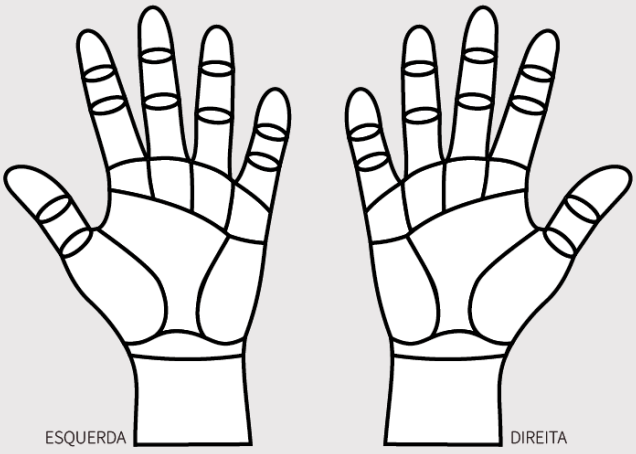
MAPA DE DESCONFORTO DAS MÃOS

Identifique as regiões de dor ou desconforto relatada pelo usuário e associe à segunte escala (pré-teste):



OBSERVAÇÕES

Identifique as regiões de dor ou desconforto relatada pelo usuário e associe à segunte escala (pós-teste):



OBSERVAÇÕES

Fonte: Adaptado de Forcelini e Merino (2019).

ANEXO E – ESCALA CR10 DE BORG

ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO FÍSICO

		USUÁRIO
ID COLETA	Insira o **nome/código** definido na PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	
ID USUÁRIO	Identifique o **usuário** pelo **código** da PREPARAÇÃO PARA A COLETA DE DADOS.	

ESCALA CR10 DE BORG

Circule o nível de ESFORÇO FÍSICO (de 0 a 10) que você sentiu ao utilizar a interface, quanto maior o número maior o esforço para utilizar a interface. Na extremidade superior, está a indicação "0 Absolutamente nada" que significa que à ausencia de esforço físico, enquanto o "10 Muito, muito intensa (quase máximo)" você deve ter como referência o maior esforço que já exerceu para utilizar um produto em toda sua vida. Caso essa atividade represente um esforço ainda maior, você pode escolher um valor acima de 10.

0	**Nenhuma**
0,5	**Muito, muito leve (apenas perceptível)**
1	**Muito leve**
2	**Leve (fraco)**
3	**Moderada**
4	**Pouco intensa**
5	**Intensa (pesado)**
6	
7	**Muito intensa**
8	
9	
10	**Muito, muito intensa (quase máximo)**
*	**Máxima**

Escala CR10 de Borg
© Gunnar Borg, 1982

Fonte: Adaptado de Silva (2017 p. 133) e diagramado conforme Forcelini e Merino (2019).