

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

INSTITUTO DE ARTES E DESIGN

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES, CULTURA E LINGUAGUENS

Stephanie Martins Pinto da Costa

Interfaces digitais sobre a pele: uma exploração de artefatos digitais semióticos multimidiáticos

Juiz de Fora
2018

Stephanie Martins Pinto da Costa

Interfaces digitais sobre a pele: uma exploração de artefatos digitais semióticos multimidiáticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Artes, Cultura e Linguagens da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Artes, Cultura e Linguagens. Área de concentração: Teorias e Processos Poéticos Interdisciplinares. Linha de pesquisa em Artes Visuais, Música e Tecnologia.

Orientador: Dr. Álvaro João Magalhães de Queiroz.

Co-orientador: Dr. Angelo Conrado Loula.

Juiz de Fora
2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Martins Pinto da Costa, Stephanie .

Interfaces digitais sobre a pele: uma exploração de artefatos digitais semióticos multimidiáticos / Stephanie Martins Pinto da Costa. -- 2018.

100 f. : il.

Orientador: Álvaro João Magalhães de Queiroz

Coorientador: Angelo Conrado Loula

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Artes e Design. Programa de Pós Graduação em Artes, Cultura e Linguagens, 2018.

1. Interfaces. 2. Arte e Tecnologia. 3. Realidade Aumentada. 4. Corpo. 5. Performance. I. João Magalhães de Queiroz, Álvaro , orient. II. Conrado Loula, Angelo, coorient. III. Título.

Stephanie Martins Pinto da Costa

Interfaces digitais sobre a pele: uma exploração de artefatos digitais semióticos multimidiáticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Artes, Cultura e Linguagens, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Artes, Cultura e Linguagens. Área de concentração: Teoria e Processos Poéticos Interdisciplinares. Linha de pesquisa em Artes Visuais, Música e Tecnologia.

Aprovada em 27 de março de 2018

BANCA EXAMINADORA

Dr. Álvaro João Magalhães de Queiroz
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Angelo Conrado Loula
Universidade Estadual de Feira de Santana

Dr. Adriano Mattos Corrêa
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Breno Bitarello Sad
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico esse trabalho a Marcia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Marcia, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A esta universidade, ao Programa de Pós-graduação em Artes, Cultura e Linguagens, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Ao meu orientador Dr. Álvaro João Magalhães de Queiroz e co-orientador Dr. Angelo Conrado Loula pelas correções e aprendizado. Agradeço também toda a assistência do pesquisador Jairo Henrique dos Santos Calmon e toda a cooperação estabelecida com o Laboratório de Sistemas Inteligentes e Cognitivos (LASIC), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia.

Aos doutores Adriano Mattos e Breno Bitarello pelas contribuições e indagações ao longo dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Jose Paulo R.F. de Mendonça e ao Laboratório de Física Aplicada, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

As minhas grandes amigas Adriele, Anna, Camila e Isis por sempre estarem presentes.

Ao Andreas por me mostrar novos modos de apreciar a vida. Gechillt! Danke schön.

A todos aqueles que cederam imagens de suas peles: Adriele, Camila, Cassiano, Daniel, Gabriel, Iago, Larissa, Laise, Felipe Melo, Felipe Rocha, Kailaine, Késia, Marcia, Mariana, Mauro e Thales.

Aos meus colegas de turma e pesquisa.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

“Skin interfaces have also been explored as devices for daily life interaction. Different from wearables, which constantly improve external systems, skin interfaces make the wearer’s own body intelligent and augmented” (LIU, Xin, 2016, p.1).

RESUMO

Nas últimas décadas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias incorporadas (on-body technologies) e as formas de interação com o corpo (on-body interactions) ao explorar fatores humanos como, gestos, toques, percepção e pele para a concepção de dispositivos, sistemas e interfaces que usam o corpo humano como entrada e saída de dados vem apresentando acentuado destaque. Artefatos epiteliais multimidiáticos desenvolvidos através de Realidade Aumentada tem criado um domínio experimental em Arte & Tecnologia, ainda pouco explorado, que pode ser designado como interfaces digitais sobre a pele (digital skin interfaces). Sumariamente, experimentações neste domínio: (i) combinam objetos reais e digitais sobre a superfície da pele, e (ii) são executados de forma interativa por seus usuários em tempo real. Esses artefatos epiteliais multimidiáticos transformam a pele em uma interface, tirando vantagens da superfície do corpo (características da pele, micro-movimentos da pele, movimentos do corpo) fornecendo modos de interação (interação incorporada e tangível) entre a pele e sistemas computacionais. A pele torna-se um espaço dinâmico e semioticamente estruturado de forma multimodal (visual, auditiva ou háptica). Os objetivos desta pesquisa podem ser assim sumarizados: (i) analisar um novo sistema de realidade aumentada de geração de interfaces digitais de pele a partir do escopo de arte & tecnologia; (ii) testar o conjunto de funcionalidades de vídeo desse sistema considerando ambientes de performance artística. Esta pesquisa foca nos principais projetos desenvolvidos recentemente no domínio designado por interfaces de pele (skin interfaces) e explora o potencial experimental em contextos de arte e performance, de um novo sistema baseado em realidade aumentada para geração de imagens na pele resultado da colaboração com o Laboratório de Sistemas Inteligentes e Cognitivos (LASIC), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia.

Palavras-chave: 1. Interfaces. 2. Arte e Tecnologia. 3. Realidade Aumentada. 4. Corpo e Performance.

ABSTRACT

On the last decades researches have emerged on the topics of on-body technologies and on-body interactions exploring human factors (e.g: gesture, touch, perception, body characteristics, skin, among others) to conceive technological devices, systems and interfaces that uses the human body as an input and output of data has been accentuated prominently. Multi-media epithelial artifacts developed through Augmented Reality have created a new experimental domain in Art & Technology that can be designated as digital skin interfaces. Summarizing, experiments in this domain: (i) combine real and digital objects on the surface of the skin, and (ii) are performed interactively by their users in real time. These multimodal epithelial artifacts transform the skin into an interface, taking advantage of the body's surface (skin characteristics, skin micro-movements, body movements) by providing modes of interaction (built-in and tangible interaction) between the skin and computer systems. The skin becomes a dynamic space and semi-structured in a multimodal (visual, auditory or haptic). This research can be summarized as follows: (i) from the scope of art & technology to analyze a new augmented reality system for generating digital skin interfaces (ii) to test the set of functionalities of this system considering artistic performance environments. This research focuses on the main projects recently developed in the domain called skin interfaces and explores the experimental potential in art and performance contexts of a new system based on augmented reality for image generation in the skin resulting from collaboration with the Laboratory of Intelligent and Cognitive Systems (LASIC), State University of Feira de Santana (UEFS), Bahia.

Keywords: 1. Interface. 2. Art & Technology. 3. Augmented Reality. 4. Body and Performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de classificação das tecnologias acopláveis ao corpo	17
Figura 2 - Tatuagens desenvolvidas para monitorar variações de glicose	18
Figura 3 - Projeto “The Dermal Abyss”	19
Figura 4 - Conjunto de sensores ultrafinos semelhantes a pele	20
Figura 5 - Transistores orgânicos ultraflexíveis que integram imperceptíveis sistemas eletrônicos orgânicos denominados <i>Electronic Skin</i>	20
Figura 6 - Sistema inteligente de e-skin	21
Figura 7 - Projeto <i>DuoSkin</i> e suas três modalidades de tatuagem	21
Figura 8 - Projeto <i>AnimSkin</i>	22
Figura 9 - Projeto <i>iSkin</i>	22
Figura 10 - Projeto <i>SkinMarks</i>	23
Figura 11 - Projeto <i>Screen-printed Tattoo Sensor</i>	23
Figura 12 - Projeto <i>Graphene Electronic Tattoo Sensors</i>	24
Figura 13 - Projeto <i>Ultraconformable Temporary Tattoo Electrodes for Electrophysiology</i>	24
Figura 14 - Sensores piezoelétricos – PZT	25
Figura 15 - Projeto <i>Skinput</i>	26
Figura 16 - Projeto <i>SkinTrack</i>	26
Figura 17 - Projeto <i>Face & Body Mapping</i>	27
Figura 18 - Projeto <i>Live Face Projection Mapping</i>	27
Figura 19 - Projeto <i>Ink Mapping Tattoo</i>	27
Figura 20 - Projeto <i>Augmented Studio</i>	30
Figura 21 - Projeto <i>Magic Face</i>	30
Figura 22 - Projeto Amazon's blended-reality mirror	31
Figura 23 - Projeto Amazon's blended-reality mirror - parte II	32
Figura 24 - Projeto <i>FaceForge</i>	32
Figura 25 - Projetos envolvendo interfaces digitais sobre a pele e tatuagens	33
Figura 26 - Aplicações em RA	34
Figura 27 - Marcador da aplicação de RA em <i>TattooAR</i> e a imagem sobreposta	35
Figura 28 - Amostras de tatuagem em <i>Magic Tatts</i>	35
Figura 29 - Imagens das interfaces digitais geradas por <i>Magic Tatts</i>	36
Figura 30 - A imagem a esquerda mostra o marcador de três traços desenhado na pele e a imagem a direita a tatuagem virtual sobreposta	36

Figura 31 - Marcadores na pele	37
Figura 32 - Imagem capturada pelo Sistema New Tattoo	38
Figura 33 - Sistema New Tattoo em execução	38
Figura 34 - Fluxo de ações executadas no sistema	38
Figura 35 - Realidade-Virtualidade espectro	43
Figura 36 - Interação incorporada no projeto Starz AR - Living Tattoos & Stickers	45
Figura 37 - Interação tangível	46
Figura 38 - Exemplo de “navegadores de informação”	47
Figura 39 - Exemplo de interface 3D ao usuário	47
Figura 40 - Exemplo de interfaces naturais ao usuário	48
Figura 41 - Projeto “ <i>The hologram in my hand</i> ”	48
Figura 42 - Algumas amostras exemplo de imagens teste analisadas	49
Figura 43 - Exemplo de imagens que apresentaram falhas ou não geraram a tatuagem	52
Figura 44 - Imagens do ambiente I selecionado	55
Figura 45 - Imagens do ambiente II selecionado	56
Figura 46 - Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo I	57
Figura 47 - Imagens teste parte I – Protocolo I	58
Figura 48 - Imagens teste parte II – Protocolo I	60
Figura 49 - Exemplos da execução do sistema protocolo I – Indivíduo I	61
Figura 50 - Exemplos da execução do sistema protocolo I – Indivíduo II	62
Figura 51 - Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo II	63
Figura 52 - Imagens teste – Protocolo II	64
Figura 53 - Exemplos da execução do sistema protocolo II – indivíduo II	65
Figura 54 - Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo III	66
Figura 55 - Imagens teste parte I – Protocolo III	67
Figura 56 - Imagens teste parte 2 – Protocolo III	68
Figura 57 - Exemplos da execução do sistema protocolo III – Indivíduo III	70
Figura 58 - Exemplos da execução do sistema protocolo III – Indivíduo IV	71
Figura 59 - Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo IV	72
Figura 60 - Imagens teste parte I – Protocolo IV	73
Figura 61 - Imagens teste parte II – Protocolo IV	74
Figura 62 - Exemplos da execução do sistema protocolo IV – Indivíduo III	76
Figura 63 - Exemplos da execução do sistema protocolo IV – Indivíduo IV	77
Figura 64 - Imagem ambiente – Protocolo V	78

Figura 65 - Imagens teste parte 1 – Protocolo V	79
Figura 66 - Imagens teste parte 2 – Protocolo V	80
Figura 67 - Exemplos da execução do sistema protocolo V – Indivíduo III	82
Figura 68 - Exemplos da execução do sistema protocolo V– Indivíduo IV	83
Figura 69 - Exemplos de oscilações e deformações encontradas	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Apresentação do conjunto de dados analisados	50
Tabela 2 - Apresentação dos resultados dos testes comparativos	51
Tabela 3 - Lista de parâmetros que afetam a precisão de rastreamento do New Tattoo	54
Tabela 4 - Resumo descritivo dos datasets de amostras de vídeo	54
Tabela 5 - Resumo descritivo das dimensões de vídeos fixadas para cada um dos espectros de luz medidos	55
Tabela 6 - Protocolo 1: testes de iluminação – 400nm – Indivíduo I	59
Tabela 7 - Protocolo 1: testes de iluminação – 500nm – Indivíduo I	59
Tabela 8 - Protocolo 1: testes de iluminação – 400nm – Indivíduo II	61
Tabela 9 - Protocolo 1: testes de iluminação – 500nm – Indivíduo II	61
Tabela 10 - Protocolo 2: testes de iluminação – 400nm - Indivíduo I	65
Tabela 11 - Protocolo 2: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo I	65
Tabela 12 - Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III	69
Tabela 13 - Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV	69
Tabela 14 - Protocolo 3: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV	69
Tabela 15 - Protocolo 3: testes de iluminação – 450nm – Indivíduo IV	69
Tabela 16 - Protocolo 3: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III	70
Tabela 17 - Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III	70
Tabela 18 - Protocolo 4: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III	75
Tabela 19 - Protocolo 4: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo III	75
Tabela 20 - Protocolo 4: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III	75
Tabela 21 - Protocolo 4: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo IV	75
Tabela 22 - Protocolo 4: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV	76
Tabela 23 - Protocolo 4: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV	76
Tabela 24 - Protocolo 5: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III	81
Tabela 25 - Protocolo 5: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III	81
Tabela 26 - Protocolo 5: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo III	81
Tabela 27 - Protocolo 5: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV	81
Tabela 28 - Protocolo 5: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV	82
Tabela 29 - Protocolo 5: testes de iluminação – 450nm – Indivíduo IV	82
Tabela 30 - Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolos I e II	85

Tabela 31 - Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolos III e IV	85
Tabela 32 - Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolo V	86
Tabela 33 - Número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento – protocolo I e II	86
Tabela 34 - Número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento – protocolos III e IV	86
Tabela 35 - Número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento	86

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	INTERFACES DE PELE	17
2.1	Interfaces de pele: tatuagens	17
2.2	Interfaces digitais sobre a pele	27
2.3	Ampliando a realidade com realidade aumentada	28
2.4	Digital adicionado a realidade	28
2.5	Interfaces digitais sobre a pele usando realidade aumentada	29
2.6	Interfaces digitais sobre a pele: realidade aumentada e tatuagens	33
2.7	Descrição dos principais sistemas de interfaces digitais sobre a pele baseados em RA	34
2.8	Interfaces digitais sobre a pele: New Tattoo	37
3	VIRTUAL E REAL	40
3.1	Real e Possível	40
3.2	Virtual e Atual	42
3.3	Realidade Aumentada e Realidade	43
3.4	Interações entre os domínios digital e real	44
4	SISTEMA NEW TATTOO	47
4.1	Comparação entre sistemas	47
4.2	Testes em vídeo do sistema New Tattoo	53
4.3	Protocolo I	57
4.4	Protocolo II	63
4.5	Protocolo III	66
4.6	Protocolo IV	72
4.7	Protocolo V	78
4.8	Resultados	84
5	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes em diversas áreas como, nanotecnologia, biotecnologia e tecnologia cognitiva (VEGA, 2016) têm produzido dispositivos digitais e/ou bioinspirados centrados no corpo (on-body technologies) como, biossensores (JIA, 2013), bionanotransistores (SINGER, 2009; CHENG, 2015), nano-ILEDs (KIM, 2011), mecanismos de impressão de transistores de silício em materiais ultrafinos e flexíveis (KIM, 2009; METTERS, 2011; MA, 2011) como peles eletrônicas para a criação de novas modalidades de artefatos corpóreos e epiteliais, que alteram de forma radical o papel semiótico da pele (BITARELLO et al., 2011; BITARELLO & QUEIROZ, 2014; RANCK, 2012; LIU, 2016). Dispositivos tangíveis cuja característica é a capacidade de acoplamento à pele como um item a ser “vestido” (wearable devices) são capazes de tratar como *input* características orgânicas do corpo humano, por exemplo, temperatura do corpo, registrando e repassando dados sensorios à sistemas computacionais para monitoramento da saúde (VEGA, 2016) e retornando como *output* uma variação visual na superfície do dispositivo acoplado a pele. Tais artefatos, capazes de acoplamento epitelial (superficiais ou invasivos)(LIU, 2016), reconcebem a pele como um espaço dinâmico e interativo, modificando o que conhecemos hoje como ‘comunicação incorporada’ (embodied communication).

O uso de Realidade Aumentada (RA) fornece diferentes possibilidades de experimentação nesse domínio, uma vez que artefatos epiteliais multimidiáticos desenvolvidos através de RA tem criado um novo domínio experimental em Arte & Tecnologia que pode ser designado como interfaces digitais sobre a pele (digital skin interfaces). Sumariamente, experimentações neste domínio: (i) combinam objetos reais e digitais sobre a superfície da pele, e (ii) são executados de forma interativa por seus usuários em tempo real. Esses artefatos epiteliais multimidiáticos ampliam o potencial da pele como interface, tirando vantagens da superfície do corpo (características da pele, micro-movimentos da pele, movimentos do corpo) fornecendo modos de interação (interação incorporada, tangível, multimodal, entre outros) entre a pele e o ambiente digital. As implicações mais importantes acontecem no domínio da dança (MARTIN, 1994; BACH, 2016), medicina (NICOLAU et al., 2005; HORN, 2013; HOANG et., 2017), entretenimento (CASSINELLI et al., 2012; MAURICIO et al., 2015; BLUE SKY DESIGNS, 2016; JAVORNIK et al., 2017) e artes e design (BITARELLO, 2012; BITARELLO, 2016; ROHACHOVA et al., 2016, HAMDAN, 2016; SIEGL et al., 2017).

Sabe-se que mais de 65% das informações comunicadas durante as interações sociais são realizadas por meio de sinais não-verbais (gestos, expressões faciais, etc.) (ARGYLE, 1988). Se a pele caracterizada como uma interface dinâmica e responsiva, e agora têm essas características

amplificadas, então ela deve permitir a exploração de novos padrões semióticos de comunicação incorporada. É possível também assumir que diferentes tipos de relacionamento inter-agentes serão estabelecidos devido à criação de tais padrões associados com novas formas de interpretação de estados orgânicos através de *feedback* visual (ou multimodal) desses estados. Baseando-se em Clark (2008) para uma perspectiva de extensão cognitiva, os *feedbacks* visuais ou multimodais atuariam como rótulos capazes de fornecer algo semelhante a um sistema de interpretação, criando assim um singular domínio de percepção do ambiente (CLARK, 2008). No escopo dessa pesquisa, novas percepções da pele e potencial comunicativo não-verbal. Assim, esta pesquisa foca nos principais projetos desenvolvidos recentemente no domínio designado por interfaces de pele (skin interfaces) e explora o potencial experimental em contextos de arte e performance, de um novo sistema baseado em realidade aumentada para geração de imagens na pele resultado da colaboração com o Laboratório de Sistemas Inteligentes e Cognitivos (LASIC), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia.

O objetivo deste trabalho portanto, é (i) analisar um novo sistema de realidade aumentada de geração de interfaces digitais de pele a partir do escopo de arte & tecnologia; (ii) testar o conjunto de funcionalidades de vídeo do sistema considerando ambientes de performance artística.

O capítulo 2 apresenta o contexto e a definição do conceito referente a interfaces de pele. Serão mostrados os contextos referentes a interfaces de pele no âmbito das tatuagens em diversos ambientes de pesquisa como também em experimentações artísticas usando projeções e realidade aumentada. No capítulo 3 serão definidos os escopos das conceituações acerca dos termos real, virtual e digital para melhor delimitar a área de atuação das interfaces de pele no âmbito das tatuagens. O capítulo 4 abordará o novo sistema para visualização de tatuagens através de realidade aumentada e os testes em vídeo do novo sistema. Por fim, o capítulo 5 apresentará a conclusão e demais considerações finais.

2 INTERFACES DE PELE

Segundo Liu (2016) e Vega (2016) as tecnologias desenvolvidas para serem acopláveis ao corpo (on-body technology) podem ser divididas em dois grandes ramos: “wearables”, dispositivos bioinspirados para serem usados diretamente sobre o corpo, cuja função é melhorar constantemente o exterior do corpo e suas capacidades (LIU, 2016) e interfaces de pele (skin interfaces) referentes a dispositivos capazes de atribuir, segundo um viés psicológico, novas capacidades ao corpo humano ou superar certas limitações do mesmo, de modo a tornar o corpo humano inteligente e ampliado (LIU, 2016). Na classificação de interfaces de pele, encontram-se como exemplos dessas tecnologias, produtos de beleza e tatuagens (Figura 1).



Figura 1. Classificação das tecnologias acopláveis ao corpo. Fonte: Adaptada de (VEGA, 2016).

2.1 - Interfaces de pele: Tatuagens

Tatuagens, desde as práticas de modificação do corpo em sociedades egípcias, tribais, asiáticas, ocidentais contemporâneas até experimentações com tecnologias interativas e biocompatíveis podem ser definidas como artefatos semióticamente projetados usados para revelar e comunicar informações sobre qualidades, relações, eventos, classes de eventos e leis (BITARELLO, 2011, BITARELLO, 2012; BITARELLO&QUEIROZ 2014, BITARELLO, 2016). O desenvolvimento de

outras formas de tatuagem, que respondem às variações orgânicas e ambientais, tem ramificações sem precedentes, permitindo a criação de novos meios de comunicação. Diferentes formas de relações inter-agentes serão estabelecidas devido à criação de novos padrões de comunicação associados a formas recém exploradas de interpretação de estados orgânicos e mudanças ambientais através de feedbacks e variações desses estados (BITARELLO et al., 2011; BITARELLO&QUEIROZ 2014).

Projetos como “*Changeable Tattoos*” (LEVY, 2001), “*Glucose-monitoring Tattoo*” (SINGER, 2009) (Figura 2), “*Dermal Abyss*” (VEGA, 2017) (Figura 3), “*Ultrathin conformal devices for precise and continuous thermal characterization of human skin*” (WEEB et al., 2013) (Figura 4) , “*Imperceptible Electronic Skin*” (SEKITANI et al., 2014) (Figura 5) e “*Ultraflexible organic photonic skin*” (YOKOTA et al., 2016) (Figura 6) usam dispositivos eletrônicos e biomateriais que, quando acoplados à pele, geram tatuagens com propriedades interativas (BITARELLO et al., 2011; BITARELLO & QUEIROZ, 2014). Nesses projetos, diversos fatores de vestibilidade da pele (skin wearability factors), como elasticidade, presença de pelos, entre outros fatores são cuidadosamente considerados para criação e desenvolvimento dos dispositivos em uma abordagem da pele como interface interativa (LIU, 2016; VEGA, 2016).

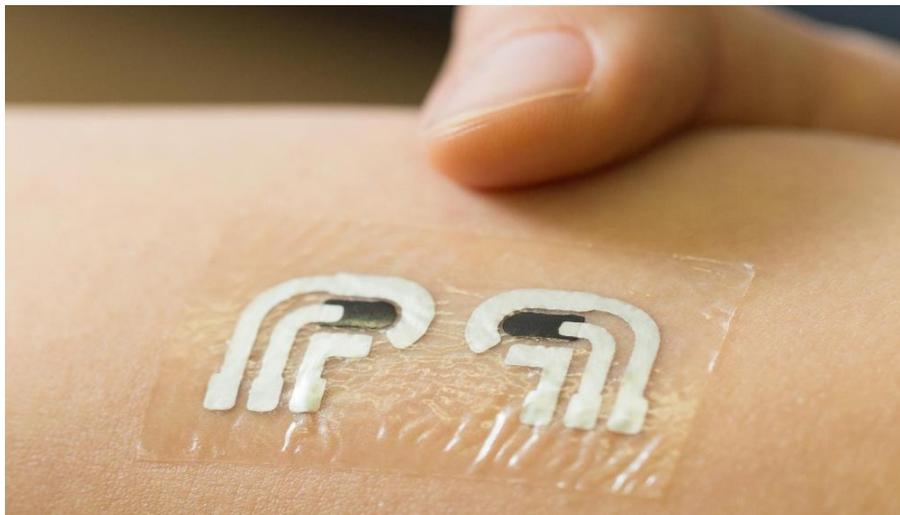


Figura 2. Tatuagens desenvolvidas para monitorar variações de glicose. Fonte: Adaptada de (SINGER, 2009).

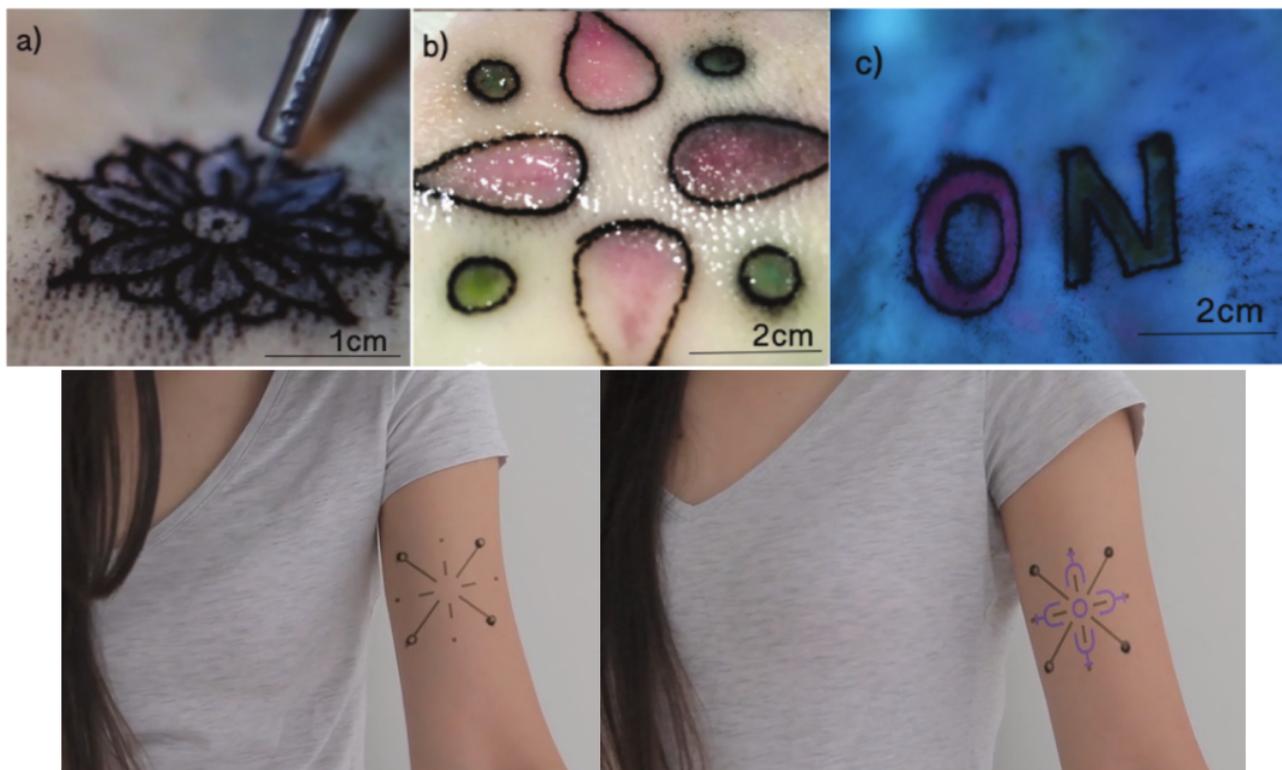


Figura 3. Projeto “The Dermal Abyss” cria uma forma de tatuagem capaz de refletir através de variações de cores processos metabólicos internos (VEGA et al., 2017). Pode ser usada em aplicações de monitoramento contínuo, como diagnóstico médico e codificação de dados no corpo (VEGA et al., 2017). A imagem (a) mostra um projeto de tatuagem com pH cromogênico, (b) biossensores cromogênicos de pH e glicose como tatuagem e (c) indicador de pH fluorescente (seminaphtorhodafluor¹ SNARF) e biossensores. Fonte: Adaptada de (VEGA et al., 2017; MEDIALAB, 2017).

1 Seminaphtorhodafluor (SNARF): indicador de pH permeável às células (Fonte: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/C1271>. Acesso em: 13 de janeiro de 2018).

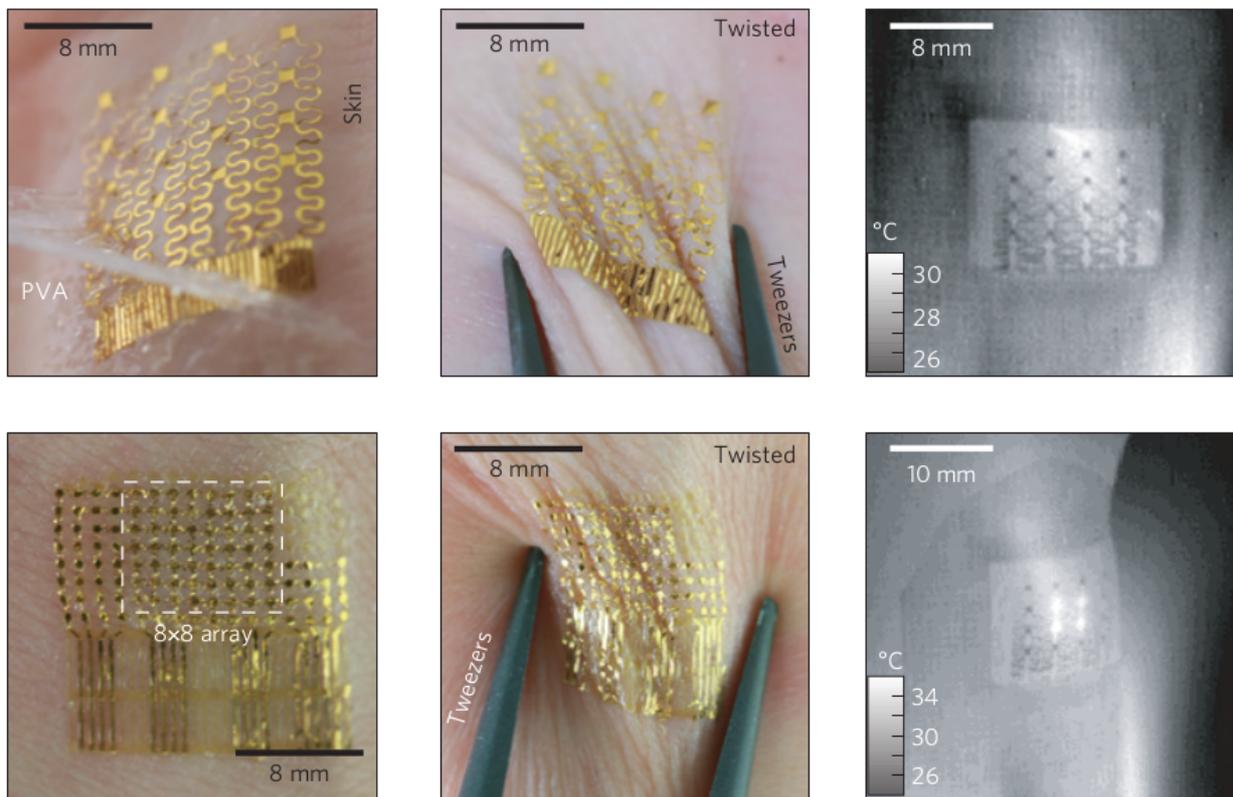


Figura 4. Conjunto de sensores ultrafinos, semelhantes a pele e utilizados diretamente na pele para medir a temperatura corporal. Fonte: Adaptada de (WEEB et al., 2013).



Figura 5. Transistores orgânicos ultraflexíveis que integram imperceptíveis sistemas eletrônicos orgânicos

denominados *Electronic Skins*. Fonte: (Adaptada de SEKITANI et al., 2014).

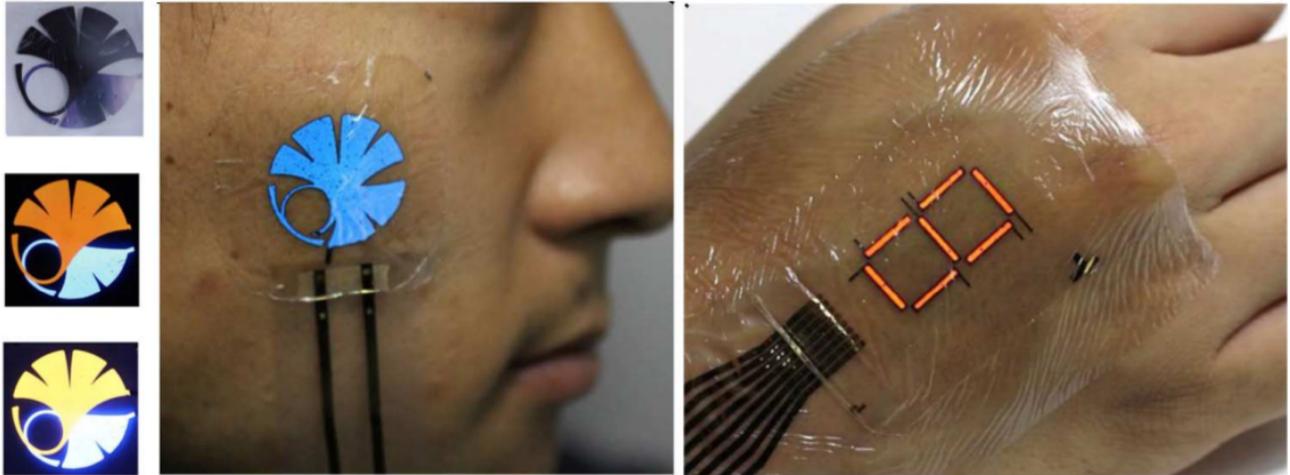


Figura 6. Sistema inteligente de e-skin formado por um conjunto de sensores de monitoramento da saúde, displays e PLEDs² ultraflexíveis. O brilho da imagem pode ser alterado pela tensão de operação. Também é possível criar um sistema decimal de contagem a partir de sete segmentos de PLEDs. Fonte: Adaptada de (YOKOTA et al., 2016).

Projetos relacionados ao uso de materiais naturalmente biocompatíveis, como folhas de ouro em DuoSkin (2016) (Figura 7), apresentam três modalidades de tatuagem customizadas que capturam, processam e exibem variações térmicas, *inputs* táteis e funcionam como dispositivo de comunicação via *wireless*. Nesse projeto as funções da pele são estendidas para além das funções básicas naturais.

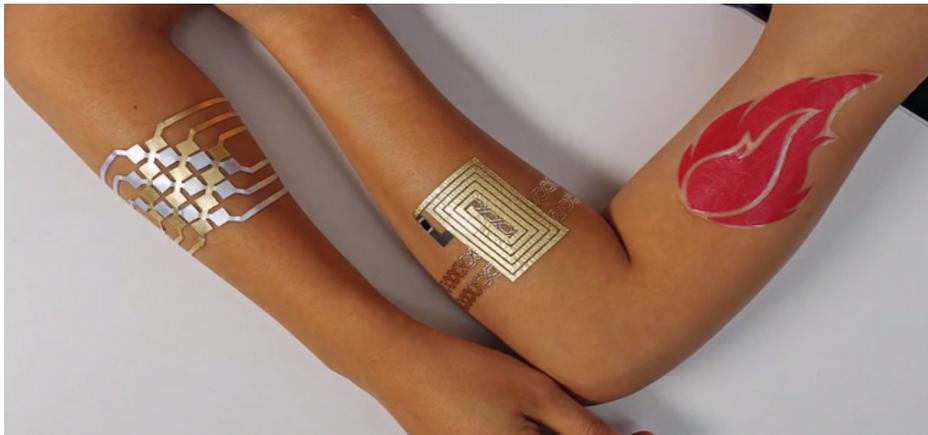


Figura 7. Projeto DuoSkin e suas três modalidades de tatuagem. Fonte: (DUOSKIN, 2016).

O projeto AnimSkin (Figura 8) usa uma película fílmica ultrafina com multicamadas sobre a pele emitindo animações dinâmicas de cores usando tinta termocromática.

2 PLEDs: diodos emissores de luz de polímero (polymer light-emitting diodes). Fonte: (YOKOTA et al., 2016).

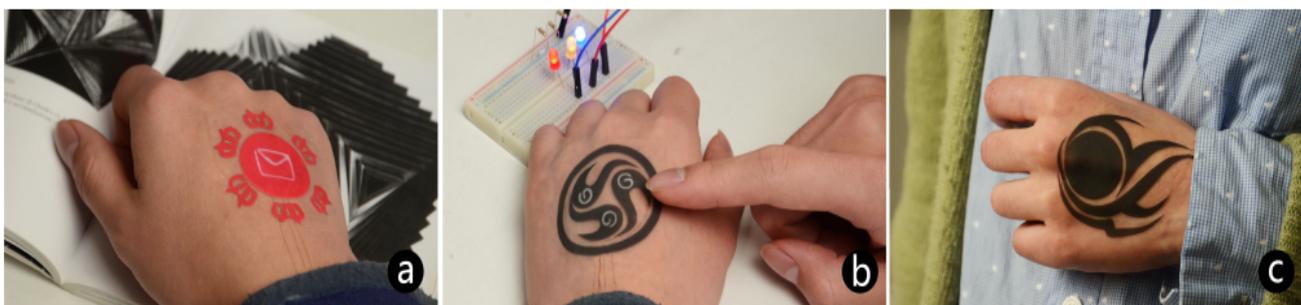


Figura 8. As variações das imagens em AnimSkin permitem (a) lembrete de e-mail, (b) sistema de controle de luz. Os indivíduos também podem personalizar seus próprios projetos gráficos de tatuagem(c); Todos os processos são manipulados por um método de fabricação acessível e de baixo custo. Fonte: (WANG et al., 2017).

O projeto iSkin (WEIGEL et al., 2015) (Figura 9) também utiliza uma película fílmica fina, flexível, esticável e visualmente personalizável diretamente na pele. Nesse projeto são desenvolvidos cinco dispositivos, sendo quatro deles interfaces de pele: (a) *FingerStrap*, um controlador de chamadas telefônicas, (b) uma superfície *input* na pele do braço para controlar música, (c) um controlador circular sobre a mão para capturar movimentos gestuais circulares e (d) um controle de fone de ouvido atrás da orelha. O quinto dispositivo desenvolvido consiste em um *wearable* em formato de relógio inteligente (WEIGEL et al., 2015).



Figura 9. Projeto *iSkin*. Quatro interfaces de pele: (a) *FingerStrap*, um controlador de chamadas telefônicas, (b) uma superfície *input* na pele do braço para controlar música, (c) um controlador circular sobre a mão para capturar movimentos gestuais circulares e (d) um controle de fone de ouvido atrás da orelha. Fonte: Adaptada de (WEIGEL et al., 2015).

O Projeto SkinMarks (Figura 10) vai um pouco além e abrange modalidades de interfaces de pele como tatuagens temporárias. Essas interfaces estão em conformidade com características físicas do corpo como rugas e são compatíveis com locais do corpo fortemente curvados e elásticos. Esse projeto apresenta cinco tipos de interfaces que demonstram técnicas inovadoras de interação a partir do toque, transformando-o em diferentes modalidades de saída visual (WEIGEL et al., 2017).

SkinMarks

Enabling Interactions on Body Landmarks
Using Conformal Skin Electronics



Figura 10. Projeto SkinMarks e suas quatro modalidades de tatuagem e o anel sensível ao toque. Fonte: (WEIGEL et al., 2017).

Já o projeto “Screen-printed Tattoo Sensor” desenvolve sensores epidérmicos como um tipo de plataforma *wearable* para serem usados de forma não invasiva diretamente sobre a pele, no intuito de monitoramento das funções orgânicas do corpo (Figura 11) (DeGUZMAN, 2017).

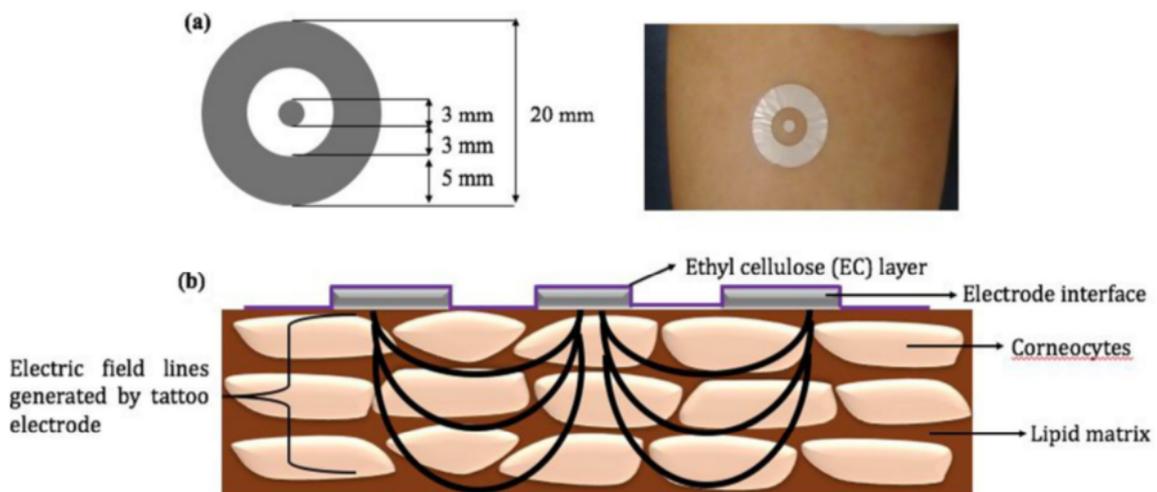


Figura 11. Desenho esquemático do projeto *Screen-printed Tattoo Sensor*. (a) O sensor (b) Sinal elétrico dos eletrodos na pele. Fonte: (DeGuzman, 2017).

O projeto “*Graphene Electronic Tattoo Sensors (GET)*” utiliza sensores eletrônicos de grafeno diretamente na pele humana, exatamente como uma tatuagem temporária e totalmente de acordo com a morfologia microscópica da superfície da pele. A GET (Figura 12) é usada para medir eletrocardiograma (ECG), eletromiograma (EMG), eletroencefalograma (EEG), temperatura e hidratação da pele (AMERI et al., 2017).

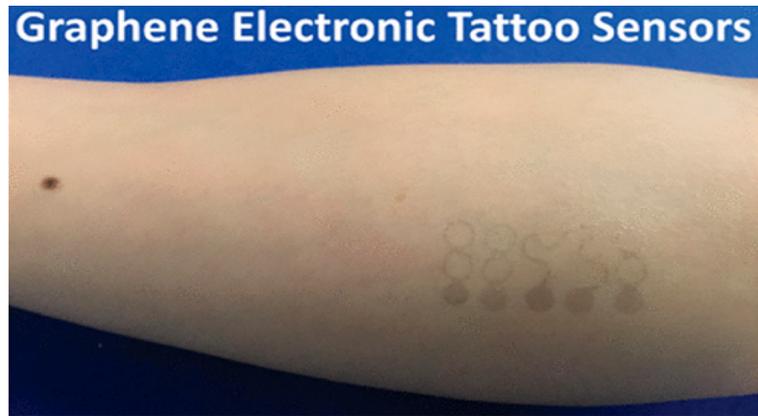


Figura 12. Tatuagem a partir de sensores eletrônicos de grafeno. Fonte: (AMERI e al, 2017).

O Projeto “*Ultraconformable Temporary Tattoo Electrodes for Electrophysiology*” (Figura 13) (FERRARI et al., 2018) cria uma interface elétrica da pele através de uma tatuagem temporária de eletrodos para monitoramento da saúde (FERRARI et al., 2018) .

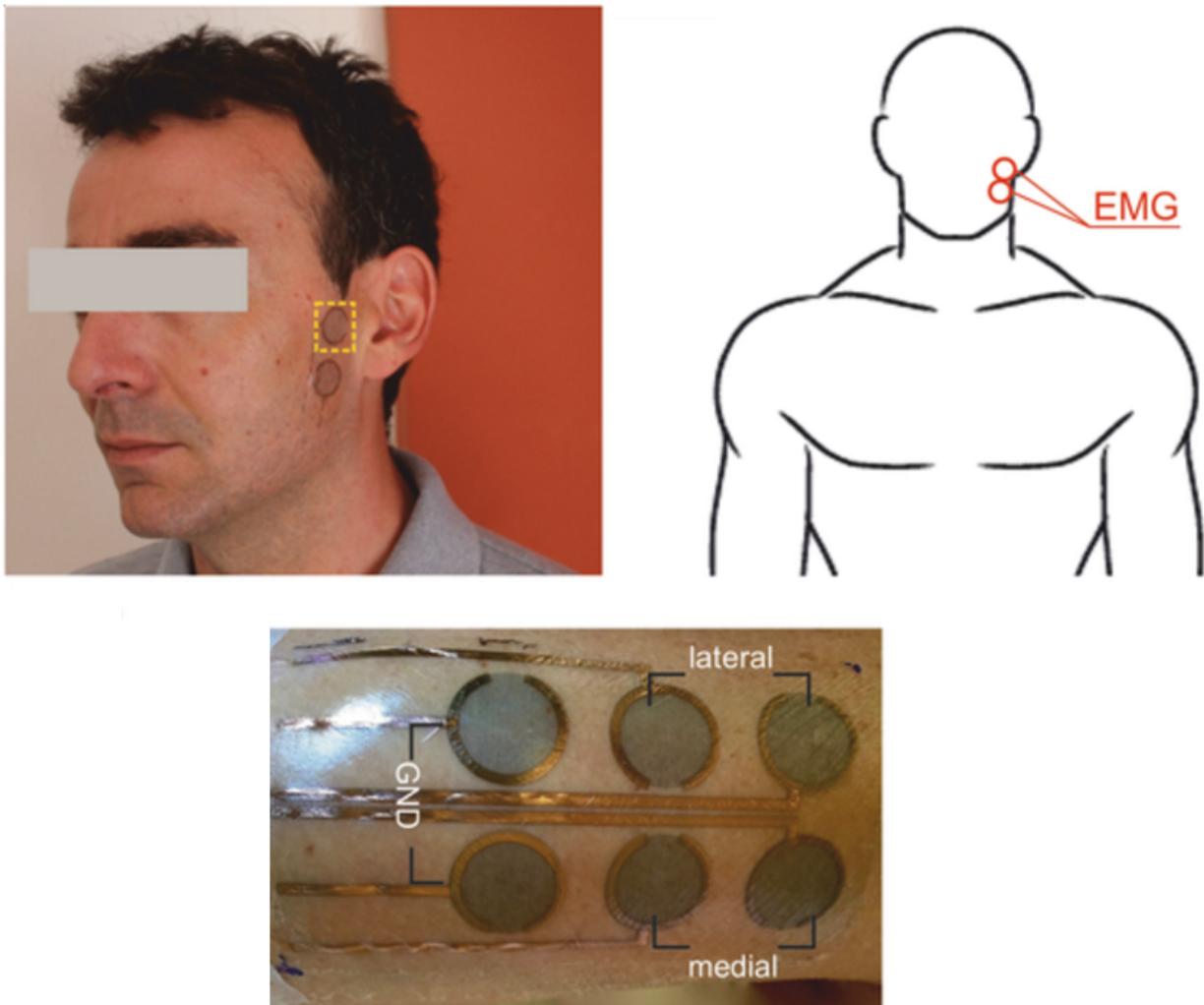


Figura 13. Projeto “*Ultraconformable Temporary Tattoo Electrodes for Electrophysiology*”. Fonte: (FERRARI et al., 2018).

Já projetos envolvendo sensores piezoelétricos (Piezoelectric sensors – PZT sensors)³ (Figura 14) semelhantes a uma tatuagem na pele estão sendo usados na captação de sensação tátil, detecção dos movimentos de flexão dos dedos, medição da forma de onda de pressão de pulso arterial, detecção de movimentos do corpo e caracterização biomecânica (HEIKENFELD et al., 2018).

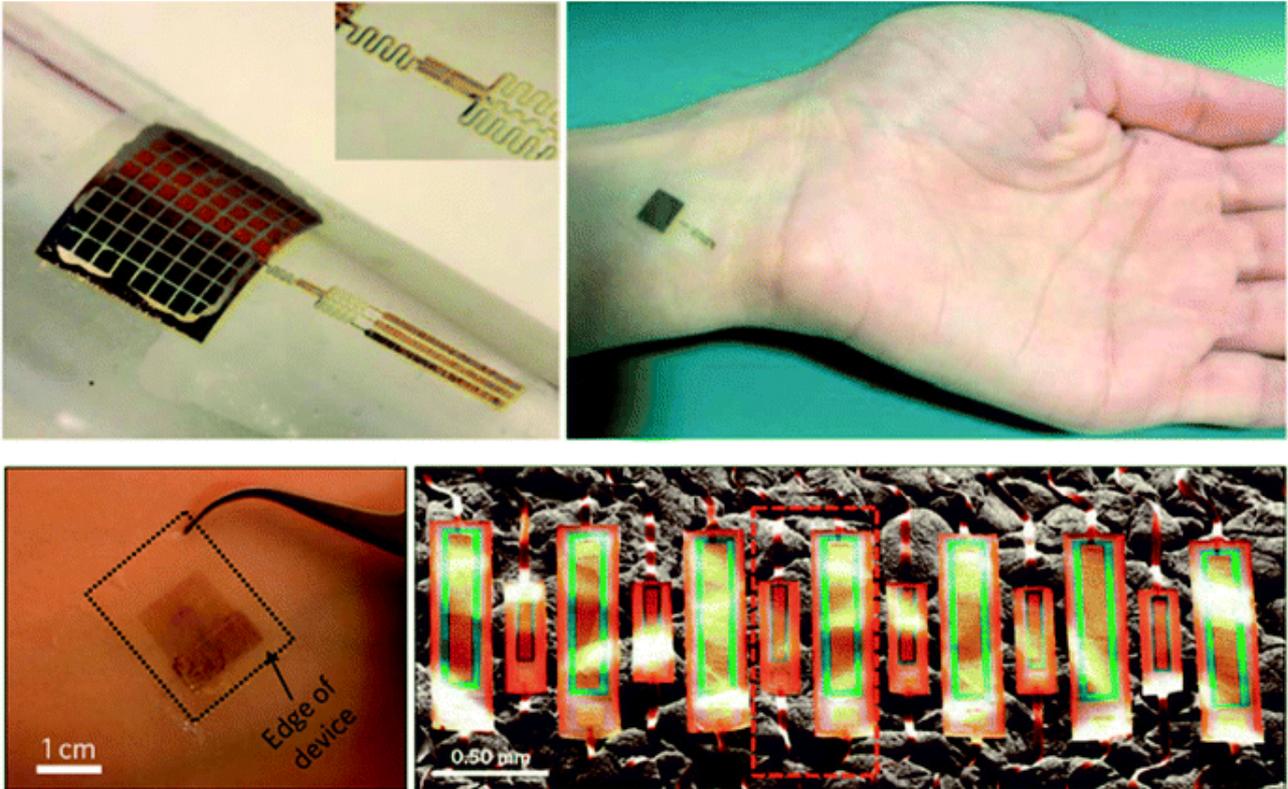


Figura 14. Sensores piezoelétricos semelhantes a uma tatuagem na pele. Fonte: (HEIKENFELD et al., 2018).

Já projetos como “Skinput” (HARRISON et al., 2010) (Figura 15) e “SkinTrack” (ZHANG et al., 2016) (Figura 16) mesclam dispositivos *wearables* e interfaces de pele ao transformar a superfície epitelial das mãos e braços em *touchpads* e telas táteis.

³ Piezoelectricidade: tensão elétrica gerada por alguns cristais em resposta a uma pressão mecânica (HEIKENFELD et al., 2018).



Figura 15. Projeto *Skinput*. Fonte: Adaptada de (HARRISON et al., 2010).

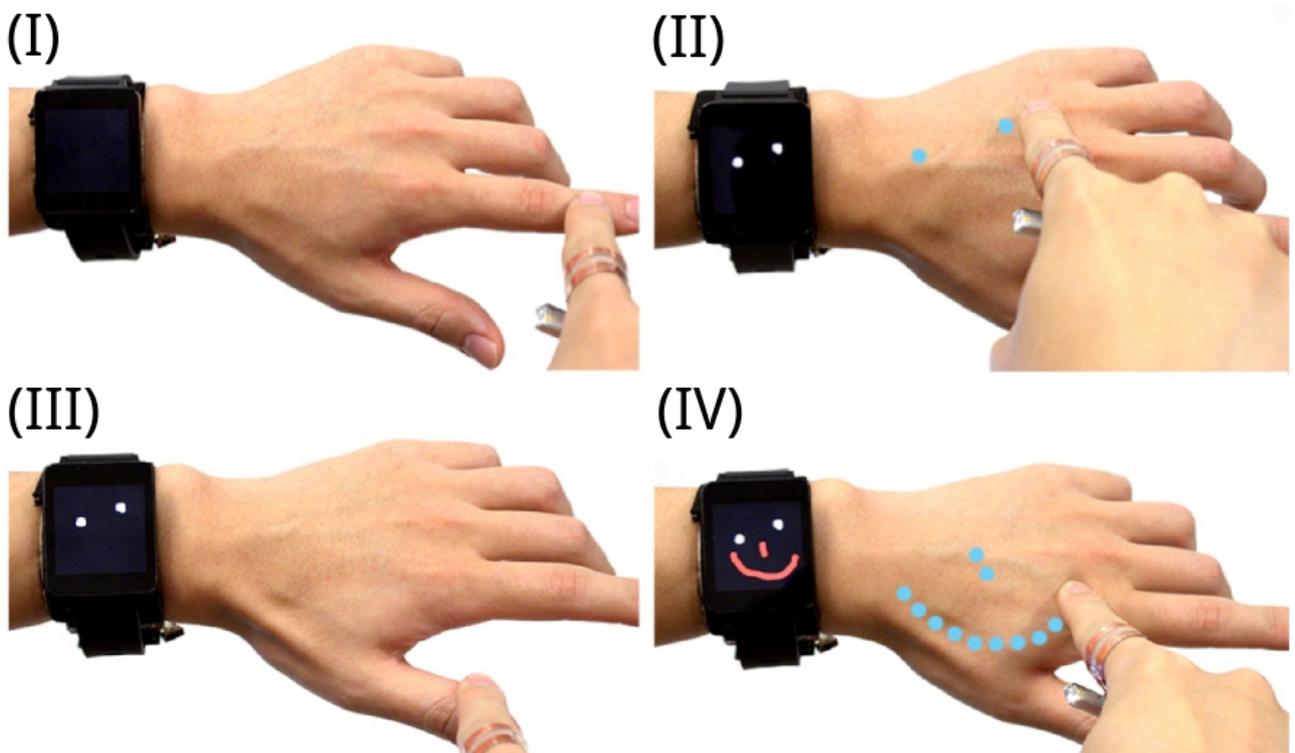


Figura 16. Projeto *SkinTrack*. Fonte: Adaptada de (ZHANG et al., 2016).

2.2 – Interfaces digitais sobre a pele

Outra vertente de projetos envolvendo interfaces de pele usa projeções digitais mapeadas sobre o corpo, como em Face & Body Mapping (2012)(Figura 17), Live Face Projection Mapping (2015) (Figura 18) e Ink Mapping Tattoo (2015)(Figura 19) para tornar a pele uma interface interativa. Nesses projetos, a superfície do corpo é mapeada para a projeção de artefatos semióticos digitais, visuais e dinâmicos.



Figura 17. Face & Body Mapping (2012). Esse projeto utiliza a técnica de projeção mapeada para gerar artefatos digitais sobre a pele e o corpo. Fonte: Adaptada de (COLETIVO OSKAR & GASPAR, 2012).



Figura 18. Live Face Projection Mapping (2015). Esse projeto utiliza a técnica de projeção mapeada para gerar artefatos digitais sobre o rosto. Fonte: Adaptada de (REFERENCES FOR YOU, 2015).



Figura 19. Projeto Ink Mapping Tattoo (2015). Esse projeto utiliza a técnica de projeção mapeada para transformar tatuagens tradicionais em animações digitais sobre a pele. Fonte: Adaptada de (COLETIVO OSKAR & GASPAR, 2015).

2.3 Ampliando a realidade com realidade aumentada

De acordo com Ronald Azuma, um dos principais pioneiros nos desenvolvimentos em realidade aumentada, um sistema ou aplicação computacional pode ser definido como realidade aumentada (RA) quando necessariamente apresenta três propriedades em conjunto: (i) combina objetos reais e digitais no ambiente real, (ii) é interativo em tempo real e (iii) registra o objeto real e digital alinhados entre si (AZUMA, 2001). Deste modo, segundo Clark (2008) sistemas baseados em RA reinventam o conceito de interface e produzem interfaces, onde ao adicionar informação digital em tempo real a visualização do mundo físico, o indivíduo torna-se capaz de criar e aprimorar associações específicas ou adaptadas às suas necessidades e desejos diante do mundo físico real em que se encontra (CLARK, 2008).

(...) the notion of the interface is being reinvented in work on Augmented Reality. In this work, the interface is nothing more than your own view of the world as you look around, but the view is augmented (...) it as a kind of digital annotation and enhancement regime, with the specific annotations and enhancements being tailored to the needs and desires of different users passing through the (real-world) scene (CLARK, 2008, p.53).

Segundo Yuen (2011) e Azar (2017) uma aplicação de RA permite que conteúdo digital seja perfeitamente adicionado a percepção humana do mundo físico real. No contexto deste trabalho uma aplicação de RA fornece informação digital, interativa e em tempo real, perfeitamente alinhada ao contexto e a materialidade do mundo físico real de modo a relacionar digital e materialidade em um processo de linguagem não-verbal e de toda e qualquer forma de signo ou de representação.

2.4 Digital adicionado a realidade

Segundo Couchot (1993) em sua análise sobre modelos morfogenéticos em “Da representação à simulação: evolução das técnicas e das artes”, a captura do real por meio de dispositivos óticos cria uma relação particular entre espaço e tempo, e o mais importante, é capaz de alinhar o objeto, a

imagem e o sujeito de modo a gerar uma representação da realidade.

A lógica figurativa ótica estabelece, portanto, uma relação particular entre o espaço e o tempo, torna-os homogêneos. (...) Mas estabelece também uma relação imediata entre o objeto a figurar, sua imagem e quem organiza o encontro de ambos. A Representação alinha, no espaço e no tempo, o Objeto, a Imagem e o Sujeito (COUCHOT,1993,p.38).

Já o digital fornece em sua representação do mundo físico uma imagem-objeto, uma imagem-linguagem e uma imagem-sujeito entre programa, tela e indivíduo, uma vez que ambos reagem interativamente respondendo as diferentes formas de contato direto.

“A imagem não é mais projetada, mas ejetada pelo real, com força bastante para que se liberte do campo de atração do Real e da Representação (...) A topologia do Sujeito, da Imagem e do Objeto fica abalada: as fronteiras entre esses três atores da representação se esbatem. Eles se desalinham, se interpenetram, se hibridizam. A imagem toma-se imagem-objeto, mas também imagem-linguagem (...) toma-se imagem-sujeito, pois reage interativamente ao nosso contato, mesmo a nosso olhar: ela também nos olha. O sujeito não mais afronta o objeto em sua resistência de realidade, penetra-o em sua transparência virtual, como entra no próprio interior da imagem (COUCHOT, 1993, p.40-41).”

Assim, dentro do escopo de RA, interfaces digitais sobre a pele apresentam uma capacidade de fazer pensar as diversas tecnologias da imagem em uma relação direta com o mundo físico, sem implicar em uma oposição entre digital e realidade tangível.

2.5 Interfaces digitais sobre a pele usando realidade aumentada

Projetos como Augmented Studio (THUONG et al., 2017) (Figura 20) utilizam realidade aumentada para projetar estruturas anatômicas e anotações sobre corpos móveis para o ensino de

fisioterapia(THUONG et al., 2017) .



Figura 20. Projeto *Augmented Studio: Projection Mapping on Moving Body for Physiotherapy Education* 2017. Fonte: (THUONG et al., 2017).

Já projetos como MagicFace (JAVORNIK et al., 2017) (Figura 21) buscam através de um sistema RA oferecer as pessoas uma forma de imaginar em primeira pessoa como é ser o personagem que estão vendo no palco ou aprendendo durante uma visita a uma exposição (JAVORNIK et al., 2017) .



Figura 21. Projeto *MagicFace: Stepping into Character through an Augmented Reality Mirror*. Fonte: (JAVORNIK et al., 2017) .

A recente patente registrada pela *Amazon* tem como objetivo criar um espelho que permite as pessoas experimentar roupas através de um sistema de realidade aumentada (Figuras 22 e 23) (GEEKWIRE, 2018, SCIENCE&TECH, 2018).

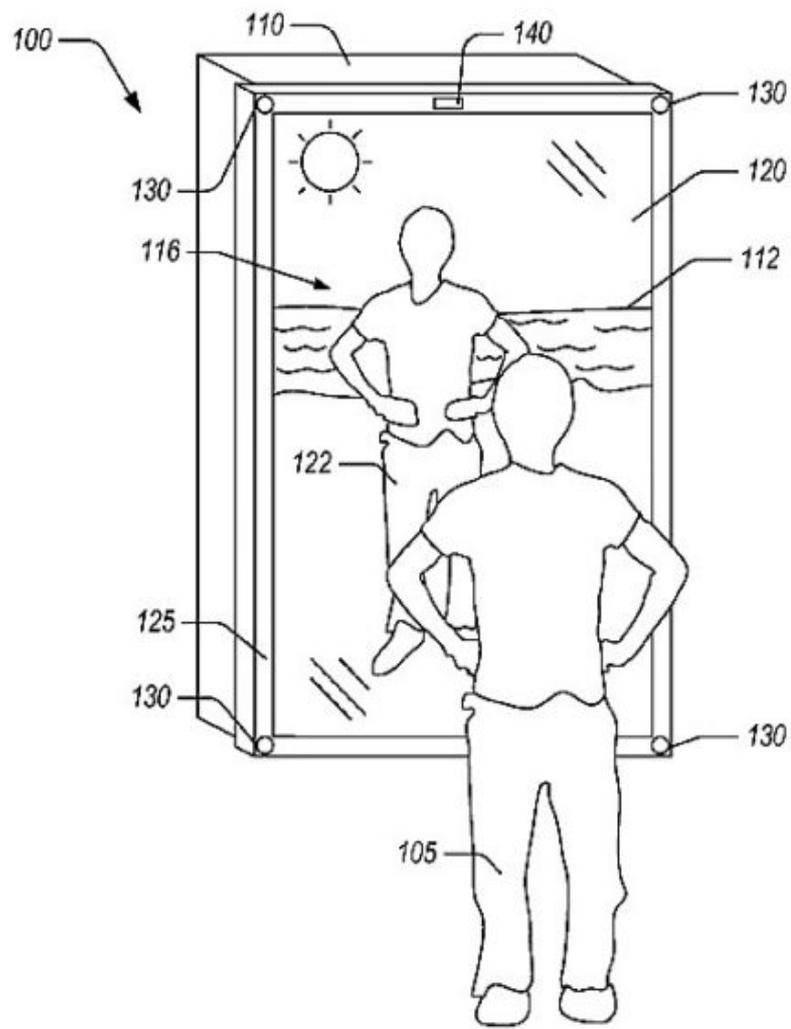


Figura 22. Projeto *Amazon's blended-reality mirror*. Fonte: (GEEKWIRE, 2018). Os pontos destacados mostram as características do dispositivo e as alterações na imagem exibida do próprio usuário ao usar o espelho.

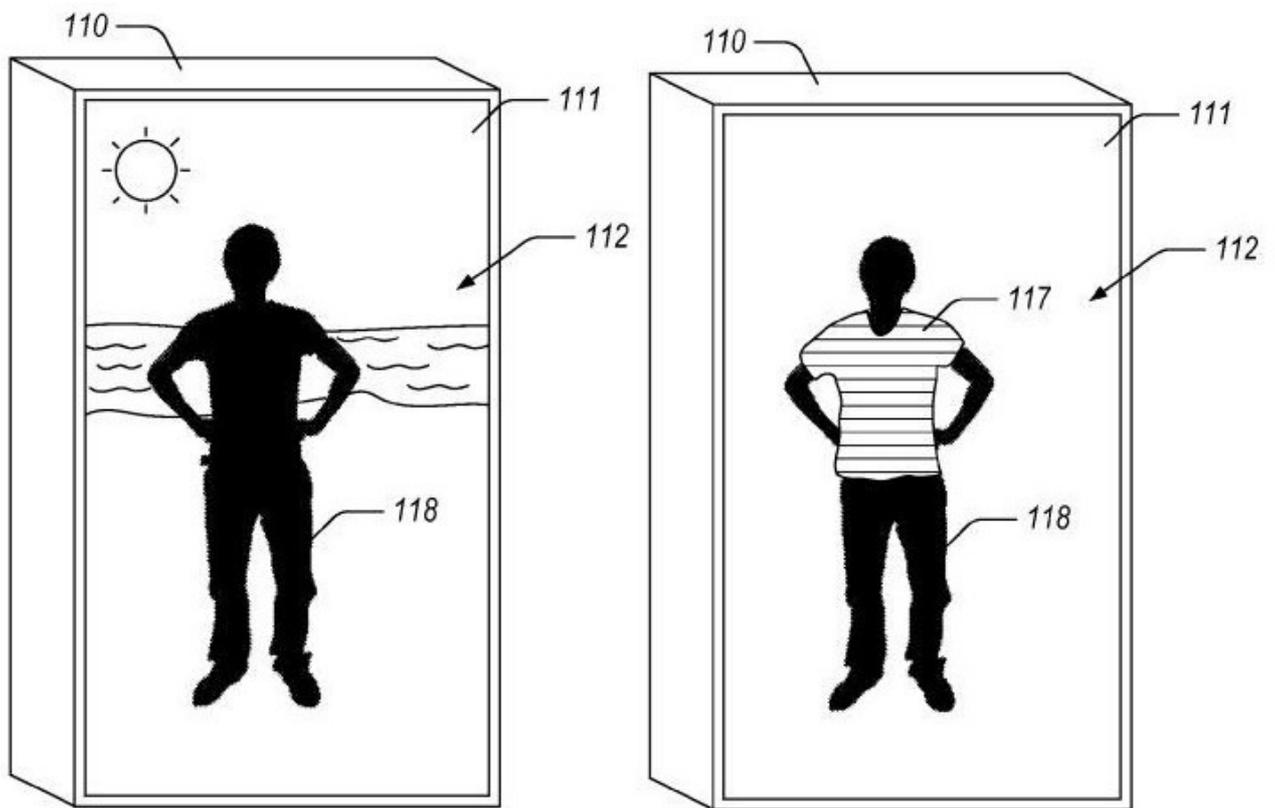


Figura 23. Projeto *Amazon's blended-reality mirror – parte II*. Fonte: (GEEKWIRE, 2018).

O projeto FaceForge (SIEGL et al., 2017)(Figura 24) cria um sistema de multiprojeção que pode projetar sobre geometrias de alvo não-rígidas formas digitais em performances ao vivo com múltiplos espectadores (SIEGL et al., 2017).



Figura 24. Projeto FaceForge. Fonte: (SIEGL et al., 2017).

Ambos os projetos não anulam a realidade tangível, pelo contrário partem dela construindo uma relação digital-real para estabelecer uma experiência concreta, alternativa e rica em outras formas de detalhes que não são naturalmente acessados a olho nu.

2.6 Interfaces digitais sobre a pele: realidade aumentada e tatuagens

Projetos envolvendo realidade aumentada e interfaces digitais sobre a pele (MAURICIO et al., 2015; CALMON et al., 2015, BLUE SKY DESIGNS, 2016; ROHACHOVA et al., 2016) têm atuado singularmente na criação e desenvolvimento de tatuagens com propriedades dinâmicas, interativas e multimodais somente utilizando o meio digital. A criação desses artefatos por meio de imagens 2D, 3D, animações, vídeos, efeitos sonoros e hápticos sugerem que a pele desempenha um papel de interface epitelial com características responsivas resultantes da relação entre sujeito (tatuado), objeto (tatuagem digital) e ambiente que podem ser amplamente explorados em contextos artísticos dinâmicos onde o uso dessa nova modalidade de tatuagem mistura as fronteiras entre artes visuais, arte performativa, arte interativa e arte de ação, ao ser capaz de atuar não só no campo visual, mas também no auditivo e tátil por parte do espectador (KWASTEK, 2013). Os projetos com mais destaque ao longo dos últimos oito anos são mostrados na (Figura 25).



Figura 25. Projetos envolvendo interfaces digitais sobre a pele e tatuagens. (a) Projeto Think an App (DYBWAD, 2010) (b) Projeto Live Augmented Reality Tattoo. Fonte: (<https://www.youtube.com/watch?v=zpa2tviSzxY>) (c) Projeto RA do Nintendo DS. Fonte: (NINTENDO LIFE, 2011; WIINOOB, 2011) (d)

Projeto Augmented Reality Spider Tattoo. Fonte: (<https://vimeo.com/48680866>) (e) Projeto Modern Polaxis. Fonte: (RUMBLE VIRAL, 2015) (f) Projeto Holoz Tatts. Fonte: (https://www.youtube.com/watch?v=RvZTA_jC95w) (g) Projeto California Tattoos. Fonte: (<https://www.youtube.com/watch?v=yWSJVJoKt4w>) e (h) Projeto Soundwave augmented reality tattoo. Fonte: (DESIGNBOOM, 2017).

2.7 Descrição dos principais e atuais sistemas de interfaces digitais sobre a pele baseados em RA

As técnicas de rastreamento, interação, registro, visualização e renderização associadas à proposta da aplicação definem o tipo de habilidade e envolvimento que o usuário pode experimentar com a tatuagem aumentada (TA). Para isso, a seguir é feita uma descrição dos principais e atuais sistemas de interfaces digitais sobre a pele baseados em RA disponíveis ao público, (Figura 26).

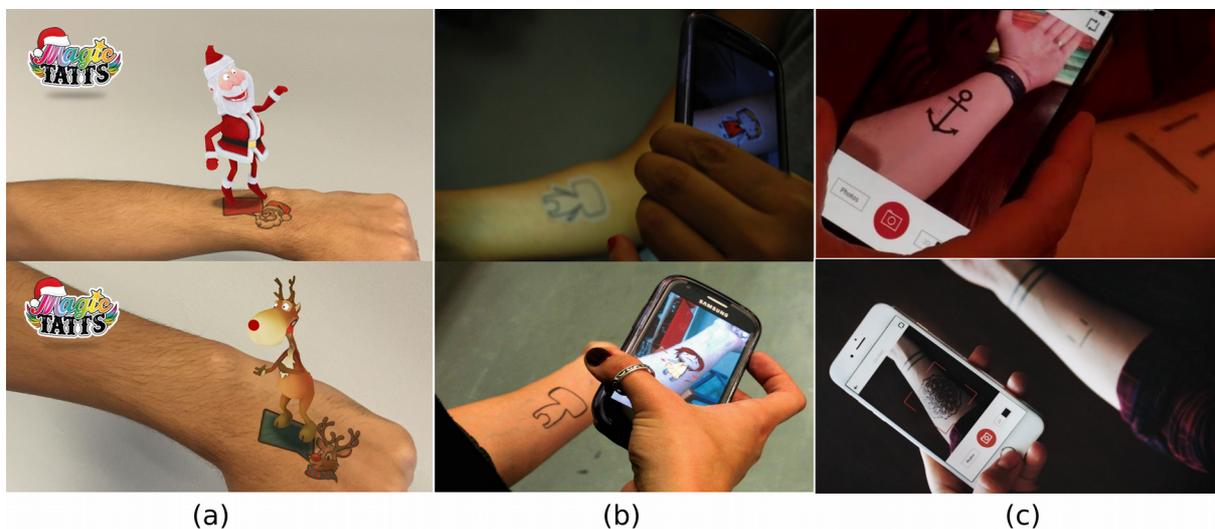


Figura 26. Aplicações (a) Aplicação Magic Tatts. Fonte: (BLUE SKY DESIGNS, 2016), (b) Aplicação TattooAR. Fonte: (MAURICIO et al., 2015) e (c) Aplicação Ink Hunter. Fonte: (ROHACHOVA et al., 2016).

TattooAR

Em TattooAR (MAURICIO et al., 2015) são apresentados dispositivos computacionais, em que um marcador da aplicação de RA (Figura 27), de material transparente, é colocado sobre a superfície da pele fornecendo informação para sobreposição da tatuagem aumentada. Nessa aplicação a TA é gerada dentro do contorno definido pelo marcador e o usuário a partir de um dispositivo eletrônico com algum sistema operacional, câmera e tela pode visualizar a TA em sua pele. O contorno do marcador não é apagado, não são detectadas as deformações da pele, nem há tratamento de possíveis oclusões do marcador utilizado, de modo que, se um objeto for interposto parcialmente entre o marcador e a câmera, o sistema não é capaz de gerar a tatuagem aumentada.

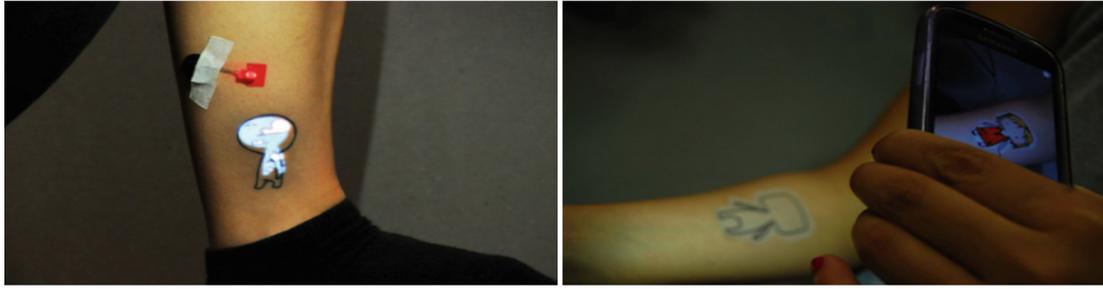


Figura 27. Marcador da aplicação de RA em TattooAR e a imagem sobreposta. Fonte: (MAURICIO et al., 2015).

Magic Tatts

Em Magic Tatts (BLUE SKY DESIGNS, 2016) amostras de tatuagens são acopladas a pele (Figura 28) para fornecer informação de rastreamento. A imagem capturada é comparada com as imagens das amostras armazenadas em um banco de dados da aplicação. Depois que a imagem é identificada no banco de dados, uma animação 3D da respectiva amostra de tatuagem aparece flutuando sobre a pele (Figura 29). Nessa aplicação não há tratamento gráfico para tornar a animação mais realista em relação a imagem de pele capturada que é vista na tela. Além disso, o usuário tem seus movimentos constrangidos, uma vez que a movimentação do corpo interfere na captura de informações de rastreamento realizada pela aplicação.



Figura 28. Amostras de tatuagem em Magic Tatts. Fonte: (BLUE SKY DESIGNS, 2016).

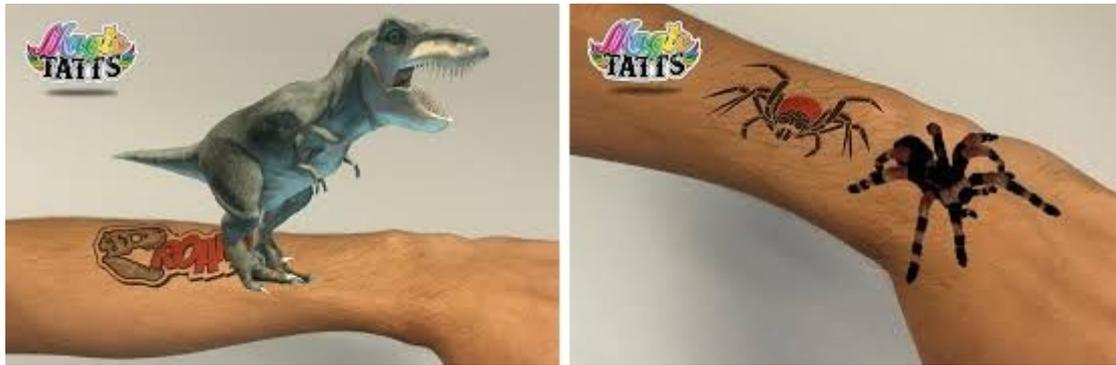


Figura 29. Imagens das interfaces digitais geradas por Magic Tatts. Fonte: (BLUE SKY DESIGNS, 2016).

Ink Hunter

Em Ink Hunter (ROHACHOVA et al., 2016), a aplicação fornece uma visualização de tatuagem por meio de RA para auxiliar na decisão de uma inscrição tradicional na pele. Nesse sistema, um marcador de três traços é desenhado com caneta comum e os processos computacionais empregados apresentam um grau de detecção dos limites da pele na imagem. Porém, a imagem da TA gerada não acompanha deformações naturais da superfície da pele para realizar a sobreposição da tatuagem aumentada, isto é, se o usuário movimentar o braço, a TA se move acompanhando o rastreamento da aplicação, mas não as características físicas da pele ali presentes, assim nessa aplicação técnicas de recorte são utilizadas para que a TA não ultrapasse a área de pele na imagem (Figura 30).

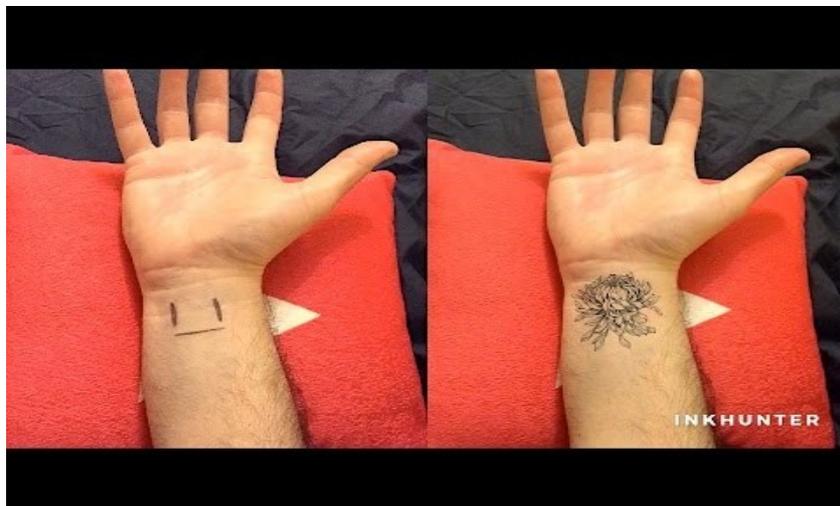


Figura 30. A imagem a esquerda mostra o marcador de três traços desenhado na pele e a imagem a direita a tatuagem virtual sobreposta. Fonte: (ROHACHOVA et al., 2016).

Os trabalhos mencionados previamente como (MAURICIO et al., 2015), projetos comerciais (BLUE SKY DESIGNS, 2016) e aplicativos para dispositivos móveis (ROHACHOVA et al., 2016) abordam a pele como um suporte para aplicação de RA. Entretanto, poucos trabalhos têm atuado de modo a considerar a pele de fato como uma superfície interativa (CALMON et al., 2014; CALMON

et al., 2015; CALMON, 2015).

2.8 Interfaces digitais sobre a pele: *New Tattoo*

Em Calmon (2015) um novo sistema de realidade aumentada para interfaces digitais sobre a pele é proposto (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015). Esse sistema permite uma exploração da pele como superfície interativa, considerando assim as características físicas da pele (ex: rugas, pintas, pelos, entre outros) e movimentações do corpo. O novo sistema apresenta funcionalidades computacionais desenvolvidas para gerar interfaces digitais dinâmicas integradas as diversas características da pele do usuário sem que este necessite de equipamentos sofisticados para utilizar o sistema. Em *New Tattoo* basta uma câmera digital simples ligada a um computador para que o usuário utilize o sistema.

Nesse sistema são investigados diversos fatores de vestibilidade no contexto da pele como interface epitelial – (i) localização (regiões aptas aos marcadores), (ii) movimentação e características da pele (tonalidade, presença de pelos e marcas, tipos de movimentos naquela região), (iii) métodos de acoplamento (marcador na/sobre a pele), (iv) acessibilidade (visual, auditiva, tátil ou cinestésica no corpo), (v) interação (sistema-usuário), (vi) estética (formato do marcador em relação à região de acoplamento e criação da TA), (vii) isolamento (o material usado nos marcadores não pode interferir no desempenho do corpo), (viii) conexão e comunicação (informações capturadas, transferência das informações e uso pelos dispositivos do sistema), (ix) manutenção (marcadores e dispositivos do sistema). A pele recebe um conjunto de marcadores discretos, superficiais, não invasivos, e manuscritos através de canetas comuns, ou corretivo líquido, inscritos em qualquer região do corpo, e removíveis (Figuras 31 e 32). Quando a imagem dos marcadores é capturada por uma câmera conectada ao sistema, a imagem da interface digital surge sobre a pele (Figure 33).

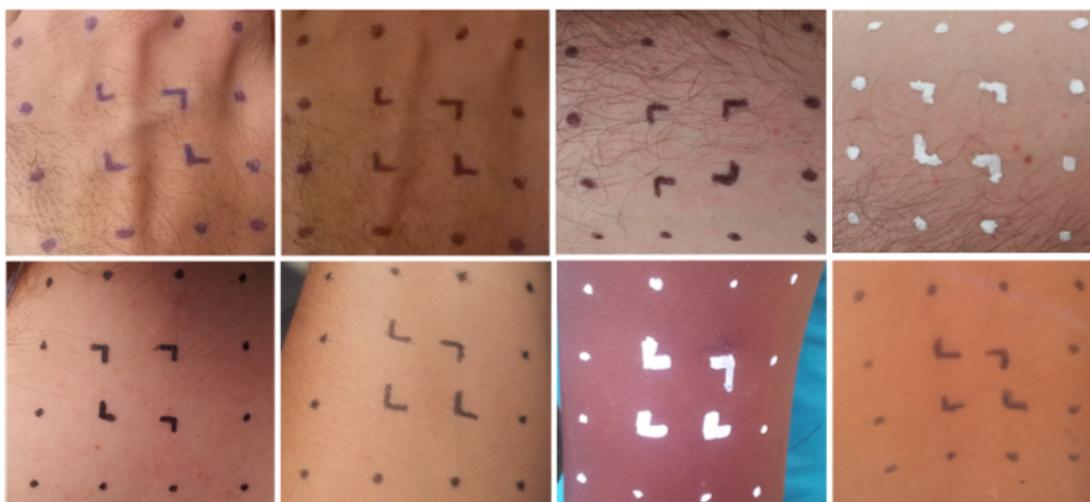


Figura 31. Marcadores na pele. Fonte: (CALMON, 2015).



Figura 32. Imagem capturada pelo Sistema New Tattoo.



Figura 33. Sistema New Tattoo em execução.

O *New Tattoo* funciona a partir do seguinte fluxo de ações (Figura 34) já detalhadamente definido em (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015).



Figura 34. Fluxo de ações executadas no sistema. Fonte: (Adaptada de CALMON et al., 2014).

Através da análise da imagem de pele com o marcador, é feita uma busca de informações para a segmentação da pele, preservação da textura, identificação dos marcadores centrais, e periféricos, e gerenciamento de possíveis oclusões desses marcadores (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015). Com base nas informações adquiridas pela posição dos marcadores, é construída e renderizada uma malha com a tatuagem aumentada em imagem separada (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015). Uma máscara de pele é utilizada para não renderizar as partes que não estão sobre a pele. Os marcadores são removidos da imagem original capturada e substituídos pela textura da pele (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015;

CALMON, 2015). A imagem da tatuagem editada pela máscara de pele é sobreposta à imagem original após o processo de remoção dos marcadores. Realizado esse processo, a imagem encontra-se pronta para ser exibida (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015). O processo é realizado de forma a gerar a tatuagem em tempo real. Uma vez gerada é capaz de acompanhar a movimentação do corpo, possíveis deformações da pele, no momento em que elas acontecem, e oclusões de até quatro marcadores, devido ao posicionamento da superfície da pele em relação à câmera ou algum objeto interposto parcialmente entre a pele e a câmera (CALMON et al., 2014; CALMON et al., 2015; CALMON, 2015) .

3 Virtual e Real⁴

No escopo desta pesquisa, antes de prosseguir para uma análise mais detalhada dos sistemas de interfaces digitais sobre a pele envolvendo RA e tatuagens, é preciso definir em que sentido os termos “virtual”, “digital” e “real” estão sendo empregados. Como já explicitado anteriormente, neste trabalho os termos destacados não se opõem entre si. Ou seja, o “virtual” e o “digital” não designam algo perfeitamente contrário ao “real” como sugerido por uma denominação tecnológica persistente ao longo da história (FILHO, 2005). Portanto, o termo “real” nessa pesquisa é empregado no sentido de mundo físico. Já as concepções envolvendo o termo “virtual” e “digital” serão desenvolvidas a seguir.

Segundo Edmoud Couchot, as novas tecnologias e os modelos numéricos (digitais) não abandonam a “representação do real”(COUCHOT, 1993; FILHO, 2005), mas passam a uma “simulação do real” (COUCHOT, 1993; FILHO, 2005). De acordo com Levy (1993) em Filho (2005), “[...] A realidade simulada se constituiria como “uma realidade cuja única realidade é virtual”” (LEVY, 1993.p. 42; FILHO, 2005, p.49). E portanto, o termo virtual significaria a auto-referência a “ [...] uma realidade sintetizada, artificial, sem substrato material” (FILHO, 2005, p.49) e o “digital” produto direto de um modelo numérico de representação(COUCHOT, 1993). Como neste trabalho não há um ponto de vista dicotômico entre real e virtual e certos autores consideram, por exemplo, a própria linguagem como uma forma de virtualização ou simulação do seres (FILHO, 2005, p.52), o termo “virtual” então aqui empregado refere-se as concepções de autores como Bergson, Deleuze, Pierre Lévy e Weissberg, onde virtual é “ [...] um conceito que exprime uma certa dimensão do real, uma parte que o integra [...]”(FILHO, 2005, p.53). O importante aqui é a “[...] capacidade do virtual de fazer pensar as várias tecnologias da imagem (...) que não implicaria um regime de simulação desenfreada, e que não excluiria algum tipo de referência ou relação com aquilo que é chamado “realidade” ”(FILHO, 2005, p.53). Segundo Weissberg (1997), “[...] a nossa época teria “apenas” a particularidade de “ter feito nascer entidades híbridas, situadas entre o que é real (segundo o modo do objeto) e o que não é (segundo o modo da representação)””(FILHO, 2005, p.52).

3.1 Real e Possível

4 As categorias “Virtual, Real, Possível e Atual” como também os termos “virtualização e potencialização” aqui apresentados foram desenvolvidos por Luiz Augusto Coimbra de Rezende Filho em 2005. O presente capítulo é fortemente baseado na exploração dessas categorias e termos, fazendo extenso uso dos desenvolvimentos do mencionado autor.

Segundo os desenvolvimentos de Luiz Augusto Coimbra de Rezende Filho (2005) a partir dos autores Pierre Levy e Giles Deleuze sobre “virtual” e “real”, o real refere-se ao mundo físico em toda a sua materialidade em oposição ao “possível”, onde este seria um real ainda não concretizado.

“O real diz respeito, nos termos de Lévy, às “coisas persistentes e resistentes que subsistem” (1996: 145) no pólo manifesto ou “realizado” do mundo – ou seja, a “realidade”, tal como o próprio senso comum a entende. Já o possível diz respeito ao “conjunto de possibilidades predeterminadas” que, de forma latente, insistem sob a realidade (1996: 145), que não se encontram realizadas, que não têm existência, nem são “reais”, mas podem vir a sê-lo.” (FILHO, 2005, p.55).

Um exemplo claro dessa questão seria o armazenamento digital de arquivos e textos, onde o arquivo e/ou texto uma vez acessados pelo usuário consistiria na manifestação real do objeto arquivo e/ou texto. Já a capacidade dos conjuntos de bits de se manifestarem como qualquer arquivo e/ou texto representa a potencialização dessa realidade.

“o armazenamento informático de arquivos e textos (1996: 40), já que, ao gravar os arquivos na memória do computador, constitui-se uma reserva, numericamente finita e logicamente fechada (1996: 39), de possibilidades de textos ou arquivos que podem ser abertos ou exibidos na tela do computador, de acordo com as escolhas do operador. Já a realização é o processo através do qual tudo o que é da ordem do possível ganha, justamente, existência material, vindo a se realizar. Assim, entre as várias possibilidades de arquivos que podem ser abertos ou exibidos em um editor de texto, por exemplo, só se pode realizar (escolher) um a cada momento, dentro de um conjunto previamente determinado e limitado. Essa seleção que faz o que é da ordem do possível passar à realidade implica uma irreversibilidade e uma exclusão de todas as outras possibilidades (...)”(FILHO, 2005, p.56-57).

Assim, a “[...] dinâmica do real e do possível é característica das situações e dos sistemas fechados,

cujas “respostas” ou alternativas já se encontram previamente prontas e estabelecidas.” (FILHO, 2005, p.57).

3.2 *Virtual e Atual*

Segundo Filho (2005) “Se o virtual se apresenta como um campo de problemas, como uma configuração dinâmica de tendências, de forças, de finalidades e de coerções, o atual é a criação, a invenção, de uma solução particular e contingencial”(FILHO, 2005, p.57) para um campo imprevisível de problemas (FILHO, 2005, p.57). Ou seja, a diferença entre a dinâmica virtual/atual e real/possível é a “criação de algo novo, algo não anteriormente contido no problema” (FILHO, 2005, p.57). De acordo com Filho (2005), a dinâmica virtual/atual se manifesta na criação de uma solução particular de um problema específico dentro de um aqui-agora singular (FILHO, 2005, p.58).

“o virtual também se opõe ao possível, pois ele implica, ao contrário do possível (estático e já constituído), a colocação de um problema cuja solução não está determinada de antemão, mas que, justamente, demanda a sua criação de acordo com coerções e circunstâncias próprias, em um processo que é mais que a seleção de uma possibilidade entre várias (...) a invenção de uma forma particular, uma solução particular criada segundo condições específicas de um aqui-agora particular.”(FILHO, 2005, p. 58).

De acordo com a abordagem de Filho (2005) o atual e o virtual são indissociáveis (FILHO, 2005, p.58) e portanto transitam de um ao outro segundo os processos de “atualização” e “virtualização” que não se confundem, e sim explicam um ao outro (FILHO, 2005, p.58). Visto que a virtualização consiste na formulação de um problema diante de uma atualidade e esta corresponde a resolução transitória do problema apresentado pela virtualização (FILHO, 2005, p.58).

“A virtualização consiste, justamente, na formação – a partir de uma situação, acontecimento ou objeto atuais, dotados de uma forma determinada e instanciados num “aqui e agora” – de um complexo de problemas e forças

que redefinirão esse atual de partida através de um processo de resolução, de busca de uma nova forma que responda a determinada questão. Esse processo, por sua vez, é a atualização”(FILHO, 2005, p.58).

Os desenvolvimentos de Filho (2005) sugerem também que a virtualização produziria uma “mutação de identidade” (FILHO, 2005, p.59) , “[...] uma heterogênese (um tornar-se outro) do humano e do mundo. Já a atualização é o ato de criação propriamente dito dessa nova forma, dessa heterogênese, a partir de uma configuração circunstancial e dinâmica de forças e finalidades” (FILHO, 2005, p.59). A solução gerada em ambos os processos configuraria uma solução atual, podendo ser “desestabilizada por uma outra virtualização” (FILHO, 2005, p.59).

Deste modo, tecnologias digitais como realidade virtual e realidade aumentada possibilitam experimentações de criações híbridas ricas em “realidade”, “potencialidades”, “virtualidades” e “atualidades”.

3.3 Realidade Aumentada e Realidade

“*Todo atual se envolve de uma névoa de imagens virtuais*” (DELEUZE & PARNET in FILHO, 2005, p.59)

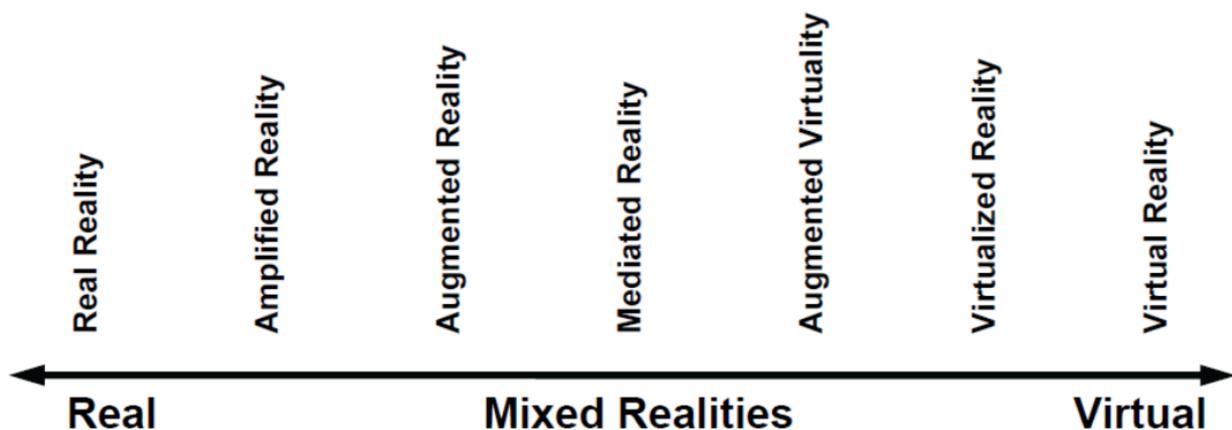


Figura 35. Realidade-Virtualidade espectro. Fonte: (CHATZOPOULOS et al.,2017).

Segundo Lichty (2014), aplicações RA são projetadas dentro de modalidades de “aumento” (Figura 35), resultando em diferentes relações entre o usuário, a ampliação (the augment) e o ambiente.

“the 'gesture' as I call it, consists of a line of attention/flight between the interactor and the superimposed media overlaid in the given environment, such as attention given to a piece of media situated in 3-space, or by orientation as in the case of fiducial tracking. As one can imagine, the semiotic relationship between the interactor, the environment, and the augment becomes complex, as simple media overlays become multi-faceted interactive experiences to dynamic augmented spaces that can be updated on the fly (...) (LICHTY, 2014)”.

Já de acordo com Schraffenberger (2014) as características espaciais atreladas ao conteúdo RA abrangem diferentes formas de “ampliação” da realidade, sendo possível ampliar ambientes, objetos, pessoas, informação e percepção. Dentro do escopo deste trabalho os sistemas mais relevantes de interfaces digitais sobre a pele baseados em RA foram analisados segundo o modo e o nível de “ampliação” da realidade que são capazes de fornecer.

3.4 Interações entre os domínios digital e real

Os métodos usados para projetar interações entre os domínios digital e real usando RA, variam de acordo com as técnicas de rastreamento, interação, registro, visualização e renderização empregadas (ZHOU et al., 2008). Segundo Gervautz e Schmalstieg (2012) duas formas principais de interação são desenvolvidas e exploradas quando o usuário utiliza uma aplicação RA. A interação incorporada (embodied interaction)(Figura 36), focada na manipulação direta do dispositivo que fornece o acesso ao conteúdo digital (GERVAUTZ & SCHMALSTIEG, 2012) e a interação tangível (tangible interaction)(Figura 37), onde a manipulação direta do objeto digital gera toda a experiência com a aplicação criada.

“Embodied interaction focuses on the device itself (through device movements and the touchscreen) to interact with virtual objects in the scene. Examples include navigation, pan-and-zoom by moving the device relative to the scene, actions triggered by changes in the device’s orientation or distance, screen gestures, or tapping on the touchscreen” (GERVAUTZ & SCHMALSTIEG, 2012,

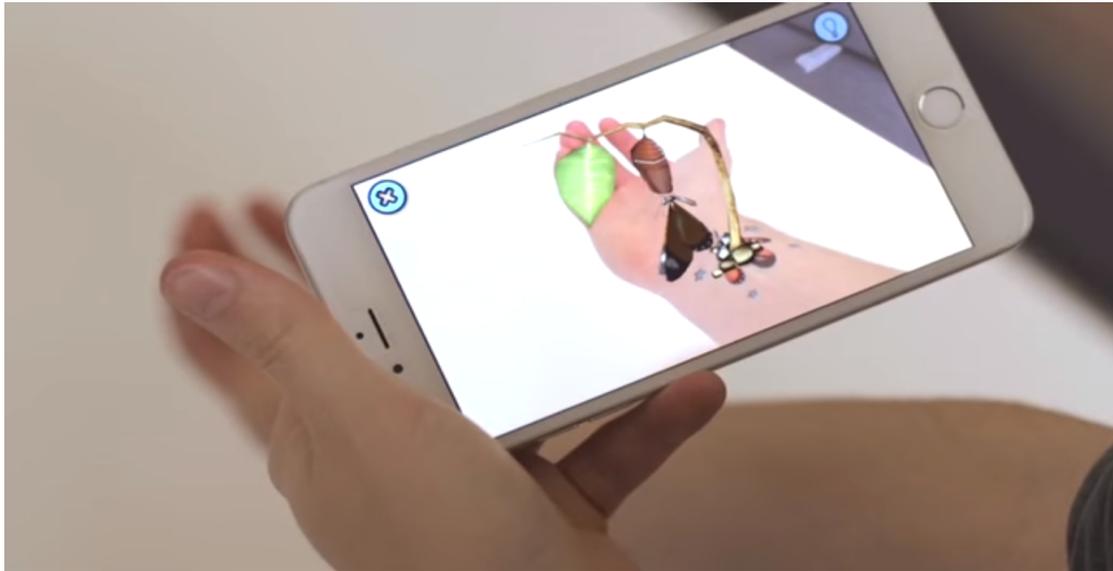
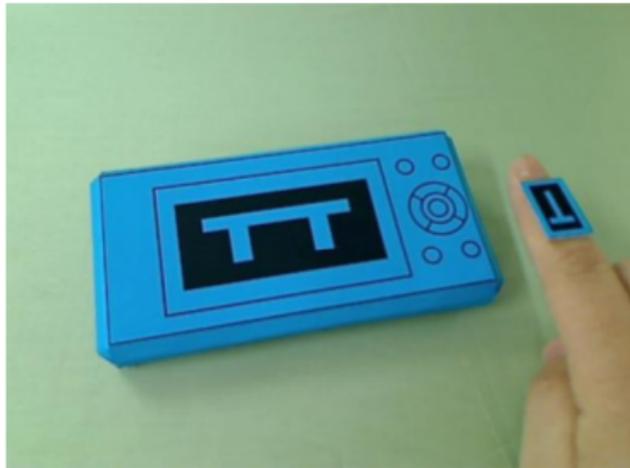


Figure 36. Interação incorporada no projeto Starz AR - Living Tattoos & Stickers (2015). Fonte: (STARZ AR, 2015)

“Tangible interaction is based on direct manipulation of known objects—the user reaches into the scene and moves objects that exist in the real world. Actions can be triggered by the appearance or disappearance of objects in the view, a change in an object’s position and orientation, the proximity of two or more objects, gestures, or a combination of these. In most use cases, virtual content attached to the objects moves with the object when it is manipulated” (GERVAUTZ & SCHMALSTIEG, 2012, p.28).



(a)



(b)

Figura 37. Interação tangível. (a) O objeto real na forma de um marcador e (b) o objeto virtual. Fonte: (PARK et al., 2014.).

No entanto, segundo Billinghurst (2015) há atualmente quatro modalidades de interação a partir de quatro tipos de interfaces: (i) navegadores de informação (*information browsers*), interfaces 3D ao usuário (*3D User Interfaces*), (iii) interfaces tangíveis ao usuário (*Tangible User Interfaces*) e (iv) interfaces naturais ao usuário (*Natural User Interfaces*) (BILLINGHURST et al., 2015). A diferença entre elas seria:

- Navegadores de informação: Interfaces executadas na tela de dispositivos eletrônicos para mostrar informações de RA no mundo real (BILLINGHURST et al., 2015) (Figura 38).

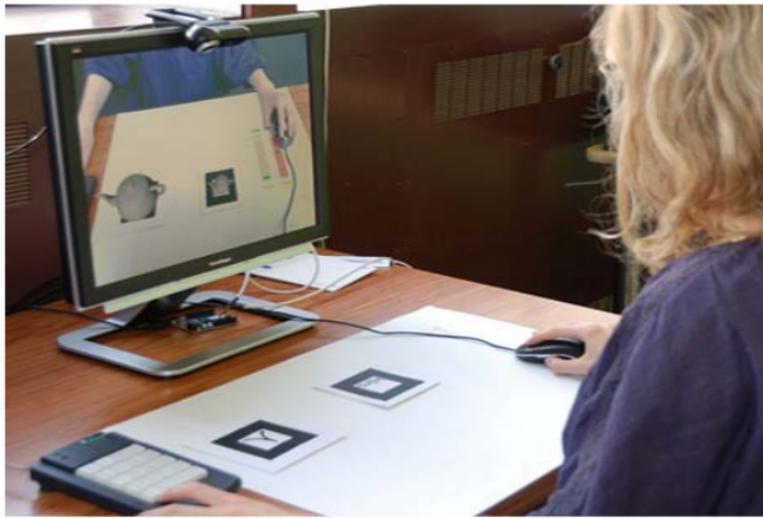


Figura 38. Exemplo de “navegadores de informação”. Fonte: Adaptada de (DUNSER et al., 2010).

- Interfaces 3D ao usuário: utiliza técnicas de interação 3D para manipular o conteúdo no espaço (BILLINGHURST et al., 2015) (Figura 39).



Figura 39. Exemplo de interface 3D ao usuário. Fonte: (Adaptada de BILLINGHURST et al., 2015).

- Interfaces tangíveis ao usuário: utiliza objetos reais para interagir com o conteúdo virtual da RA (BILLINGHURST et al., 2015)
- Interfaces naturais ao usuário: utiliza como informação de entrada do sistema, o corpo, por exemplo, o livre e natural gesto da mão para manipular o conteúdo digital (BILLINGHURST et al., 2015) (Figura 40).



Figura 40. Exemplo de interfaces naturais ao usuário (BILLINGHURST et al., 2015; LEE&HOLLERER, 2007). Fonte: Adaptade de (LEE&HOLLERER, 2007).

Projetos como “*Merging Realities*” (2016) e “*The hologram in my hand*” (2018) (Figura 41) têm desenvolvido novas investigações em relação a capacidade natural de percepção e interação humana com o digital por meio de realidade aumentada tangível e imersiva.

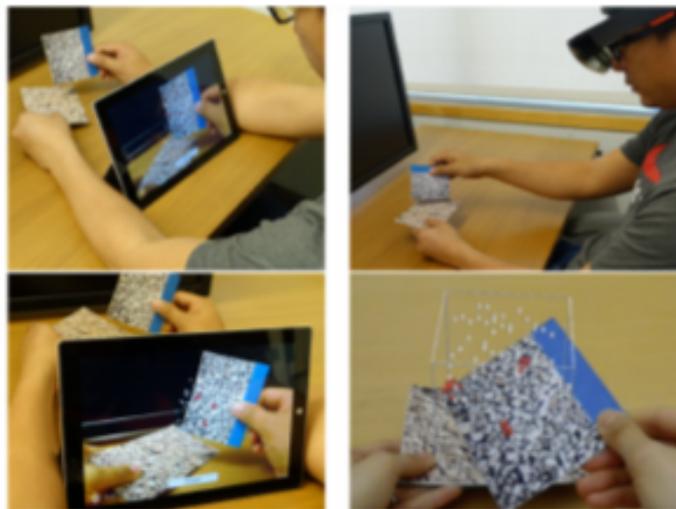


Figura 41. Projeto “The hologram in my hand”(2018). Fonte: (BACH et al., 2018).

4 Avaliação de sistema de interfaces de pele para tatuagem aumentada

4.1 Comparação entre sistemas

Para um melhor entendimento do potencial do novo sistema de interfaces de pele para tatuagem aumentada denominado New Tattoo, foram definidos um conjunto comparativo de testes entre os principais sistemas disponíveis atualmente. Para a presente pesquisa, os testes comparativos visam avaliar e identificar as características mais relevantes das funcionalidades oferecidas pelos principais sistemas disponíveis considerando imagens estáticas (Figura 42).



Figura 42. Algumas amostras exemplo de imagens teste analisadas. Primeira fileira: imagens teste para o sistema New Tatto, segunda fileira: imagens teste para a aplicação MagicTatts; e terceira fileira: imagens teste aplicação Ink Hunter.

Como parte do conjunto de testes do novo sistema, além dos testes de performance e robustez exaustivamente realizados em (CALMON et al., 2015), selecionamos as duas aplicações de tatuagens aumentadas (Magic Tatts e Ink Hunter) recentes e disponíveis ao público comum para comparar a qualidade da imagem da TA fornecida: (i) Magic Tatts, uma vez que fornece animações 3D em amostras definidas de tatuagens anexáveis ; (ii) Ink Hunter, uma vez que fornece TAs com

aspecto realista e estáticas usando um simples marcador fiducial de três traços desenhado sobre a pele.

O protocolo de testes foi definido como abaixo (Tabela 1):

- Foram utilizados dez voluntários, cada um dos dez indivíduos com características de pele diferentes. Estes forneceram um subconjunto de imagens de qualidade (720p) e tamanho (1280x720) a partir de imagens feitas por duas câmeras digitais (compacta Sony cyber-shot 14.1 mega pixels lente carl zeiss 2,7-5,7/4,7-18,8; e celular LG P700) em ambiente de iluminação não controlada.
- Cada um dos subconjuntos fornecidos apresentou uma variação nas características do marcador (design, material e cor).
- Cada um dos subconjuntos apresentou uma variação no posicionamento da câmera.
- Cada um dos subconjuntos apresentou uma variação na posição relativa do sujeito em relação a câmera.

Sistemas de Tatuagens Aumentadas	Magic Tatts	Ink Hunter	Novo sistema
Número de indivíduos testados	10	10	10
Número total de imagens testadas	138	105	157
Média de imagens por indivíduos	13.8±5.41	10.5±9.21	15.7±8.77

Tabela 1. Apresentação do conjunto de dados analisados.

Os resultados foram organizados em três parâmetros analisados (Tabela 2).

Sistemas de Tatuagens Aumentadas	Magic Tatts	Ink Hunter	Novo sistema
Número de TAs geradas considerando apenas variações nas características de pele	98	85	123
Número de TAs geradas considerando	0	8	4

apenas deformações na região de pele onde está a TA			
Número de TAs geradas considerando apenas oclusão	32	0	9
Número de TAs não geradas	8	12	21

Tabela 2: Apresentação dos resultados dos testes comparativos.

1) A qualidade visual da imagem apresentada considerando apenas variações das características de pele dos indivíduos testados.

Os três sistemas - Magic Tatts (98 imagens ~ 71,01%), Ink Hunter (85 imagens ~ 80,95%) e o novo sistema TA (123 imagens ~ 78,34%) - apresentaram TAs com boa qualidade de imagem considerando somente variações na pele (exemplo, cor da pele, pêlos na pele, manchas na pele).

2) A qualidade visual da TA exibida considerando apenas deformações na pele.

Nesse segundo parâmetro, Magic Tatts não exibiu qualquer TA diante de uma região de pele com deformação. Ink Hunter (8 imagens ~ 7,61%) apresentou resultados baixos e novo sistema AT (4 imagens ~ 2,54%) também apresentou um baixo resultado indicando a necessidade de maiores tratamentos nessa funcionalidade.

3) A qualidade visual da TA exibida considerando apenas oclusões.

No terceiro parâmetro, objetos (pedaços de papel, lápis e canetas) foram introduzidos parcialmente entre a área do marcador e a câmera, também foram consideradas oclusões decorrentes da movimentação do corpo que escondem parcialmente os marcadores. Ink Hunter não exibiu qualquer TA diante das oclusões. Magic Tatts (32 imagens ~ 24,42%) apresentou um resultado inesperado. Já, o novo sistema TA (9 imagens ~ 5,73%) apresentou um resultado baixo para ambos os casos (oclusão por objetos e oclusão por movimento) indicando a necessidade de maiores tratamentos nessa funcionalidade.



Figura 43. Exemplo de imagens que apresentaram falhas ou não geraram a tatuagem. Primeira fileira: imagens teste para o sistema New Tatto, segunda fileira: imagens teste para a aplicação MagicTatts; e terceira fileira: imagens teste aplicação Ink Hunter.

4.2 Testes em vídeo do sistema New Tattoo

Um grande diferencial do New Tattoo é a funcionalidade vídeo, que permite a execução de imagens de pele previamente gravadas para geração das tatuagens digitais e permite a geração da tatuagem considerando movimentos e diferentes luminosidades. Até a presente pesquisa, essa funcionalidade não havia sido explorada com foco em ambientes ricamente dinâmicos em iluminação controlada e nem no escopo de artes visuais, arte performativa, arte interativa e arte de ação. Nessa pesquisa são testados (Tabela 2) os processos computacionais do sistema, principalmente visando avaliações de performance da aplicação, considerando imagens em vídeo e variações de iluminação nos marcadores, como também diversos conjuntos de pele e movimentações espontâneas dos usuários.

Para realização dos testes em vídeo foram selecionados dois ambientes:

Ambiente I - ambiente branco, amplo com iluminação natural em duas fontes (superior e frontal) não controladas e iluminação artificial (superior) (Figura 44).

Ambiente II - estúdio, ambiente fechado, paredes brancas, iluminação artificial em diversas fontes (spots de luz de tungstênio) (Figura 45).

Os participantes foram orientados a percorrer duas distâncias: 4 metros em intervalos de 1 metro (ambiente I) (Figuras 47, 48 e 52) e 3 metros em intervalos de 1 metro (ambiente II) (Figuras 55, 56, 60, 61, 65 e 66). Em ambos os deslocamentos os participantes realizaram trajetórias lineares opostas ao posicionamento da câmera, ou seja, a câmera focou inteiramente o marcador desenhado nas costas dos indivíduos. As tabelas 2, 3 e 4 apresentam um resumo descritivo dos procedimentos e protocolos empregados nos testes. Em todos os protocolos foram fixadas medidas de espectro de luz na região do visível (400 nanômetros a 800 nanômetros nm) para monitorar uma possível interferência das variações de luminosidade na geração da tatuagem aumentada. Em relação a esse monitoramento foi utilizada uma série de três verificações para cada um dos espectros (400nm, 450nm, 500nm, 550 nm) fixados. A aferição das ondas foi realizada através de um fotômetro mão para nos auxiliar a medir quantidade e intensidade de luz nas cenas em vídeo capturadas.

Categoria	Parâmetros	Descrição
Marcador	Tamanho do marcador	Quatro medidas: <ul style="list-style-type: none">• 25x25• 23x23• 21x21• 15x15

	Cor do marcador	Duas cores: <ul style="list-style-type: none"> • preto • azul
	Material do marcador	Dois materiais: <ul style="list-style-type: none"> • caneta marcador • caneta hidrográfica
Câmera	Tipo de câmera	Três câmeras: <ul style="list-style-type: none"> • compacta Sony cyber-shot 14.1 mega pixels lente carl zeiss 2,7-5,7/4,7-18,8. • samsung galaxy j5 13 mega pixels • SLR Canon 7D mark II 20,2 mega pixels
	Resolução	<ul style="list-style-type: none"> • (Sony) 640 x 480 / 30fps • (Samsung J5) FHD 1920x1080 / 30fps • (SLR Canon 7D) 1920 x 1080 / 24 fps
Variáveis externas	Iluminação	Tipos de fonte: <ul style="list-style-type: none"> • natural • luz de tungstênio
	Movimento	Movimentação natural e espontânea em trajetória linear

Tabela 3. Lista de parâmetros que afetam a precisão de rastreamento do New Tattoo.

	Protocolo I	Protocolo II	Protocolo III	Protocolo IV	Protocolo V
Quantidade de participantes	2	1	2	2	2
Dataset de amostras de vídeo	2	1	7	4	5
Quantidade de subconjuntos	8	4	12	12	12

Tabela 4 : Resumo descritivo dos datasets de amostras de vídeo.

	Protocolo I		Protocolo II		Protocolo III		Protocolo IV		Protocolo V	
Dimensões de vídeo analisadas	720	1080	720	1080	720	1080	720	1080	720	1080
Espectros de luz analisados	400 nm	400nm	400nm	400nm	450nm	450nm	450nm	450nm	450nm	450nm
	500 nm	500 nm	500nm	500nm	500nm	500nm	500nm	500nm	500nm	500nm
					550nm	550nm	550nm	550nm	550nm	550nm

Tabela 5: Resumo descritivo das dimensões de vídeos fixadas para cada um dos espectros de luz medidos.



Figura 44. Imagens do ambiente I selecionado.



Figura 45. Imagens do ambiente II selecionado.

Protocolo I

Objetivo: Medir o alcance do rastreamento do marcador a partir da captura de imagens por câmeras sem ajuste de foco manual (Figura 46). Além disso analisar a geração da tatuagem aumentada a partir do fator iluminação natural em ambiente fechado no contraste entre pele e marcador na cor preta (Figuras 49 e 50).

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduo I
- cor marcador: preto
- tamanho do marcador: 23 x 23
- pele: branca com machas e leve deformações na região da coluna
- câmera: sony 2,7-5,7/4,7 – 18,8
- vídeo: 640 x 480
- qualidade: jpeg
- quadros: 30 quadros por segundo
- total deslocamento: 4m
- intervalos de deslocamento: 4 intervalos de 1m

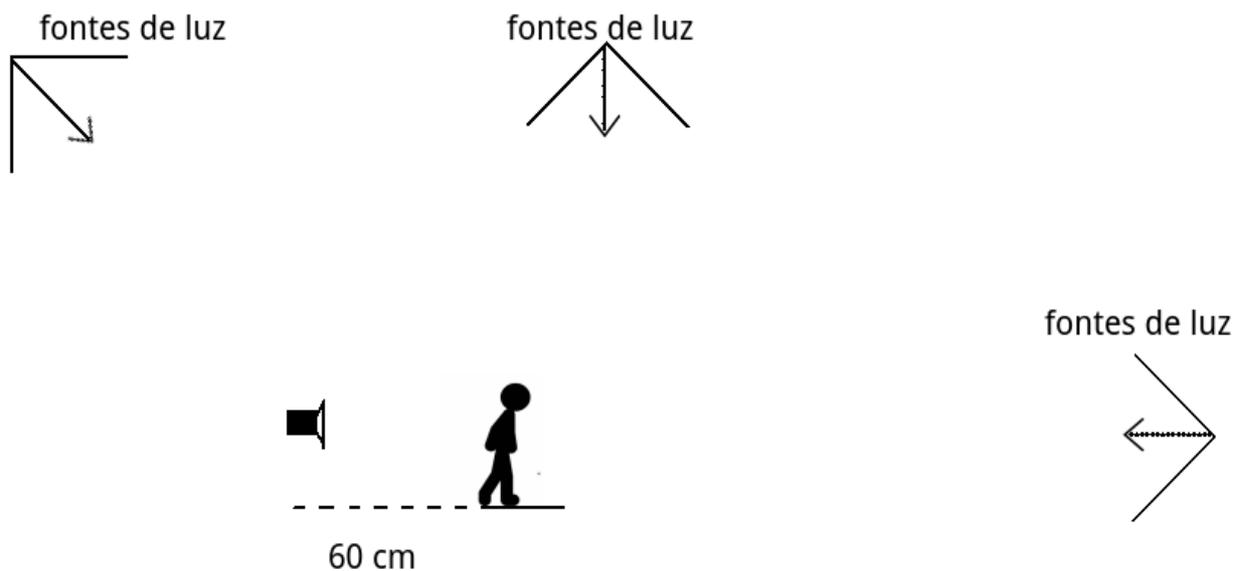


Figura 46. Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo I



Figura 47. Imagens teste parte I – Protocolo I

As Tabelas 6 e 7 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo I

	400 nm	400 nm	400 nm
0	2,6 mW	3,0 mW	1,5 mW
1	1,7 mW	1,6 mW	0,9 mW
2	1,9 mW	1,1 mW	1,3 mW
3	1,0 mW	0,8 mW	0,8 mW
4	0,8 mW	0,3 mW	0,3 mW

Tabela 6. Protocolo 1: testes de iluminação – 400nm – Indivíduo I.

Indivíduo I

	500 nm	500 nm	500 nm
0	1,3 mW	1,1 mW	0,7 mW
1	0,8 mW	1,5 mW	1,5 mW
2	1,1 mW	0,7 mW	1,5 mW
3	0,6 mW	0,5 mW	1,4 mW
4	0,7 mW	0,5 mW	1,4 mW

Tabela 7. Protocolo 1: testes de iluminação – 500nm – Indivíduo I.

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduo II
- cor marcador: preto
- tamanho do marcador: 23 x 23
- pele: branca com presença de pelos
- câmera: sony 2,7-5,7/4,7 – 18,8
- vídeo: 640 x 480
- qualidade: jpeg
- quadros: 30 quadros por segundo
- total deslocamento: 4m
- intervalos de deslocamento: 4 intervalos de 1m



Figura 48. Imagens teste parte II – Protocolo I.

As Tabelas 8 e 9 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo II

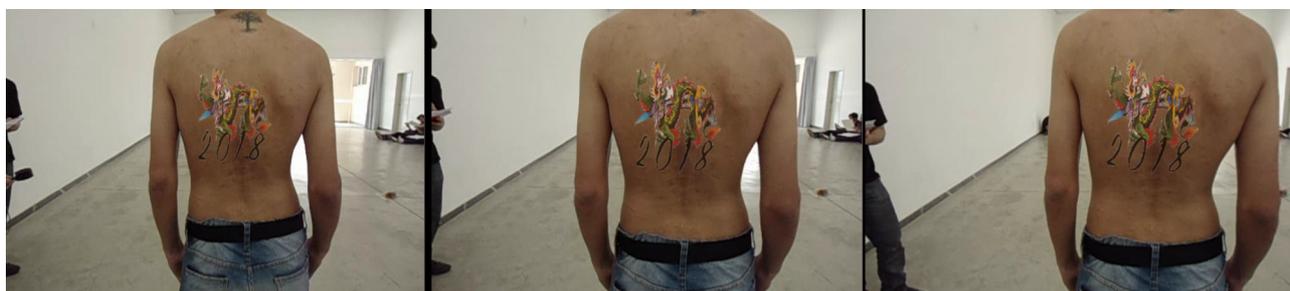
	400nm	400nm	400nm
0	2,2 mW	2,6 mW	2,6 mW
1	2,3 mW	2,4 mW	2,4 mW
2	1,9 mW	3,1 mW	1,8 mW
3	2 mW	1,7 mW	1,5 mW
4	1,8 mW	3,0 mW	1,7 mW

Tabela 8. Protocolo 1: testes de iluminação – 400nm – Indivíduo II.

Indivíduo II

	500nm	500nm	500nm
0	3,1 mW	3,6 mW	3,1 mW
1	2 mW	2,7 mW	2,7 mW
2	1,8 mW	2,2 mW	3 mW
3	1,5 mW	3,6 mW	2,1 mW
4	1,5 mW	1,7 mW	1,9 mW

Tabela 9. Protocolo 1: testes de iluminação – 500nm – Indivíduo II.



720p



1080p

Figura 49: Exemplos da execução do sistema protocolo I – Indivíduo I.



720p



1080p

Figura 50: Exemplos da execução do sistema protocolo I – Indivíduo II.

Protocolo II

Objetivo: Medir o alcance do rastreamento do marcador a partir da captura de imagens por câmeras sem ajuste de foco manual (Figura 51). Além disso analisar a geração da tatuagem aumentada a partir do fator iluminação natural em ambiente fechado no contraste entre pele e marcador na cor azul (Figura 53).

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduo I
- cor marcador: azul
- tamanho do marcador: 25 x 25
- pele: branca com machas e leve deformações na região da coluna
- câmera: samsung j5
- vídeo: FHD 1920x1080
- qualidade: mpeg-4
- quadros: 30 quadros por segundo
- total deslocamento: 4m
- intervalos de deslocamento: 4 intervalos de 1m

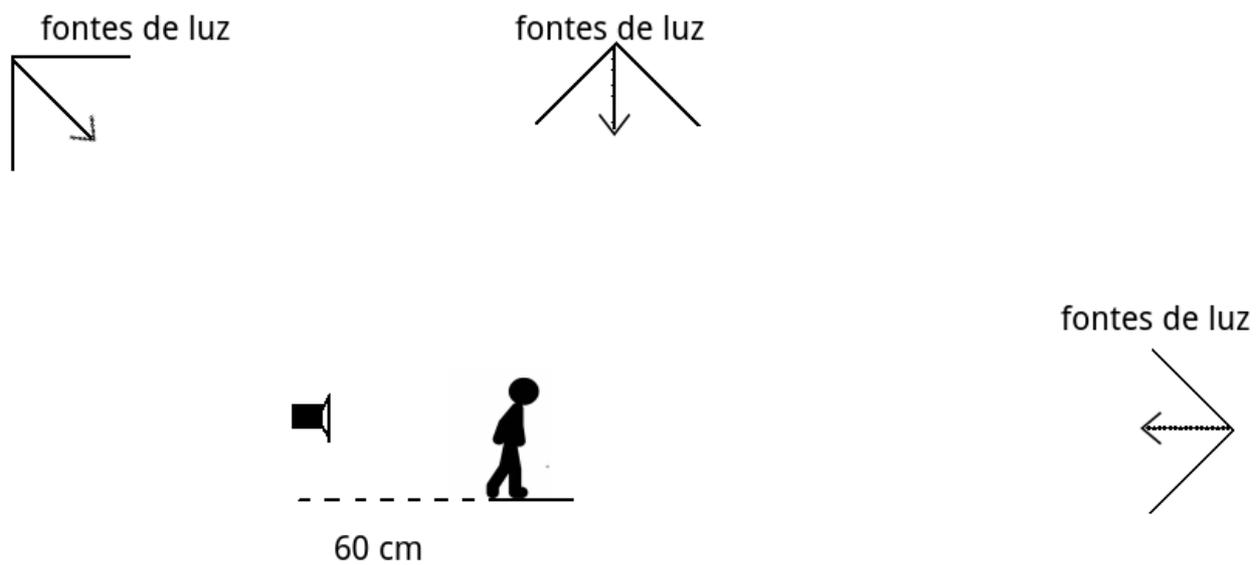


Figura 51: Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo II.

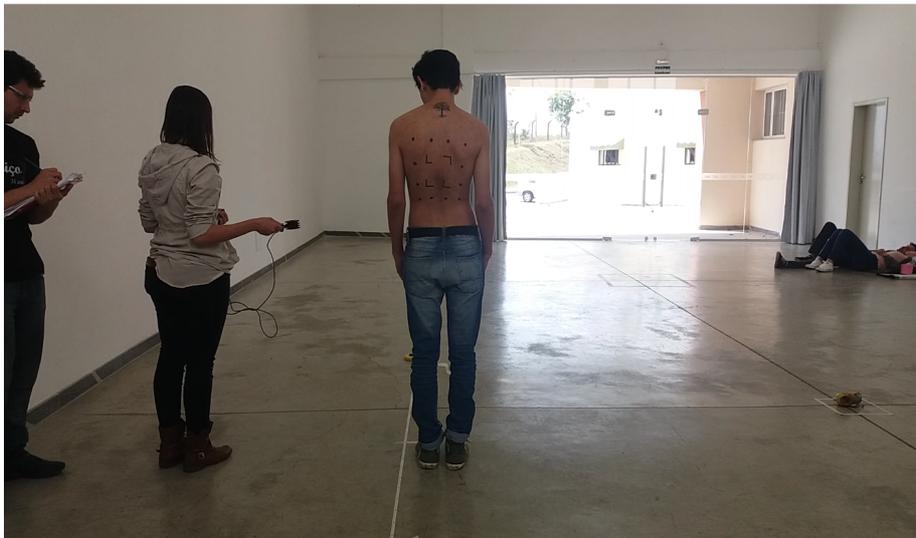
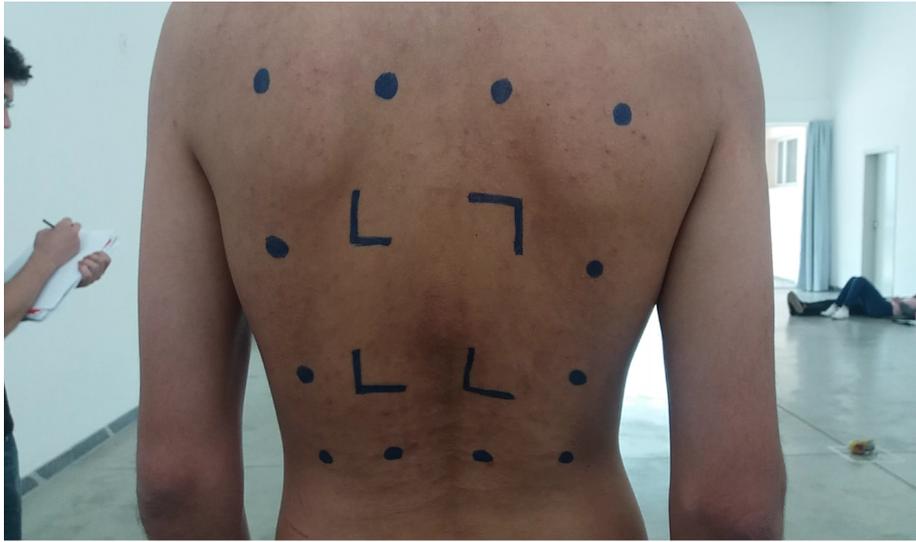


Figura 52. Imagens teste – Protocolo II.

As Tabelas 10 e 11 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo I

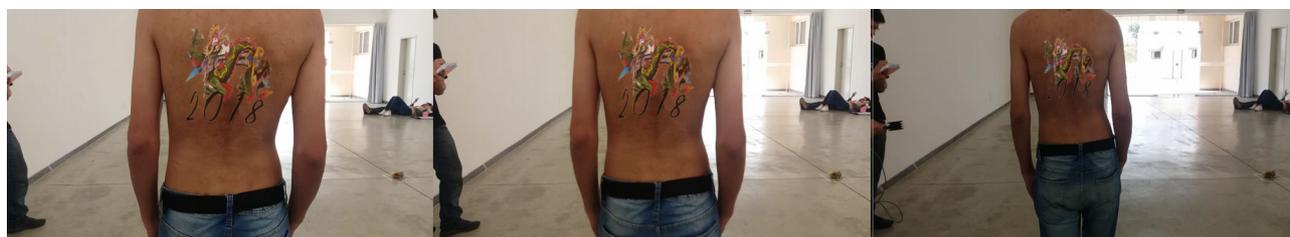
	400nm	400nm	400nm
0	2,7 mW	2,7 mW	2,4 mW
1	1,9 mW	3,9 mW	1,5 mW
2	1,8 mW	1,0 mW	2,7 mW
3	1,7 mW	0,8 mW	2,0 mW
4	1,8 mW	1,9 mW	1,5 mW

Tabela 10. Protocolo 2: testes de iluminação – 400nm - Indivíduo I.

Indivíduo I

	500nm	500nm	500nm
0	2,4 mW	1,4 mW	3,1 mW
1	1,8 mW	2,0 mW	2,9 mW
2	1,9 mW	2,6 mW	2,4 mW
3	1,5 mW	3,7 mW	2,2 mW
4	1,2 mW	2,0 mW	1,7 mW

Tabela 11. Protocolo 2: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo I.



720p



1080p

Figura 53: Exemplos da execução do sistema protocolo II – indivíduo II.

Protocolo III

Luz principal superior.

Objetivo: Analisar o alcance do reconhecimento e rastreamento do sistema segundo uma configuração de iluminação artificial com fonte de luz principal superior que ilumina todo o sujeito e o ambiente na cena capturada em vídeo (Figura 54).

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduos III e IV
- cor marcador: preto
- tamanho do marcador: 15 x 15 e 21 x 21
- pele: branca com leves pelos
- câmera: Canon 7D Mark II
- vídeo: 1920 x 1080
- qualidade: H.264
- quadros: 24 quadros por segundo
- total deslocamento: 3m
- intervalos de deslocamento: 3 intervalos de 1m

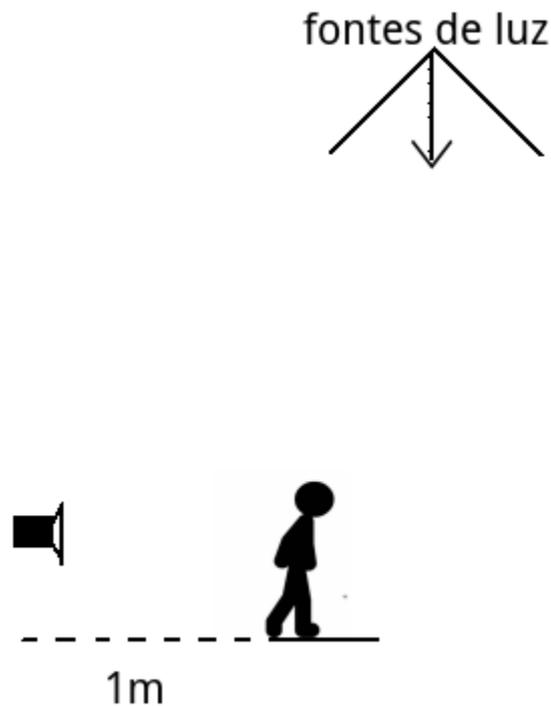


Figura 54. Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo III.

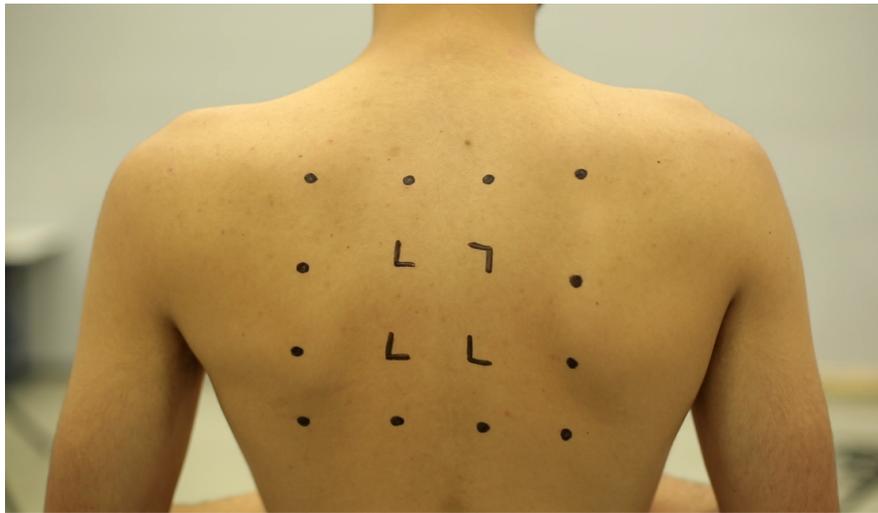


Figura 55. Imagens teste parte I – Protocolo III.



Figura 56. Imagens teste parte 2 – Protocolo III.

As Tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo III

	550 nm	550 nm	550 nm
0	1,3 mW	1,3 mW	1,1 mW
1	1,8 mW	1,9 mW	1,8 mW
2	1,4 mW	1,5 mW	1,0 mW
3	1,2 mW	0,9 mW	0,9 mW

Tabela 12. Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III

Indivíduo IV

	500 nm	500 nm	500 nm
0	1,1 mW	1,5 mW	0,9 mW
1	1,6 mW	1,6 mW	1,2 mW
2	1,8 mW	0,9 mW	1,1 mW
3	0,9 mW	1,0 mW	1,0 mW

Tabela 13. Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV

Indivíduo IV

	550 nm	550 nm	550 nm
0	2,6 mW	1,6 mW	1,6 mW
1	1,9 mW	1,4 mW	1,2 mW
2	2,2 mW	1,6 mW	1,1 mW
3	1,1 mW	0,8 mW	0,9 mW

Tabela 14 Protocolo 3: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV

Indivíduo IV

	450 nm	450 nm	450 nm
0	0,5 mW	0,9 mW	0,3 mW
1	0,2 mW	0,7 mW	0,5 mW
2	0,4 mW	0,4 mW	0,6 mW
3	0,7 mW	0,6 mW	0,9 mW

Tabela 15. Protocolo 3: testes de iluminação – 450nm – Indivíduo IV

Indivíduo III

	450 nm	450 nm	450 nm
0	1,3 mW	0,7 mW	0,9 mW
1	1,2 mW	0,9 mW	0,5 mW
2	0,9 mW	0,7 mW	1,0 mW
3	0,9 mW	0,8 mW	1,1 mW

Tabela 16. Protocolo 3: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III

Indivíduo III

	500 nm	500 nm	500 nm
0	1,5 mW	1,8 mW	1,4 mW
1	1,1 mW	1,2 mW	1,3 mW
2	1,1 mW	0,8 mW	1,1 mW
3	0,7 mW	1,0 mW	0,7 mW

Tabela 17. Protocolo 3: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III

As Figuras 57 e 58 mostram alguns exemplos da execução do sistema referente as cenas em vídeo capturadas no protocolo III para os indivíduos III e IV.

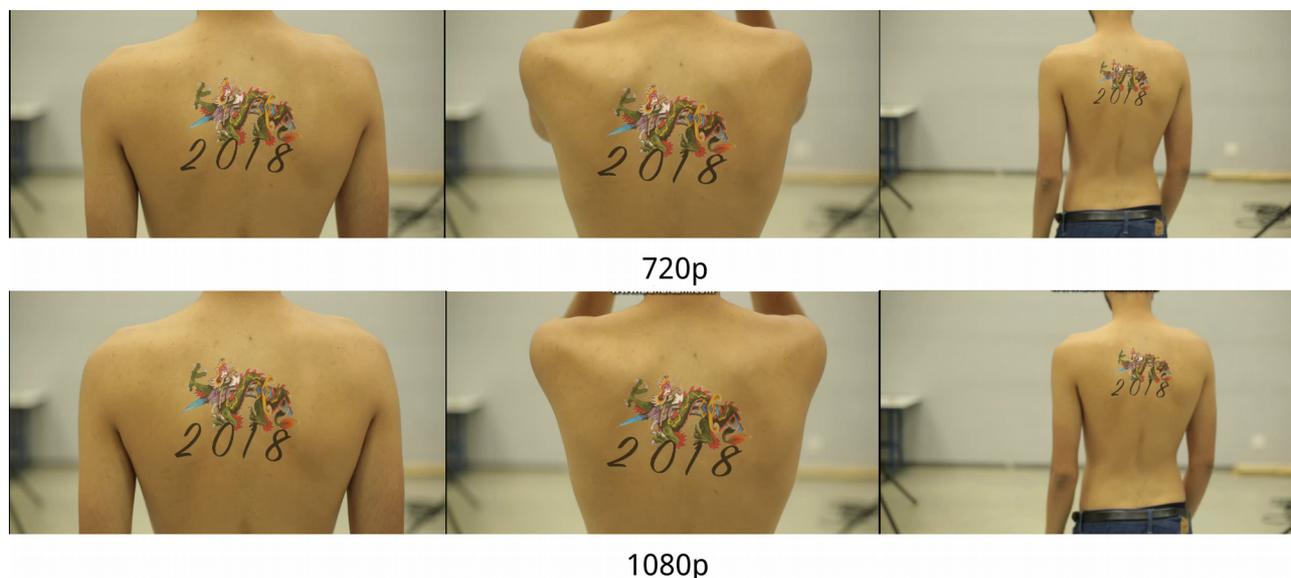


Figura 57: Exemplos da execução do sistema protocolo III – Indivíduo III.



720p



1080p

Figura 58: Exemplos da execução do sistema protocolo III – Indivíduo IV.

Protocolo IV

Três luzes traseiras diretas de tungstênio

Objetivo: Analisar o alcance do reconhecimento e rastreamento do sistema segundo uma configuração de iluminação artificial com fonte de luz traseira direta com inclinação de 45° para fornecer definição e realce em torno dos contornos do sujeito e assim separar o sujeito do fundo. Além disso, a luz trazeira é capaz de fornecer também uma aparência tridimensional do sujeito na cena em vídeo capturada (Figura 59).

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduos III e IV
- cor marcador: preto
- tamanho do marcador: 21 x 21
- pele: branca com leves pelos
- câmera: Canon 7D Mark II
- vídeo: 1920 x 1080
- qualidade: H.264
- quadros: 24 quadros por segundo
- total deslocamento: 3m
- Intervalos de deslocamento: 3 intervalos de 1m

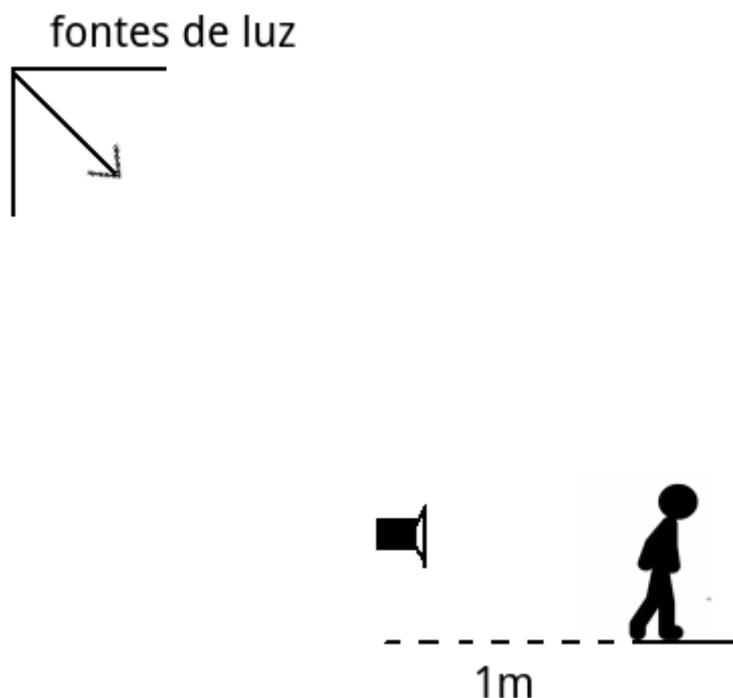


Figura 59. Imagens dos pontos de luz no ambiente – Protocolo IV.

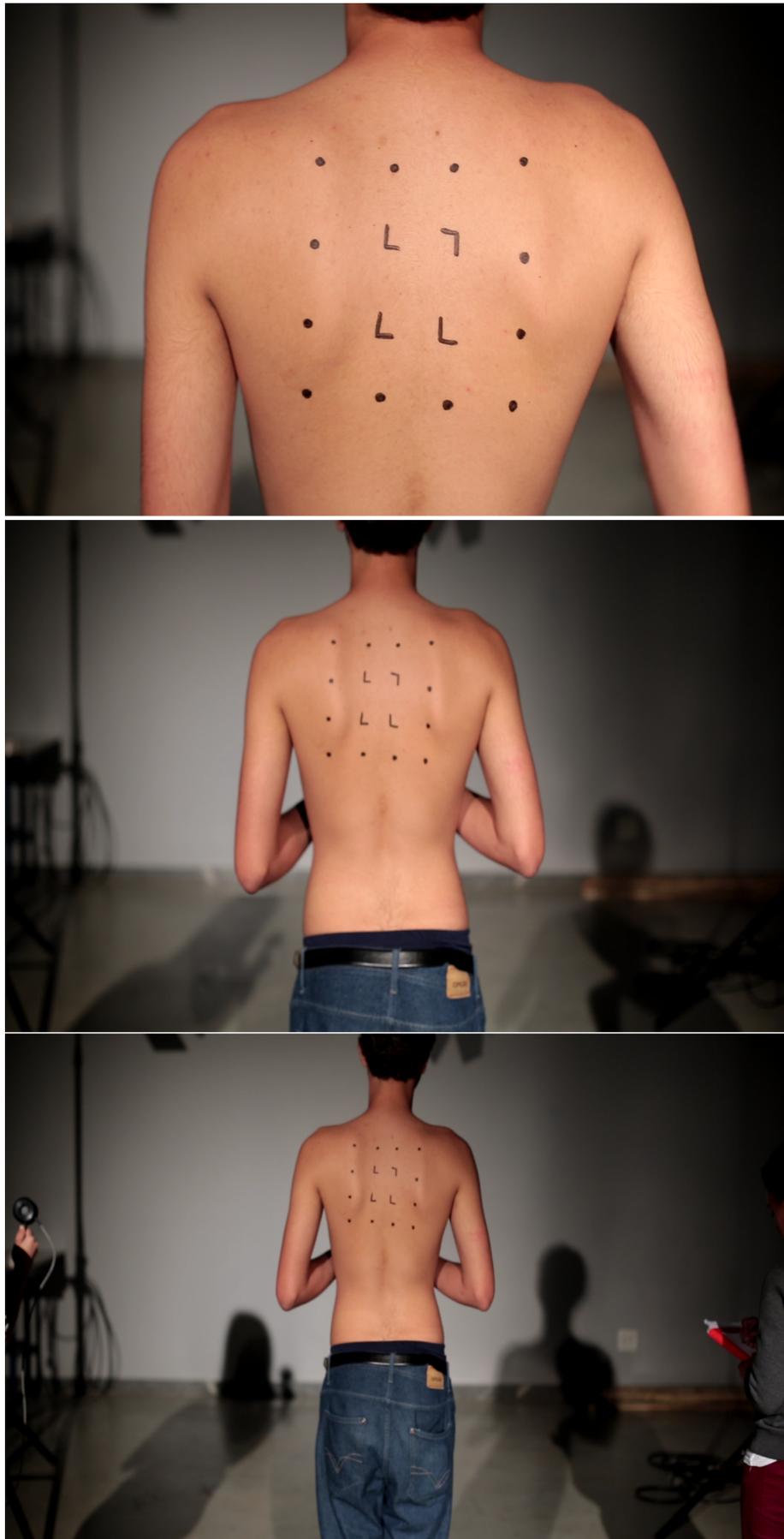


Figura 60. Imagens teste parte I – Protocolo IV.

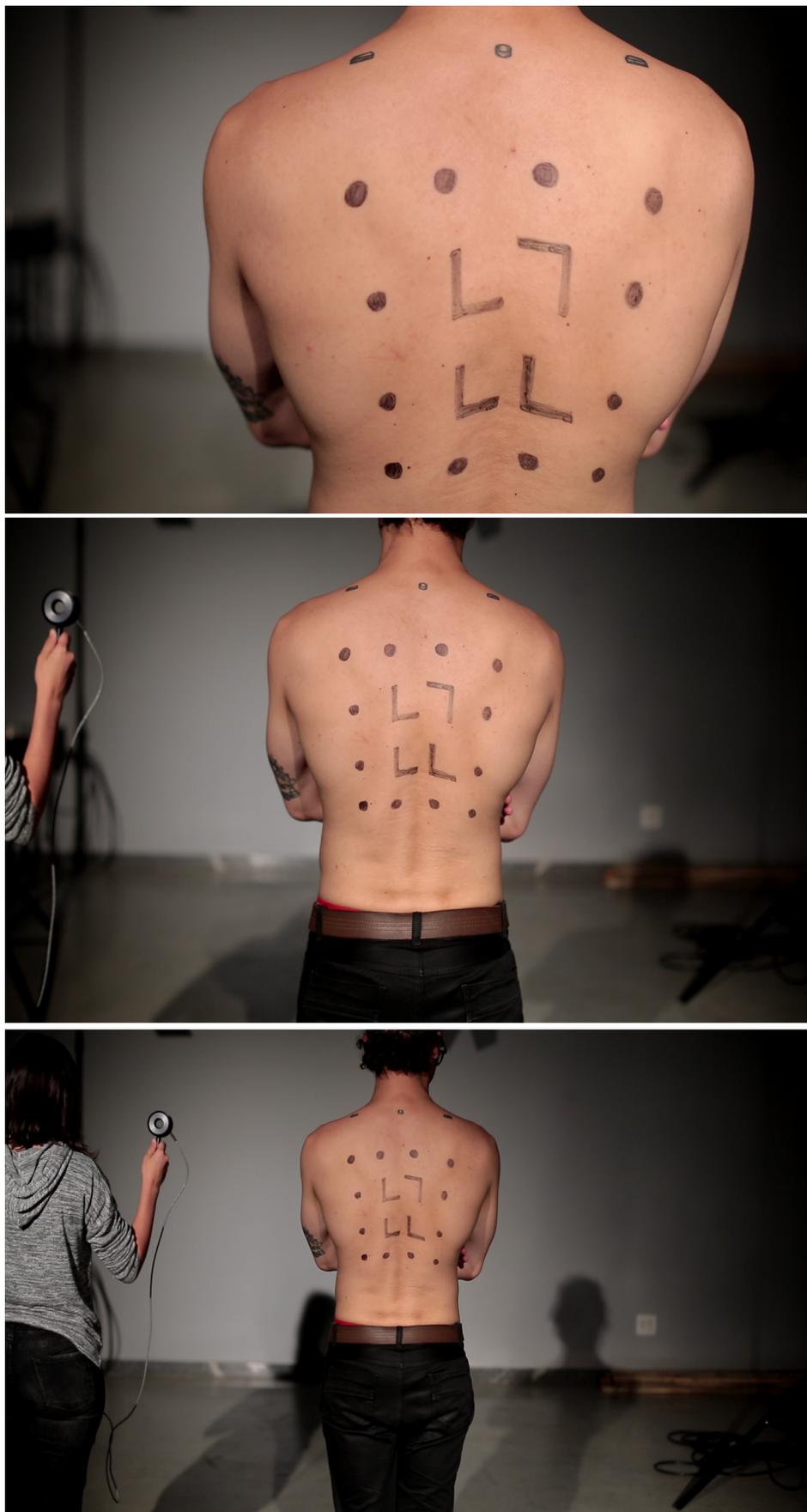


Figura 61. Imagens teste parte II – Protocolo IV.

As Tabelas 18, 19, 20, 21, 22 e 23 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo III

	500 nm	500 nm	500 nm
0	10,4 mW	9,4 mW	12,3 mW
1	9,8 mW	10,9 mW	9,7 mW
2	7,3 mW	7,3 mW	9,3 mW
3	6,4 mW	6,2 mW	5,7 mW

Tabela 18. Protocolo 4: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III

Indivíduo III

	550 nm	550 nm	550 nm
0	11,9 mW	11,0 mW	10,9 mW
1	9,5 mW	9,2 mW	8,9 mW
2	6,7 mW	6,6 mW	7,0 mW
3	4,8 mW	5,6 mW	4,6 mW

Tabela 19. Protocolo 4: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo III

Indivíduo III

	450 nm	450 nm	450 nm
0	10,5 mW	10,5 mW	10 mW
1	8,6 mW	8,4 mW	9 mW
2	6,2 mW	6,6 mW	7,8 mW
3	5,2 mW	4,9 mW	5,4 mW

Tabela 20. Protocolo 4: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III

Indivíduo IV – Luz traseira de tungstênio

	450 nm	450 nm	450 nm
0	7,9 mW	8,3 mW	9,5 mW
1	7,2 mW	6,8 mW	7,8 mW
2	6,9 mW	6,1 mW	4,3 mW
3	5,1 mW	5,2 mW	3,5 mW

Tabela 21. Protocolo 4: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo IV

Indivíduo IV – Luz traseira de tungstênio

	500 nm	500 nm	500 nm
0	8,1 mW	8,5 mW	8,3 mW
1	7,5 mW	7,3 mW	6,9 mW
2	5,5 mW	5,4 mW	6,4 mW
3	4,1 mW	4,2 mW	4,2 mW

Tabela 22. Protocolo 4: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV

Indivíduo IV – Luz traseira de tungstênio

	550 nm	550 nm	550 nm
0	7,5 mW	8,1 mW	8,8 mW
1	6,4 mW	7,1 mW	7,3 mW
2	5,6 mW	5,2 mW	6,0 mW
3	3,6 mW	3,9 mW	4,2 mW

Tabela 23. Protocolo 4: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV

As Figuras 62 e 63 mostram alguns exemplos da execução do sistema referente as cenas em vídeo capturadas no protocolo IV para os indivíduos III e IV.



Figura 62: Exemplos da execução do sistema protocolo IV – Indivíduo III.



720p



1080p

Figura 63: Exemplos da execução do sistema protocolo IV – Indivíduo IV.

Protocolo V

Luz lateral de preenchimento

Objetivo: Analisar o alcance do reconhecimento e rastreamento do sistema segundo uma configuração de iluminação artificial com fonte de luz lateral para preenchimento das sombras criadas por uma iluminação primária (Figura 64).

Descrição dos parâmetros fixados para o teste:

- Indivíduos III e IV
- cor marcador: preto
- tamanho do marcador: 15x 15 e 21 x 21
- pele: branca com leves pelos
- câmera: Canon 7D Mark II
- vídeo: 1920 x 1080
- qualidade: H.264
- quadros: 24 quadros por segundo
- Total deslocamento: 3m
- Intervalos de deslocamento: 3 intervalos de 1m

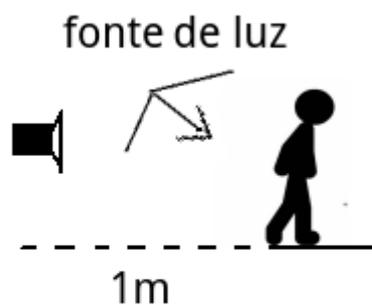


Figura 64. Imagem ambiente – Protocolo V.

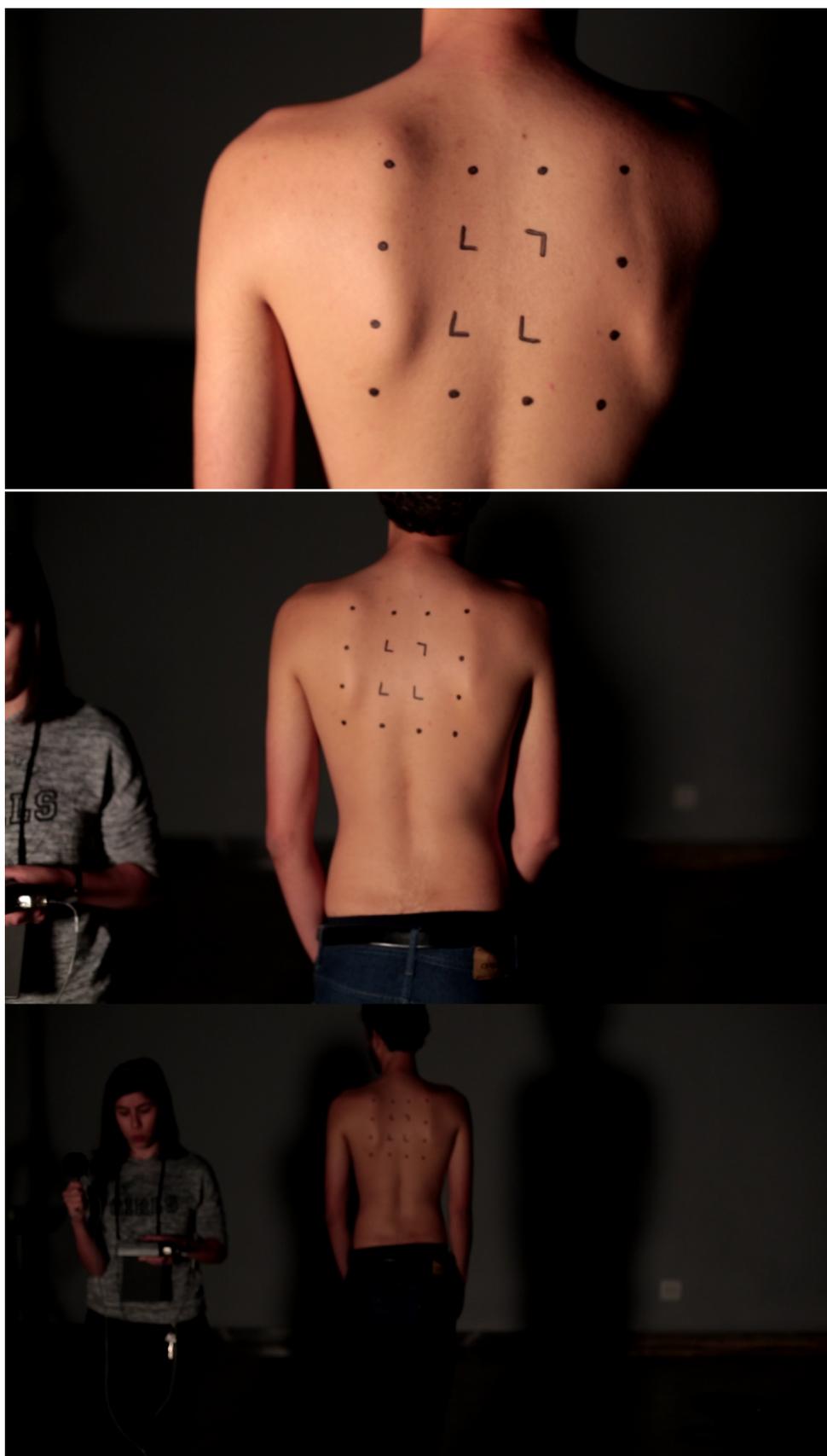


Figura 65. Imagens teste parte 1 – Protocolo V.

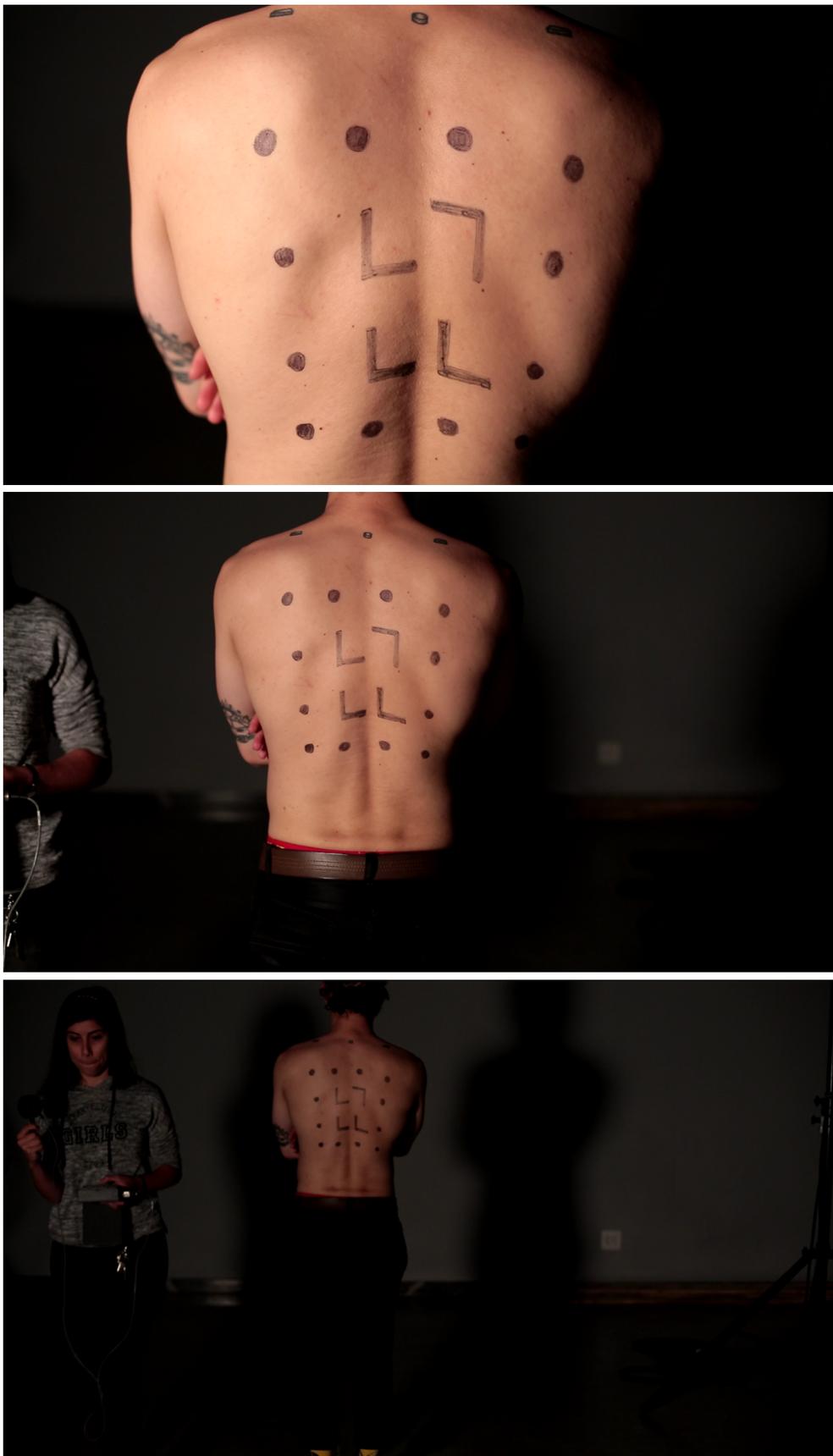


Figura 66. Imagens teste parte 2 – Protocolo V.

As Tabelas 24, 25, 26, 27, 28 e 29 mostram os valores coletados referentes a intensidade de luz no momento do experimento. Os valores coletados foram registrados em miliwatts.

Indivíduo III – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	450 nm	450 nm	450 nm
0	16,1 mW	16,7 mW	16,7 mW
1	2,1 mW	2,6 mW	3,3 mW
2	0,3 mW	0,7 mW	0,4 mW
3	0,2 mW	0,1 mW	0,1 mW

Tabela 24. Protocolo 5: testes de iluminação – 450nm - Indivíduo III.

Indivíduo III – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	500 nm	500 nm	500 nm
0	16,7 mW	17 mW	16,6 mW
1	2,7 mW	3,5 mW	3,1 mW
2	0,6 mW	0,2 mW	0,3 mW
3	0,3 mW	0,1 mW	0,1 mW

Tabela 25. Protocolo 5: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo III.

Indivíduo III – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	550 nm	550 nm	550 nm
0	18,7 mW	19,8 mW	19,2 mW
1	3,3 mW	3,7 mW	3,2 mW
2	0,4 mW	0,8 mW	0,8 mW
3	0,1 mW	0,3 mW	0,2 mW

Tabela 26. Protocolo 5: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo III.

Indivíduo IV – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	550 nm	550 nm	550 nm
0	13,2 mW	18,3 mW	22,2 mW
1	3,9 mW	3,3 mW	3,3 mW
2	0,2 mW	0,3 mW	0,5 mW
3	0,1 mW	0,1 mW	0,0 mW

Tabela 27. Protocolo 5: testes de iluminação – 550nm - Indivíduo IV.

Indivíduo IV – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	500 nm	500 nm	500 nm
0	14,2 mW	13,6 mW	14,1 mW
1	2,5 mW	3,4 mW	4,1 mW
2	0,2 mW	0,5 mW	0,8 mW
3	0,1 mW	0,2 mW	0,3 mW

Tabela 28. Protocolo 5: testes de iluminação – 500nm - Indivíduo IV.

Indivíduo IV – Luz preenchimento lateral 1m de altura

	450 nm	450 nm	450 nm
0	20 mW	14,7 mW	13,8 mW
1	2,8 mW	4 mW	3,4 mW
2	0,8 mW	0,8 mW	0,7 mW
3	0,2 mW	0,2 mW	0,1 mW

Tabela 29. Protocolo 5: testes de iluminação – 450nm – Indivíduo IV.

As Figuras 67 e 68 mostram alguns exemplos da execução do sistema referente as cenas em vídeo capturadas no protocolo V para os indivíduos III e IV.

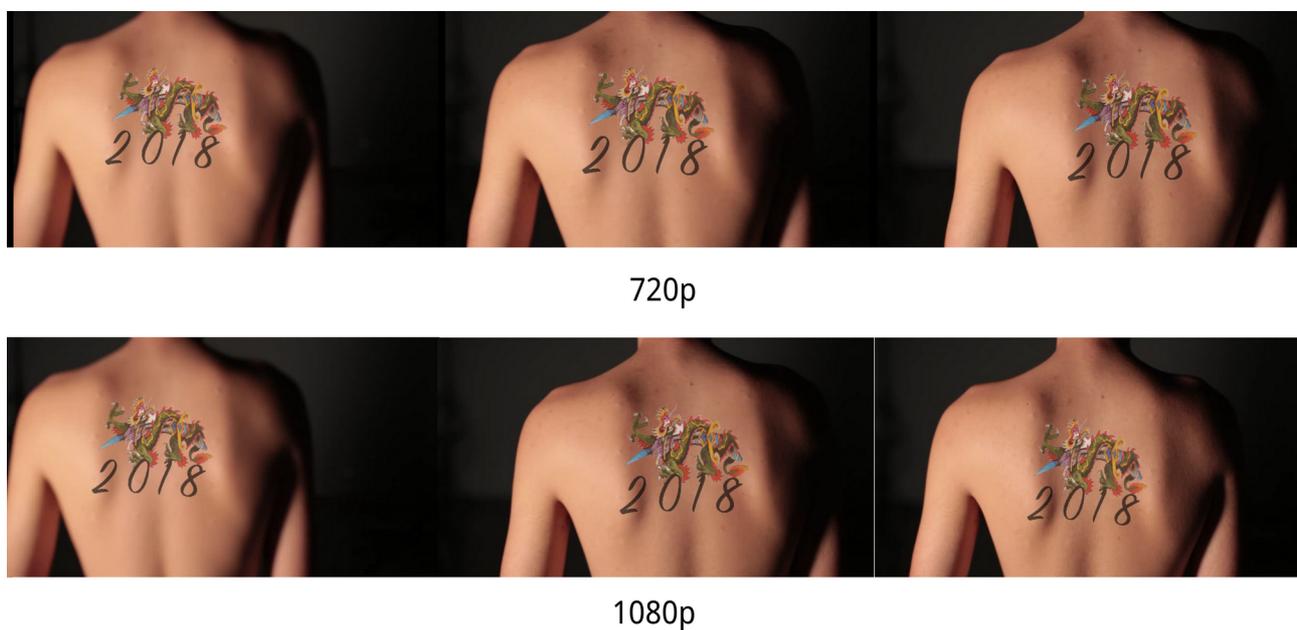
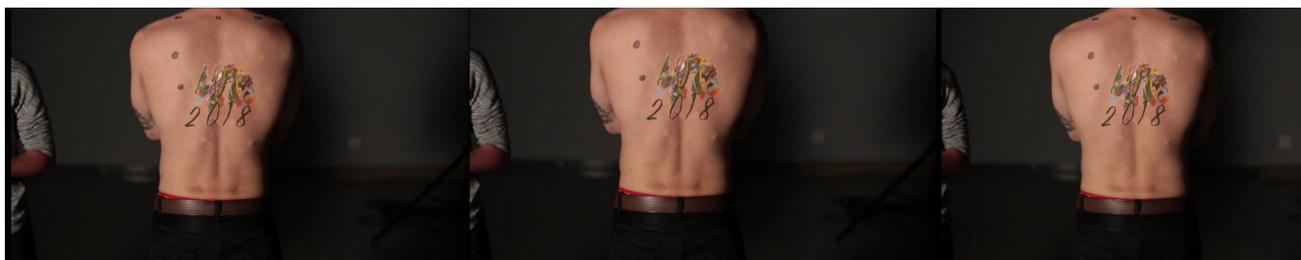
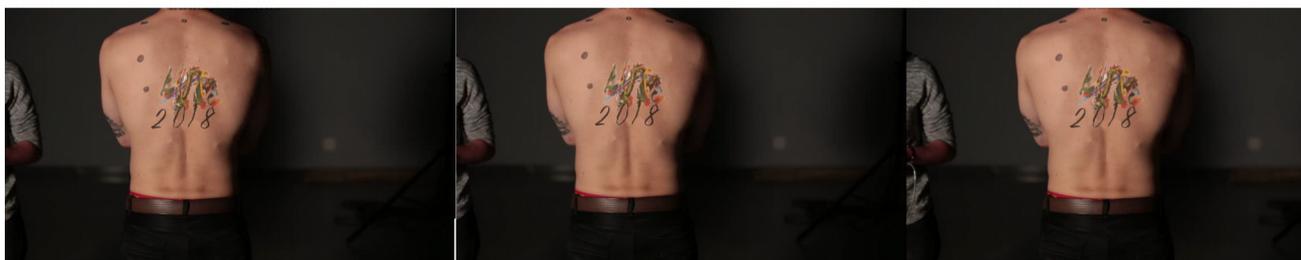


Figura 67: Exemplos da execução do sistema protocolo V – Indivíduo III.



720p



1080p

Figura 68: Exemplos da execução do sistema protocolo V– Indivíduo IV.

Resultados

Todas as dezoito amostras de vídeos coletadas foram analisadas em fluxo contínuo em um computador Intel® Core™ i5-2450M CPU @ 2.50GHz × 4. Foi adotado um padrão binário (gerou a tatuagem x não gerou a tatuagem) ao analisar cada segmento de imagem considerando duas dimensões de janela de exibição (720p e 1080p).

Protocolos I e II : Como esperado nos protocolos I e II, devido a falta de um foco manual e não controle direto da iluminação, o alcance da aplicação não foi além dos dois metros, apresentando melhor resultado e geração contínua da tatuagem entre 60 ~ 90 centímetros tanto para 720p quanto 1080p. Ao considerar a criação de um protocolo de performance artística onde há mobilidade do performer, a configuração de iluminação não controlada e o uso de câmeras de foco não manual, nos protocolos I e II demonstraram que para tal objetivo de criação artística as configurações apresentadas são as menos indicadas para se obter a geração de imagens constantes, bem atreladas as características de pele capturadas pelo sistema New Tattoo.

Protocolos III e IV: Esses protocolos apresentaram para as janelas de 720p e 1080p alcances de três e quatro metros, respectivamente. Os vídeos do indivíduo III analisados na janela 720p demonstraram uma menor quantidade de oscilações e uma tatuagem capaz de acompanhar melhor as movimentações de pele do indivíduo durante as cenas avaliadas. Porém o alcance máximo foi de 3 metros não gerando nenhuma imagem entre o deslocamento final de 3 à 4 metros. Já as imagens do indivíduo IV só foram capazes de apresentar a tatuagem digital a partir da marca de 2 metros gerando com bruscas oscilações até o alcance máximo de 4 metros. Tal resultado aponta para a presença similar de tatuagens reais próximas a região do marcador que atrapalharam o reconhecimento e rastreamento dos marcadores.

O protocolo IV considerando o indivíduo III e a análise realizada, apresentou os melhores resultados dentre os protocolos empregados sendo capaz de apresentar uma tatuagem constante, com leves oscilações, boa adaptação as movimentações de pele ocorridas e um alcance máximo de 3 metros. Para a criação de uma performance artística usando o sistema New Tattoo, as configurações de luz empregadas nos protocolos III e IV conferem uma maior possibilidade de mobilidade para o performer e imagens de TA mais nítidas e acopladas as características de pele dos indivíduos expostos ao sistema.

Protocolo V: Como esperado, apresentou resultados melhores que os alcançados com os protocolos I e II, mas ainda assim inferiores aos apresentados pelos vídeos dos protocolos III e IV. Não era

esperando que em baixa luminosidade o sistema conseguisse gerar imagens para além de 1 metro. O que de fato ocorreu, mas na marca de 1 metro o sistema foi capaz de fornecer uma tatuagem constante, pois havia presença de luz. Em termos de protocolos para criação de uma performance artística, o emprego dessa luz pode vir a ser imprescindível para destacar o corpo do performer durante a apresentação, mas pode limitar o funcionamento do sistema a uma região máxima de alcance de 1m.

As tabelas 30, 31, 32, 33 mostram os resultados das variações médias considerando oscilações e deformações na imagem da tatuagem (Figura 69). Exceto para a configuração da iluminação no protocolo IV, as medidas registradas dentro dos espectros de luz considerados, não apresentaram grandes variações, logo as variações de iluminação no decorrer de uma trajetória não são o fator principal de falha da aplicação. Os fatores “foco” e “qualidade de captura de imagem” tem interferência mais preponderante no desempenho do sistema.

Dimensões de vídeo analisadas	Protocolo I				Protocolo II			
	720		1080		720		1080	
Espectros de luz analisados	400 nm	500nm	400nm	500 nm	400nm	500nm	400nm	500nm
Indivíduo I	19	29	29	34,66	41	11,33	38	10,33
Indivíduo II	24,33	27	30,66	27,66	-	-	-	-

Tabela 30: Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolos I e II.

	Protocolo III						Protocolo IV					
	720			1080			720			1080		
	450 nm	500 nm	550 nm	450 nm	500 nm	550 nm	450 nm	500 nm	550 nm	450 nm	500 nm	550 nm
Indivíduo III	10,66	5,66	17	9	7,3	15,33	9,33	9	12	9	10,33	5,33
Indivíduo IV	22,33	24,66	38,33	26,33	42	50,66	12	24,66	36	3,6	20,66	29,33

Tabela 31: Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolos III e IV.

	Protocolo V					
	720			1080		
	450nm	500nm	550nm	450nm	500nm	550nm
Indivíduo III	29,66	18,33	9	30,66	19,33	37
Indivíduo IV	15,33	15,33	11,33	17	27	38,33

Tabela 32: Média de oscilações e deformações encontradas nas amostras de vídeos ao gerar a tatuagem aumentada – protocolo V.

	Protocolo I										Protocolo II									
	720					1080					720					1080				
	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m
Indivíduo I	5	6	5	0	0	6	6	4	0	0	3	3	3	0	0	4	4	3	0	0
Indivíduo II	6	6	5	0	0	6	6	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 33: número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento – protocolo I e II.

	Protocolo III										Protocolo IV									
	720					1080					720					1080				
	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m
Indivíduo III	9	0	8	5	0	9	0	9	7	8	9	0	9	5	0	9	2	9	8	8
Indivíduo IV	0	0	7	6	0	0	0	9	8	5	0	0	5	7	0	0	0	4	4	2

Tabela 34: número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento – protocolos III e IV.

	Protocolo V									
	720					1080				
	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m	0 m	≤ 1 m	≤ 2 m	≤ 3 m	≤ 4 m
Indivíduo III	9	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Indivíduo IV	0	5	0	0	0	0	4	3	3	3

Tabela 35: número de segmentos de vídeos que apresentaram a imagem da tatuagem considerando os intervalos de um metro no deslocamento.

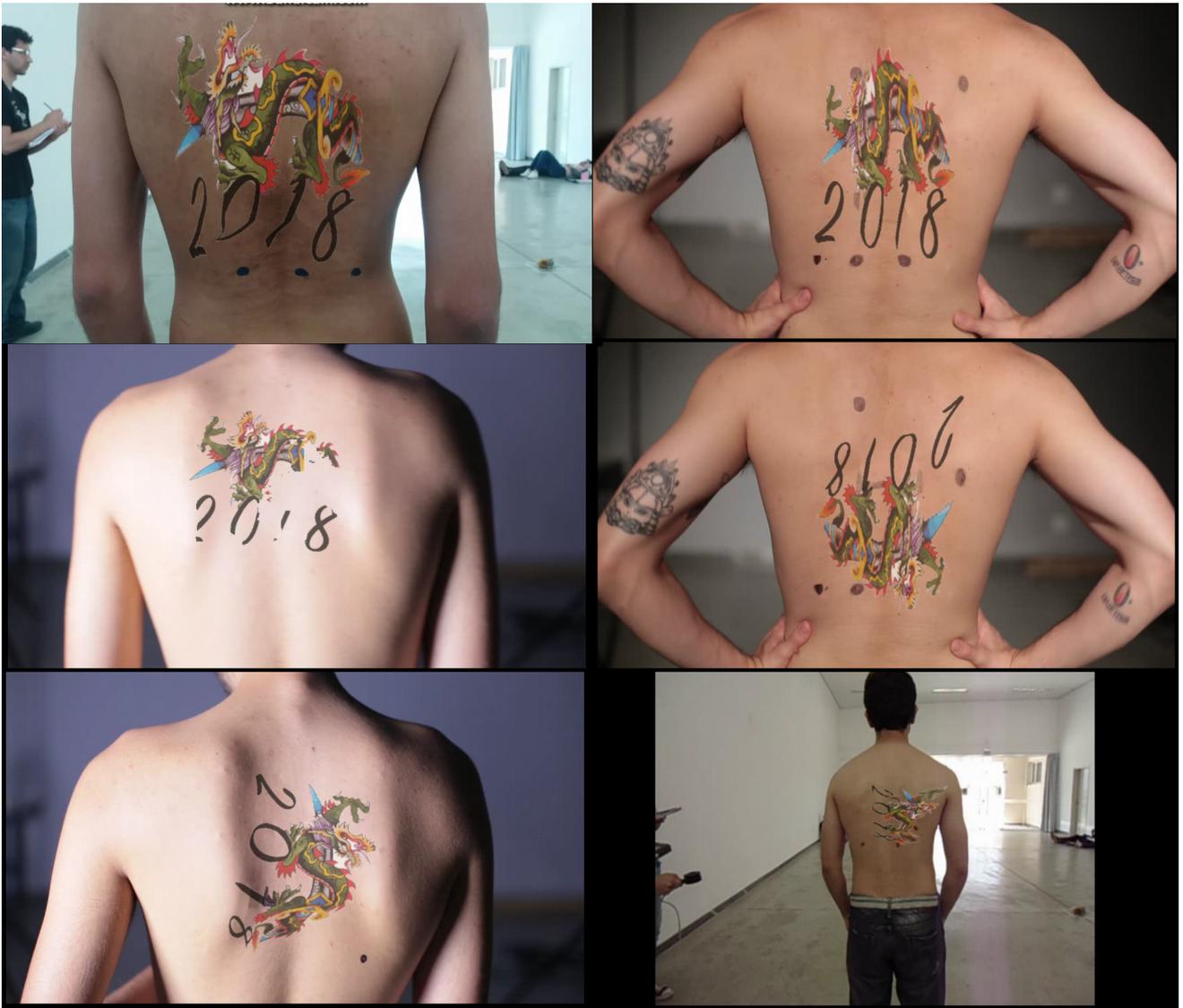


Figura 69: Exemplos de oscilações e deformações encontradas

5 CONCLUSÃO

De acordo com a abordagem desenvolvida nessa pesquisa, a pele não é apenas uma superfície capaz de desempenhar funções de proteção, absorção, controle e percepção de sensações obtidas a partir da interação com o ambiente (JABLONSKI, 2013; LIU, 2016). Sua natureza estendida atua como interface epitelial dinâmica (LIU, 2016), aberta à incorporação e acoplamento de novas tecnologias (PREESTER, 2010; LIU, 2016) com propriedades semióticas interativas, inteligente (body intelligent) e aumentada (PREESTER, 2010; VEGA, 2014; LIU, 2016). Ao tratar a pele como interface epitelial (skin interface), capaz de acoplamento de dispositivos multimídias de RA, ela se torna um domínio de pesquisa em comunicação incorporada (embodied communication) com grande potencial de aplicação em arte & tecnologia.

Esta pesquisa focou nos principais projetos desenvolvidos recentemente no domínio designado por interfaces de pele (skin interfaces). Os testes comparativos entre os sistemas para geração de tatuagens aumentadas revelaram as capacidades dos principais sistemas de interfaces digitais sobre a pele disponíveis. Além disso, os objetivos desta pesquisa foram: (i) analisar um novo sistema de realidade aumentada de geração de interfaces digitais de pele a partir do escopo de arte & tecnologia; (ii) testar o conjunto de funcionalidades de vídeo desse sistema considerando ambientes de performance artística. Para isso foi explorado o potencial experimental de um novo sistema baseado em realidade aumentada para geração de imagens na pele resultado da colaboração com o Laboratório de Sistemas Inteligentes e Cognitivos (LASIC), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia. Em relação ao sistema New Tattoo, maiores conhecimentos sobre as funcionalidades do sistema foram alcançados. Além disso, o presente trabalho contribuiu principalmente para um maior conhecimento das características complementares que dispositivos eletrônicos devem possuir para atuarem de forma eficiente junto ao sistema.

Os resultados adquiridos contribuem também para maiores conhecimentos sobre a estrutura física de iluminação que deve atuar junto a execução do sistema New Tattoo para possíveis aplicações futuras em performances artísticas utilizando tatuagens aumentadas em tempo real. Para trabalhos futuros é possível desenvolvimentos técnicos de otimização do sistema estudado, como também a configuração prática em estúdio de pequenas performances envolvendo arte performativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERI, Shideh K; HO, REBECCA; JANG, Hongwoo; TAO, Li; WANG, Youhua; WANG, Liu; SCHNYER, David M.; AKINWANDE, Deji; LU, Nanshu. "Graphene Electronic Tattoo Sensors". In: Proceedings of ACS Nano, 2017.p.7634-7641.

ARGILE, Michael. "Bodily Communication". New York: Methue, 1988.

ASCOTT, Roy. "Reframing Consciousness technology". Intellect Ltd, 1999.

AZAR, et. al. "Method for augmented reality instrument placement using an image based navigation system".US 9681925 B2. 2017.

AZUMA, Ronald. "Survey on Recent advances in augmented reality". IEEE Computer Graphics and Applications, 2001.

AZUMA, Ronald. "Making Augmented Reality a Reality". Applied Industrial Optics: Spectroscopy, Imaging and Metrology, 2017.

BACH, Benjamin; SICAT, Ronell; BEYER, Johanna; CORDELL; PFISTER, Hanspeter. "How Effective is Interactive Exploration of 3D Visualizations in Immersive Tangible Augmented Reality?". IEEE Trans Vis Comput Graph. 2018. p. 457-467.

BACH, Jim. "ViFlow – Interactive Augmented Reality for Dance". Florida State University. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-lHECVWNWSE>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

BARBIC, Jernej; D'CRUZ, Mirabelle; LATOSCHIK, Marc; SLATER, Mel; BOURDOT, Patrick. "Virtual Reality and Augmented Reality: 14th EuroVR International Conference 2017". Springer. 2017.

BENYON, David; TURNER, Phil; TURNER, Susan. "Designing Interactive Systems: People, Activities, Contexts, Technologies". Addison Wesley. 832 p. 2005.

BENYON, David. "Designing Interactive Systems: A comprehensive guide to HCI, UX and interaction design". Pearson, 640 p. 2013.

BERMANO, Amit;BILLETER, Markus; IWAI, Daisuke; GRUNDHOFER, Anselm. "Makeup Lamps: Live Augmentation of Human Faces via Projection".Eurographics. Volume 36, Número 2. 2017

BIMBER, Oliver; RASKAR, Ramesh. "Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds".AK Peters Wellesley, MA.2005.

BILLINGHURST, Mark; CLARK, Adrian; LEE, Gun. "A survey of Augmented Reality". Foundations and Trends in Human-Computer Interaction. 2015. p. 73 – 272.

BITARELLO, Breno; FUKS, Hugo; QUEIROZ, João. "New technologies for dynamic tattoo art". Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction,

2011, p. 313 – 316.

BITARELLO, Breno; QUEIROZ, João. “*Embodied semiotic artefacts: On the role of the skin as a semiotic niche*”. *Technoetic Arts: A journal of speculative research*. v. 12, 2014.

BITARELLO, Breno. O processo de tatuagem. 2016. 170 f. Tese (Doutorado em Educação, Arte e História da cultura) apresentada ao Doutorado como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação. Universidade Presbiteriana Mackenzie.

BITARELLO, Breno. O design de interfaces epiteliais dinâmicas: como as novas tecnologias afetam o projeto de tatuagens. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado em Design) apresentada ao Mestrado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

BOUCHARDON, Serge. “*The rhetoric of interactive art works*”. In: *Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*. 2008. p. 312 – 318.

CALIFORNIA TATTOS. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yWSJVJoKt4w>. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

CALMON, Jairo; LOULA, Angelo; GOES, Claudio; QUEIROZ, João. “*Augmented Tattoo: Evaluation of an Augmented Reality System for Tattoo Visualization*”. 28 th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images, 2015.

CALMON, Jairo; LOULA, Angelo; GOES, Claudio; QUEIROZ, João. “*Augmented Tattoo: a proposal of tattoo visualization in augmented reality*”. X Workshop de Visão Computacional, 2014.

CALMON, Jairo. Sistema de realidade aumentada para visualização de tatuagens. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) apresentada ao Mestrado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação. Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Mestrado Multi-Institucional em Ciência da Computação.

CASSINELLI, A. et al. “*Skin games*”. In: *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces - ITS’12*, ACM Press, New York, New York, USA, 2012, p.323.

CHANG, Jack; YEBOAH, Georgina; DOUCETTE, Alison; CLIFTON, Paul; NITSCHKE, Michael; WELSH, Timothy; MAZALEK. “*TASC: Combining Virtual Reality with Tangible and Embodied Interactions to Support Spatial Cognition*”. In: *Proceedings Designing Interactive Systems Conference*. 2017.p.1239 – 1251.

CHATZOPOULOS, Dimitris; BERMEJO, Carlos; HUANG, Zhanpeng; HUI, Pan. “*Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go*”. *IEEE Access*. Volume 5. 2016. p. 6917 – 6950.

CHUNG, Hyun-Joong; KEUM, Hohyun; MCCORMICK, Martin; LIU, Ping; ZHANG, Yong-Wei; OMENETTO, Fiorenzo; HUANG, Yonggang; COLEMAN, Todd; ROGERS, John. “*Epidermal Electronics*”. *Science* 333, 6044. 2011.p.838–843.

CHEN, Zhaorui; LI, Jinzhu; HUA, Yifan; SHEN, Rui; BASU, Anup. “*Multimodal interaction in augmented reality*”. Systems Man and Cybernetics (SMC) IEEE International Conference. 2017. p. 206-209.

CLARK, Andy. “*Supersizing the mind. Embodiment, Action and Cognitive Extension*”. Oxford Press, 2008.

COLETIVO OSKAR&GASPAR. “*Ink mapping tattoo*”. Disponível em: <http://www.oskar-gaspar.com/>. 2015. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

COLETIVO OSKAR&GASPAR . “*Face and Body Mapping*”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ruvqxi43V-0&t=28s>. Acesso em: 12 de dezembro 2016.

COUCHOT, Edmond. "Da representação à simulação: evolução das técnicas e das artes da figuração". In: Imagem máquina: a era das tecnologias do virtual. Org. André Parente. Rio de Janeiro, Editora 34, 1993. p. 37-48.

DAMALA, Areti; CUBAUD, Pierre; BATIONO, Anne; HOULIER, Pascal; MARCHAL, Isabelle. “*Bridging the gap between the digital and the physical: design and evaluation of a mobile augmented reality guide for the museum visit*”. In: Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts. 2008. p. 120 – 127.

DJAJADININGRAT, Tom; LUI, Patray. “*Merging Realities: Exploring Meaningful Placement of AR Content*”. In: Proceedings of the ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive Systems. 2016. p.69-72.

DEGUZMAN, Keana; MORRIN, Aoife. “*Screen-printed Tattoo Sensor towards the Non-invasive Assessment of the Skin Barrier*”. Electroanalysis, 2017. p.188-196.

DELEUZE, Gilles. A Imagem-Movimento. São Paulo: Brasiliense, 1985.

DELEUZE, Gilles. Diferença e Repetição. Rio de Janeiro: Graal, 1988.

DELEUZE, Gilles. A Imagem-Tempo. São Paulo: Brasiliense, 1990.

DELEUZE, Gilles; PARNET, Claire. Diálogos. São Paulo: Escuta, 1998.

DEMERS, Joanna. “*Listening through the noise*”. The Aesthetics of Experimental Electronic Music. Oxford University Press, 2010.

DESIGNBOOM. “*Skin motion soundwave tattoos*”. Disponível em: <https://www.designboom.com/technology/skin-motion-soundwave-tattoos-05-09-2017/>. Acesso em 23 de agosto de 2017

DIAZ, Catherine; WALKER, Michael; SZAFIR, Danielle; SZAFIR, Daniel. “*Designing for Depth Perceptions in Augmented Reality*”. In: Proceedings IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2017. p. 111-122.

DUNSER, Andreas. LOOSER, Julian; GRASSET, Raphael; SEICHTER, Hartmut; BILLINGHURST, Mark. “*Evaluation of Tangible User Interfaces for Desktop AR*”. International

Symposium on Ubiquitous Virtual Reality. 2010. p.36 – 39.

DYBWAD, Barb. “*Augmented Reality Tattoo Makes Your Skin Come Alive*”. Disponível em: <http://mashable.com/2010/02/17/augmented-reality-tattoo/>. Acesso em: 14 de maio de 2016.

FALLER, J.; ALLISON, B.Z.; BRUNNER, C.; SCHERER, R.; SCHMALSTIEG, D.; PFURTSCHHELLER, G.; NEUPER, C. “A feasibility study on SSVEP-based interaction with motivating and immersive virtual and augmented reality”. Cornell University Library. 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1701.03981.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

FAZEL, Alireza; IZADI, Abbasali. “*An interactive augmented reality tool for constructing free-form modular surfaces*”. Automation in Construction. Elsevier. 2018. p. 135 – 145.

FERRARI, Laura M.; SUDHA, Sudha; TARANTINO, Sergio; ESPOSTI, Roberto; BOLZONI, Francesco; CAVALLARI, Paolo; CIPRIANI, Christian; MATTOLI, Virgilio; GRECO, Francesco. “*Ultraconformable Temporary Tattoo Electrodes for Electrophysiology*”. *Advances Science Journal*.

FILHO, Luiz Augusto. Documentário e Virtualização: Propostas para uma Microfísica da Prática Documentária. 2005. 182f.

Tese (Doutorado em Comunicação e Cultura) apresentada ao Pro como requisito parcial para obtenção de Pós-Graduação da Escola de Comunicação para obtenção do grau de Doutor em Comunicação e Cultura. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FURHT, Borko. “*Handbook of augmented reality*”. Springer Science & Business Media, 2011, p.746.

GAFFARY, Yoren; GOUIS, Benoit; MARCHAL, Maud; ARGELAGUET, Ferran; ARNALDI, Bruno; LECUYER, Anatole. “*AR Feels “Softer” than VR: Haptic Perception of Stiffness in Augmented versus Virtual Reality*”. In: Proceedings IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2017. p. 2372 – 2377.

GEEKWIRE. 2018. “*Amazon’s blended-reality mirror shows you wearing virtual clothes in virtual locales*”. Disponível em: <https://www.geekwire.com/2018/amazon-patents-blended-reality-mirror-shows-wearing-virtual-clothes-virtual-locales/>. Acesso em: 3 de janeiro de 2018.

GEROIMENKO, Vladimir. “*Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium*”. Springer. 2014.

GERVAUTZ, Michael; SCHMALSTIEG, Dieter. “*Anywhere Interfaces Using Handheld Augmented Reality*”. IEEE Computer Society, 2012. p. 26 – 31.

GHIGI, R.; SASSATELLI, R.; “*Body Projects: Fashion, Aesthetic Modifications and Stylized Selves*”. Sage Handbook of Consumer Culture. 2018.

HA, Taejin; KIM, Yeongmi; RYU, Jeha; WOO, Woontack. “*Enhancing immersiveness in AR-based product design*”. In *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*. Springer, 2006. p. 207–216.

HA, Taejin; LEE, Youngho; WOO, Woontack. “*Digilog book for temple bell tolling experience based on interactive augmented reality*”. *Virtual Reality* 15, 4. 2011.p. 295–309

HARLEY, Daniel; TARUN, Aneesh P.; GERMINARIO, Daniel; MAZALEK. “*Tangible VR: Diegetic Tangible Objects for Virtual Reality Narratives*”. In: Proceedings Designing Interactive Systems Conference. 2017.p. 1253 – 1263.

HAMDAN, Camila. “Conceitos e Contextos da Realidade Aumentada Móvel: Corpo, Arte e Tecnologia”. IV Simpósio Internacional de inovação em mídias interativas. Universidade Federal de Goiás, 2016.

HAMMOCK, Mallory; CHORTOS, Alex; BENJAMIN, Tee; JEFFREY, Tok; BAO, Zhenan. 25th Anniversary Article: The Evolution of Electronic Skin (E-Skin): A Brief History, Design Considerations, and Recent Progress. *Advanced Materials* 25, 42. 2013. p.5997–6038.

HARRISON, Chris; TAN, Desney; MORRIS. “Skinput: Appropriating the Body As an Input Surface”. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10). ACM, New York, NY, USA, 2010. p. 453–462.

HARRISON, Chris; BENKO, Hrvoje; WILSON, Andrew D. “*OmniTouch: Wearable Multitouch Interaction Everywhere*”. In: Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '11). ACM, New York, NY, USA, 2011. p. 441–450.

HARMON, Katheine. “*Skinlike electronic patch takes pulse, promises New human-machine Integration*”. 2011. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/skin-electronic-patch/>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

HAVLUCU, Hayati; ERGIN, Mehmet; BOSTAN, Idil; BURUK, Turan; Goksun, Tilbe; Ozcan, Oguzhan. “*It Made More Sense: Comparison of User-Elicited On-skin Touch and Freehand Gesture Sets*”. In: Proceedings of International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions, 2017.p.159-171.

HEBBORN, Anna; HOHNER, Nils; MULLER, Stefan. “*Occlusion Matting: Realistic Occlusion Handling for Augmented Reality Applications*”. In: Proceedings IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2017. p.62 -71.

HEIKENFELD, J; JAJACK, A.; ROGERS, J.; GUTRUF, P.; TIAN, L.; PAN, T.; LI, R.; KHINE, M.; KIM, J.; WANG, J.; KIM, J. “*Wearable sensores: modalities, challenges, and prospects*”. Royal Society of Chemistry. 2017. Disponível em: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2018/LC/C7LC00914C>. Acesso em: 9 de janeiro de 2018.

HETTIARACHCHI, Anuruddha; WIGDOR, Daniel. “*Annexing Reality: Enabling Opportunistic Use of Everyday Objects as Tangible Proxies in Augmented Reality*”. In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2016 .p.1957-1967.

HIEDA, Naoto; COOPERSTOCK, Jeremy. “*Sharedface: Interactive facial projection mapping*”. In: Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference, New York, NY, USA, 2015.

HOLLER, Judith; BAVELAS, Janet. “*Multi-modal communication of common ground : a review of social functions*”. John Benjamins Publishing Company, 2017. p.214 – 234.

HOLOZ TATTS. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RvZTA_jC95w. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

HORN, Michael. “*A Look into the Body - Augmented Reality in Computer Aided Surgery*”, 2013. Disponível em: <http://www.in.tum.de/en/research/research-highlights/augmented-reality-in-medicine.html>. Acesso em: 9 de junho de 2016.

IJSSELSTEIJN, Wijnand. “*The Sense of a Presence: Exploring Bodily Connections in Social Multimedia Environments*”. ACM Multimedia Conference. 2017. p.1.

JABLONSKI, Nina. “*Skin: A Natural History*”. University of California Press. 2006.

JAVORNIK, Ana; ROGERS, Yvonne; GANDER, Delia; MOUTINHO, Ana. “*MagicFace: Stepping into Character through an Augmented Reality Mirror*” In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017. p.4838-4849.

JE, Seungwoo; ROONEY, Brendan; CHAN, Liwei; BIANCHI, Andrea. “*tactoRing: A Skin-Drag Discrete Display*” In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017. p.3106-3114.

KANG, Minpyo; KIM, Jejung; JANG, Bongkyun; CHAE, Youngcheol; KIM, Jae-Hyun; Ahn, Jong-Hyun. “*Graphene-Based Three-Dimensional Capacitive Touch Sensor for Wearable Electronics*”. In: Proceedings of ACS Nano, 2017. p.7950-7957.

KAO, Hsin-Liu; HOLZ, Christian; ROSEWAY, Asta; CALVO, Andres; SCHMAND, Chris. “*DuoSkin: rapidly prototyping on-skin user interfaces using skin-friendly materials*” . In: Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers, 2016.

KAO, Hsin-Liu. “*Hybrid Body Craft*”. In: Proceedings of the Designing Interactive Systems, 2017. p.391-392.

KRUIJFF, Emst; SWAN, Edward; FEINER, Steven. “*Perceptual Issues in Augmented Reality Revisited*”. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2010. p. 13 – 16.

KOSUT, Mary. “*Tattoo Narratives: The intersection of the body, self-identity and Society*”. Visual Sociology. 2000. p.79-100.

KWASTEK, Katja. “*Aesthetics of Interaction in Digital Art*”. The MIT Press. 2013

KWEON, Sang Hee; CHO, Eun Joung; KIM, Eun Mee. “*Interactivity dimension: media, contents, and user perception*”. In: Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts. 2008. p.265 – 272.

LEE, Gun; NELLES, Claudia; BILLINGHURST, Mark; KIM, Gerard Jounghyun. “*Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications*”. International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2004.

LEE, Taehee; HOLLERER, Tobias. “*Handy ar: Markerless inspection of augmented reality objects using fingertip tracking*”. In Wearable Computers, 11th IEEE International Symposium. IEEE, 2007. p. 83 – 90.

LEHTOVIRTA, Joanna Bergstrom; BORING, Sebastian; HORNBAEK, Kasper. “*Placing and*

Recalling Virtual Items on the Skin". In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017.p.1497-1507

LEVY, David.; CHERRY, Jonh-Paul. "*Changeable Tattoos*", U.S. Pat. 6,192,890, 2001.

LÉVY, Pierre. *As tecnologias da Inteligência – O Futuro do Pensamento na Era da Informática*. São Paulo: Editora 34, 1993.

LÉVY, Pierre. *O que é o Virtual?* São Paulo: Editora 34, 1996.

LICHTY, Patrick. "*The Aesthetics of Liminality: Augmentation as an Art Form*". *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium*, Springer Series on Cultural, 2014.

LIN, Sikun, et. al. "*Ubii: Physical World Interaction Through Augmented Reality*". *IEEE Transactions on Mobile Computing*. Vol.16, 2017,p.872-885.

LIU, Yuhao; NORTON, James; QAZI, Raza; ZOU, Zhanan; AMMANN, Kaitlyn; LIU, Hank; YAN, Lingqing; TRAN, Phat; JANG, Kyung-In; LEE, Jung Woo; ZHANG, Douglas; KILIAN, Kristopher; JUNG, Sung Hee; BRETI, Timothy; XIAO, Jianliang; SLEPIAN, Marvin; HUANG, Yonggang; JEONG, Jae-Woong; ROGERS, John. "*Epidermal mechano-acoustic sensing electronics for cardiovascular diagnostics and human-machine interfaces*". *Science Advances*. 2016.

LIU, Xiu., VEGA, Katia. "*Wearability Factors for Skin Interfaces*", In: *Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference*, 2016.

MA, Zhenqiang. "*An electronic second skin*". *Science*, 333:6044, 2011, p. 830-31.

MAIMONE, Andrew; GEORGIU, Andreas; KOLLIN, Joel S. "*Holographic Near-Eye Displays for Virtual and Augmented Reality*." *Journal ACM Transactions on Graphics*. Volume 36 Issue 4, Article No. 85. 2017.

MARTIN, Julie. "*Augmented Reality Theater production: Dancing In Cyberspace*". Disponível em: <http://www.theopticalvisionsite.com/history-of-eyewear/the-history-of-augmented-reality/>. 1994. Acesso em: 13 de dezembro de 2016.

MARCHAND, Eric; UCHIYAMA, Hideaki; SPINDLER, Fabien. "*Pose estimation for augmented reality: a hands-on survey*". *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 22, 12. 2016. p. 2633–2651

MAURICIO, Gabriela S.; BONELLI, João S.; CHAGAS, Maria G. "*TattooAR: Augmented Reality Interactive Tattoos*". *DUXU 2015, Part II, LNCS 9187*. Springer International Publishing Switzerland, 2015, p. 667-674.

MEDIA LAB. "*DermalAbyss: Possibilities of Biosensors as a Tattooed Interface*". Disponível em: <https://www.media.mit.edu/projects/d-Abyss/overview/>. Acesso em: 13 de janeiro de 2018.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. "*A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*". *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 77 (12), 1994. p.1321-1329.

MISTRY, Pranav Mistry; MAES, Pattie; CHANG, Liyan. “WUW - Wear Ur World: A Wearable Gestural Interface”. In: Proceedings CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '09). ACM, New York, NY, USA. 2009. p.4111–4116.

MISHRA, Rupesh K.; MARTIN, Aida; NAKAGAWA, Tatsuo; BARFIDOKHT, Abbas; LU, Xialong; SEMPIONATTO, Juliane R.; MENGJIA, Lyu; KARAJIC, Aleksandar; MUSAMEH, Mustafa M; KYRATZIS, Ilias L.; WANG, Joseph. “*Detection of vapor-phase organophosphate threats using wearable conformable integrated epidermal and textile wireless biosensor systems*”. *Biosensors and Bioelectronics*. 2018. p. 227-234.

METTERS, Jonathan.; Kadara, Ro.; Banks, Ce. “*New directions in screen printed electroanalytical sensors: An overview of recent developments*”. *Analyst*, 136:6, 2011, p. 1067-76.

MODERN POLAXIS. Disponível em: <http://modernpolaxis.com/>. Acesso em: 15 de maio de 2016.

NICOLAU, S. et al. “*A complete augmented reality guidance system for liver punctures: First clinical evaluation*”. *Medical Image Computing and Computer – Assisted Intervention*. LNCS 3749. Springer, 2005.P.539-547, 2005. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11566465_67. Acesso em 21 de abril de 2016.

NINTENDO LIFE. “Forget About Cards, Have an Augmented Reality Tattoo”. Disponível em: <http://www.nintendolife.com/news/2011/05/forget-about-cards-have-an-augmented-reality-tattoo>. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

NUERNBERGER, Benjamin; OFEK, Eyal; BENKO, Hrvoje; WILSON, Andrew. “*SnapToReality: Aligning Reality to the Real World*”. In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2016. p.1233-1244.

OGATA, Masa Ogata; SUGIURA, Yuta; MAKINO, Yasutoshi; INAMI, Masahiko ; IMAI, Michita “*SenSkin: Adapting Skin As a Soft Interface*”. In: Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '13). ACM, New York, NY, USA, 2013. p. 539–544.

PARENTE, André (org). *Imagem-Máquina – A Era das Tecnologias do Virtual*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

PARENTE, André (org). *O Virtual e o Hipertextual*. Rio de Janeiro: Pazulin, 1999.

PARK, Hyungjun; JUNG, Ho-Kyun; PARK, Sang-Jin. “*Tangible AR interaction based on fingertip touch using small-sized non-square markers*”. *Journal of Computational Design and Engineering*. Volume 1, Número 4. 2014. p.289 – 297.

PETRELLI, Daniela. et al. “*Exploring the Aesthetics of Tangible Interaction: Experiments on the Perception of Hybrid Objects*”. Tangible, embedded, and embodied interaction international conference. Eindhoven, the Netherlands, 2016.

PREESTER, Helena. “*Technology and the Body: the Possibilities of Re-embodiment*”. *Found Sci*. Springer, 2010.

PRESTON, William; BENFORD, Steve; THORN, Emily-Clare; KOLEVA, Boriana; RENNICK-EGGLESTONE, Stefan; MORTIER, Richard; QUINN, Anthony; STELL, John; WORBOYS,

Michael. “*Enabling Hand-Crafted Visual Markers at Scale*”. In: Proceedings Designing Interactive Systems Conference. 2017.p. 1227 – 1225.

RABARAMA. “*360° 3D Mapping Projection*”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OZfTKSmPxxA>. Acesso em: 12 de agosto de 2017.

REFERENCES FOR YOU. “*Live face projection mapping*”. Disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=MZ9MoF5QowM&t=257s>. Acesso em: 12 de dezembro, 2016.

REKIMOTO, Jun. “*SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces*”. In : Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02). ACM, New York, NY, USA. 2002. p.113–120.

RODRIGUES, Fábio; SATO, Fernando; BOTEGA, Leonardo. “*Augmented Reality and Tangible User Interfaces Integration for Enhancing the User Experience*”. ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. 2012. p.67 – 70.

ROHACHOVA, Oleksandra.; RAZUMOVSKYI, Pavlo.; ALEKSIEIEV, Albert. “*Ink Hunter.*” Disponível em: <http://inkhunter.tattoo/>. Acesso em: 9 de junho de 2016.

ROHMER, Kai; JENDERSIE, Johannes; GROSCHE, Thorsten. “*Natural Environment Illumination: Coherent Interactive Augmented Reality for Mobile and non-Mobile Devices.*” In: Proceedings IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2017. p.2474 – 2484.

RUMBLE VIRAL. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=YD_C2Ic3c3Y. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

SCHERRER, Camille; PILET, Julien; FUA, Pascal; LEPETIT, Vincent. “*The haunted book*”. In Proceedings of the 7th IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality. IEEE Computer Society, 2008. p. 163–164

SCIENCE & TECH. “*Amazon is developing a 'blended-reality' mirror that dresses you in virtual clothes at home*”. Disponível em: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5231937/Amazon-file-patent-blended-reality-mirror.html>. Acesso em: 3 de janeiro de 2018.

SIEGL, Christian; LANGE, Vanessa; STAMMINGER, Marc; BAUER, Frank; THIES, Justus. “*FaceForge: Marker Non-Rigid Face Multi-Projection Mapping*”. In: Proceedings IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2017. p. 2440 – 2446.

STARZ AR. “*Starz – Magic Living Tattoos and Stickers*”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FoT4eAubMH4>. Acesso em: 4 de janeiro de 2018.

TAMURA, Toshiyo. “*Wearable Units*”. Seamless Healthcare Monitoring: Advancements in Wearable, Attachable, and Invisible Devices. 2017. p. 45 – 81.

TENNENT, Paul; MARSHALL, Joe; WALKER, Brendan; BRUNDELL, Patrick; BENFORD, Steve. “*The Challenges of Visual-Kinaesthetic Experience*”. In: Proceedings Designing Interactive Systems Conference. 2017.p. 1265 – 1276.

- THALMANN, Nadia. “*Interacting with virtual and augmented worlds*”. In: Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts. 2008. p. 15.
- THUONG, Hoang.; REINOSO, Martin.; JOUKHADAR, Zaher.; VETERE, Frank .; KELLY, David. “*Augmented Studio: Projection Mapping on Moving Body for Physiotherapy Education*”. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,ACM, 2017, p.1419 – 1430.
- VEGA, Katia.; FUKS, Hugo. “*Beauty Technology: Body Surface Computing*”. Computer 47,v. 4, 2014, p. 71 – 75.
- VEGA, Katia.; FUKS, Hugo. “*Beauty Technology: Skin Interfaces*”. In: Human Computer Interaction Series. Springer, 2016.
- VEGA, Katia; JIANG, Nan; LIU, Xin; KAN, Viirj; BARRY, Nick; MAES, Patties; YETISEN, Ali; PARADISO, Joe. “The dermal abyss: interfacing with the skin by tattooing biosensors.” In: Proceedings of ACM international Symposium on Wearable Computers. 2017. p.138-145.
- YOKOTA, Tomoyuki; ZALAR, Peter; KALTENBRUNNER, Martin; JINNO, Hiroaki; MATSUHISA, Naoji; KITANOSAKO, Hiroki; TACHIBANA, Yutaro; YUKITA, Wakako; KOIZUMI, Mari; SOMEYA, Takao. “Ultraflexible organic photonic skin”. Science Advances. 2016.
- YOON, Sang Ho; HUO, Ke; NGUYEN, Vinh P.; RAMANI, Karthik . “TIMMi: Finger-worn Textile Input Device with Multimodal Sensing in Mobile Interaction”. In: Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '15). ACM, New York, NY, USA, 2015. p.269–272.
- YUEN, et. al. “*Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education*”. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 4(1), 2011, p.119-140.
- WANG, Yanan; LUO, Shijian; LU, Yujia; GONG, Hebo; ZHOU, Yexing; LIU, Shuai; HANSEN, Preben . “*AnimSkin: Fabricating Epidermis with Interactive, Functional and Aesthetic Color Animation*”. In: Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems, 2017. p.397-401.
- WEEB, Chad R.; BONIFAS, Andrew P.; BEHNAZ, Alex; ZHANG, Yihui YU, Ki Jun; CHENG, Huanyu; SHI, Mingxing; BIAN, Zuguang; LIU, Zhuangjian; KIM, Yun-Soung; YEO, Woon-Hong; PARK, Jae Suk; SONG, Jizhou ; LI, Yuhang; HUANG, Yonggang; GORBACH, Alexander M.; ROGERS, John A. “*Ultrathin conformal devices for precise and continuous thermal characterization of human skin*”. Nature Materials 12, 10 (Oct 2013), 2013. p. 938–944.
- WEIGEL, Martin; MEHTA, Vikram; STEIMLE, Jurgen. “*More Than Touch: Understanding How People Use Skin As an Input Surface for Mobile Computing*”. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). ACM, New York, NY, USA, 2014. p.179–188.
- WEIGEL, Martin; LU, Tong; BAILLY, Gilles; OULASVIRTA, Antti; MAJIDI, Carmel; STEIMLE, Jurgen. “*iSkin: Flexible, Stretchable and Visually Customizable On-Body Touch Sensors for Mobile Computing*”. In: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15). ACM, New York, NY, USA. 2015. p. 2991–3000.

WEIGEL, Martin; NITTALA, Aditya S.; OLWAL, Alex; STEIMLE, Jurgen. "*SkinMarks: Enabling Interactions on Body Landmarks using conformal skin electronics*". In: Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017.p.3095-3105.

WEISSBERG, Jean-Louis. *Présences à Distance – Déplacement virtuel et réseaux numériques (Pourquoi nous ne croyons plus la television)*. Paris: Harmattan, 1997.

WIINOOB. "*Gamer Gets A Nintendo 3DS AR Card Tattoo*". Disponível em: <http://www.wiinoob.com/nintendo-3ds-ar-card-tattoo/>. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

ZHANG, Yang; ZHOU, Junhan; LAPUT, Gierad; HARRISON, Chris . "*SkinTrack: Using the Body As an Electrical Waveguide for Continuous Finger Tracking on the Skin*". In: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16). ACM, New York, NY, USA. 2016. p. 1491–1503.

ZHENG, Zhongyang; WANG, Bo; WANG, Yakun; YANG, Shuang; DONG, Zhongqian; Yi, Tianyang; CHOI, Cyrus; CHANG, Emily J.; CHANG, Edward. "*Aristo: An Augmented Reality Platform for Immersion and Interactivity*". In: Proceedings of ACM on Multimedia Conference. Mountain View, CA, USA. 2017. p. 690 – 698.

ZHOU, Feng.; DUH, Henry Benn-Lirn, BILLINGHURST, Mark. "*Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: a review of ten years of ISMAR*". In: Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR39;08), 2008, p.193-202.