

SENSORES VESTÍVEIS: TRANSCRIÇÃO DE DADOS EMOCIONAIS E ESTÍMULOS VISCERAIS

Lívia Fernandes Garrido ¹; Agda Regina de Carvalho ²

¹ Aluna de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professora do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Esse artigo apresenta o registro do processo de sensoriamento do vestível tecnológico HIFANEXUN (2024,) um desdobramento do projeto HIFA (Human + Interface + Fungi + Accessory) desenvolvido por pesquisadores do Instituto Mauá em 2022. Nesta pesquisa é registrado e o desenvolvimento da adição de um sistema de sensores e componentes eletrônicos que trabalha em conjunto sob comando de um Arduino Mega que possibilitará uma nova forma de compreendermos e visualizarmos a peça vestível. O objetivo dos pesquisadores que atuam neste projeto interdisciplinar, é trazer novas percepções ao HIFANEXUN, que discute as relações interpessoais pós pandemia. Neste sentido, busca-se compreender a maneira que os dados de sua reatividade e seus viscerais estímulos possam ser lidos e traduzidos ao nosso entendimento humano. Estes sensores serão ensinados a realizar a leitura do ambiente, utilizando principalmente os parâmetros de movimento e, distância, a fim de capturar e perceber as relações interpessoais existentes em seu entorno. Utilizando metodologias de design Futurista e Experimental, constrói seu alicerce com o objetivo de se estabelecer com sucesso no dia a dia de uma sociedade que está por vir.*

Introdução

O estágio que antecedeu o momento atual, a pandemia, foi marcado pela solidão, autoanálise e reflexão. Buscava-se contato por métodos alternativos, majoritariamente online e à distância. Hoje, sob uma dinâmica de retomada das relações, busca-se proximidade, em um mundo acelerado e efervescente, de rápida conectividade e um tempo que passa velozmente, as dinâmicas já não são mais as mesmas, pois o contexto é fluido e se transforma continuamente. É importante a percepção das mudanças de comportamento entre o antes e o agora, questionando se desaprendemos e reaprendemos a nos relacionar, um dos questionamentos do HIFANEXUM ¹em 2024.

O primeiro modelo do HIFA (HUMAN + INTERFACE + FUNGI + ACCESSORY)² demonstrou-se mais tímido e introspectivo; sua respiração era contida e, por muitas vezes, sua estrutura se recolhia em reatividade à aproximação, por sentir aversão à boa parte das interações, embora mantivesse sua curiosidade. Agora, chegou o momento de presenciar o desabrochar do *wearable* perante as relações humanas: ainda tímido, mas desbravador. As diferentes texturas representam a multiplicidade de relações, e agora há coragem e necessidade de contato e interação. Deve-se observar seu movimento, suas cores, sua metamorfose e até mesmo seu som.

Considera-se que os dispositivos tecnológicos são extensões do nosso corpo, pois durante a pandemia virtualmente alcançamos diferentes espaços e despertamos sensações e amenizamos as restrições e incômodos proporcionados pelo distanciamento. Neste contexto de retomada do convívio social, os wearables inteligentes, podem potencializar os atributos

¹ Esta pesquisa participa do projeto *Design, natureza e wearables inteligentes: design e experiência em desenvolvimento no Instituto Mauá de Tecnologia. Edital 2023. Prof. Dra. Agda Carvalho (coordenação), Murilo Orefice, Jorge Kawamura, Guilherme Ikeda, Guilherme Menegasso, Viviane Tavares de Moraes, Ana Paula Mendonça Alves, Isabelle Carvalho Ferreira da Silva.*

² Projeto desenvolvido no edital Mauá, 2022. Projeto Design e Wearables Inteligentes: sociabilidade e conectividade Prof. Dra. Agda Carvalho (coordenação), Murilo Orefice, Guilherme Ikeda, Guilherme Menegasso, Viviane Tavares de Moraes, Ana Paula Mendonça Alves e Rodrigo Rezende.

corpóreos – visual, sonoro e tátil, e explicitar as reações ou os estados do corpo, e desta forma, fornecer dados, que serão visualizados, a partir de parâmetros definidos pela equipe. O estudo da estrutura e do mecanismo serão baseados no biomimetismo, e o design irá especular para alcançar patamares de experimentação conectados com o afetivo e o social. (Carvalho, Moraes, Pereira, Orefice, Rezende, Ikeda, 2022, p. 846)

Em 2024 com as pesquisas e experimentações dos pesquisadores envolvidos no projeto, a proposta sofreu alterações e melhorias, não apenas em sua conceituação, mas também em seus componentes, e agora é capaz de interagir com o ambiente e as pessoas ao seu redor, além de trazer *feedback* para quem o observa por meio de luzes, som e movimento, equivalente à sua reatividade. Seu visual, agora mais refinado, ainda carrega em sua essência a conceituação dos micélios, fazendo uso do biomimetismo e diversas outras ferramentas do design para entregar o novo visual, mais condizente e compatível com o novo HIFANEXUN e a forma como gostaria de ser apresentado ao mundo. Este projeto colaborativo é composto pela equipe interdisciplinar; Agda Carvalho, Murilo Marcos Orefice, Guilherme Ikeda, Guilherme Menegasso, Viviane Tavares de Moraes, Ana Paula Mendonça Alves, Jorge Kawamura e a aluna Isabelle Carvalho Ferreira da Silva.

O conjunto de toda seu desenvolvimento – suas cores, que partiram de uma cartela predominante branca, agora amplia a presença do preto, suas texturas, que se tornaram mais refinadas, sua modelagem, mais elegante, e sua tecnologia, agora mais avançada – resultam em uma versão mais madura do *wearable*, que está vislumbrando se inserir na sociedade.

Além disso, Ling et al. (2019) destacam que “a inovação nos materiais é a chave para o progresso da tecnologia vestível, sendo este o principal foco da discussão”, além de enfatizarem a importância da energia vestível, integração multicomponente e comunicação sem fio, elementos essenciais para o desenvolvimento de wearables são cada vez mais eficazes.

Material e Métodos

O projeto HIFA, desde o seu início, teve como ponto de partida o estudo do micélio e a observação das interações com o ambiente. O micélio, por exemplo, auxilia os vegetais na sustentação e absorção de nutrientes, estabelecendo uma relação de simbiose na cadeia da vida com a qual interage (Figura 1). Este fenômeno inspirou a equipe na reflexão sobre como o *wearable* inteligente pode atuar de maneira análoga em seu ecossistema social, buscando amparar, sustentar e potencializar as relações interpessoais e as atividades compartilhadas entre indivíduos.

“Observações do crescimento e desenvolvimento de fungos, assim como outras soluções que envolvem movimentos específicos baseados em aspectos físicos, como composição química, massa e densidade dos materiais, foram fundamentais.” (Zampieri, 2023, p. 2)

Figura 1 - representação gráfica de micélios

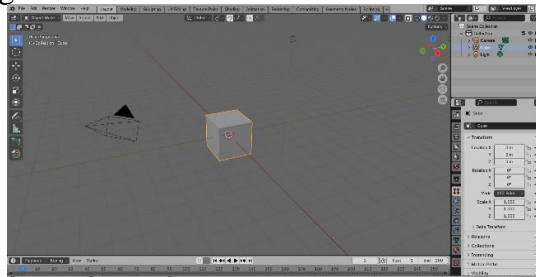


Fonte: acervo da Internet <https://neofeed.com.br/futuro-da-alimentacao/a-raiz-de-cogumelo-que-esta-produzindo-peixes-e-frutos-do-mar/> 2023

Com encontros, trocas e discussões entre os pesquisadores, após diversas etapas de prospecção, a ideia foi concretizada por meio do desenvolvimento de modelos tridimensionais baseados em estruturas de hifas de micélio. Esses modelos foram criados utilizando software de modelagem 3D (Blender) (Figura 2), em que as texturas simulam a expansão das hifas ao longo de uma área de 20 x 20 cm. Com espessura reduzida, essas texturas garantem a maleabilidade necessária para a aplicação nos protótipos do vestível. Os modelos foram impressos em uma impressora 3D, utilizando materiais como TPU ou ABS, nas cores branca e preta, o que possibilita a integração das texturas ao corpo base do wearable (Figura 4 e 5). O design final busca criar uma forma que se expanda de maneira fluida e convidativa, inspirada no comportamento do micélio, pois “(...) os fungos foram escolhidos como base para o projeto porque esses organismos apresentam múltiplas e intensas conexões entre seus indivíduos através das suas estruturas de sustentação chamadas de micélios” (Carvalho, Moraes, Pereira, Orefice, Rezende, Ikeda, 2022, p. 847- 848)

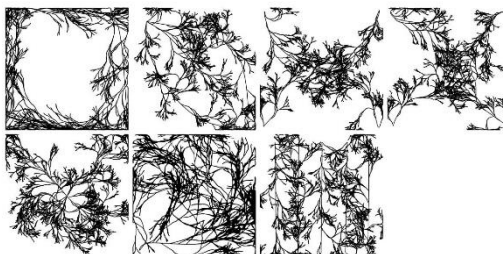
As modelagens 3D e impressões 3D foram realizadas por Guilherme Menegasso.

Figura 2 – interface inicial do software Blender



Fonte: arquivo da autora

Figura 3 – imagem vectoriais das texturas posteriormente impressas em impressora 3



Fonte: arquivo Guilherme Menegasso

Figura 4 – texturas impressas em PLA branco



Fonte: arquivo Agda Carvalho

Figura 5 – experimento de sobreposição das texturas



Fonte: arquivo da autora

A fase seguinte do projeto envolveu a implementação de um sistema eletrônico e de programação que simula tanto o comportamento do micélio em seu habitat quanto a interação única e individual do HIFA, em resposta aos estímulos do ambiente. O sistema é composto por motores que acionam a superfície do wearable, gerando reações do material que simulam, por exemplo, a respiração involuntária. Em relação aos mecanismos de reatividade do HIFA, a interação com os indivíduos é capturada por sensores, sendo refletida na agitação dos mecanismos em resposta à proximidade.

O HIFANEXUM foi concebido com os seguintes componentes principais:

- Um sistema Arduino Mega, que controla 4 sensores HC-SR04 (Figura 6) de proximidade;
- 5 servo-motores MG90S, responsáveis por simular a respiração e reagir aos movimentos ao redor;
- Fitas de LED, que acompanham o ritmo da respiração gerada pelos servo-motores;
- Um ESP8266, responsável por enviar sinais que indicam a distância, integrando um sistema de comunicação entre o wearable e um acessório acoplável e removível. Este acessório, que futuramente permitirá interatividade com um convidado, possui um receptor, enquanto o transmissor permanece no wearable;
- Um LED de feedback localizado na região do peitoral, proporcionando efeito visual de batimento cardíaco.
- Um Servo motor MG90S e um módulo testador 3CH ECS, integrados a um mecanismo de sustentação impresso em PLA. O servo motor ajusta a tensão de uma fita maleável, criando o efeito de respiração. (Figura 8)

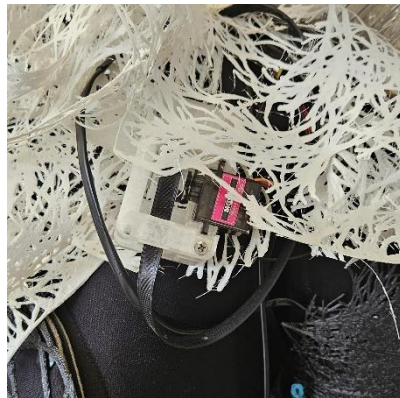
Todos os sistemas a seguir foram desenvolvidos, programados e instalados pelo Engenheiro Jorge Kawamura para atender os parâmetros discutidos pelos pesquisadores durante a concepção do wearable.

Figura 6 – sensores HC-SR04 aplicados em um braço do manequim vestindo o wearable



Fonte: arquivo da autora

Figura 7 – mecanismo aplicado diretamente ao wearable onde exerce movimento entre as texturas



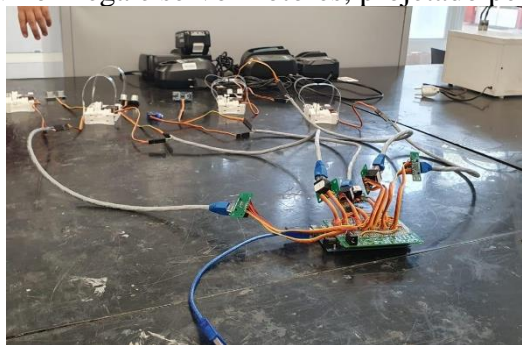
Fonte: arquivo da autora

Adicionalmente, o sistema é composto por um mecanismo que reúne o Arduino Mega com 6 conectores de rede, que têm a função de conectar os servo-motores MG90S, os sensores de movimento HC-SR04, a fita LED, a comunicação com o ESP8266 e o LED de Feedback garantindo a integração dos componentes e permitindo a comunicação entre os diferentes sistemas do HIFA. De acordo com Yin et al. (2020), "um sistema com componentes flexíveis e vestíveis é uma tendência inevitável para o futuro" (YIN et al., 2020, p. 1).

Arduino Mega e os sensores de proximidade:

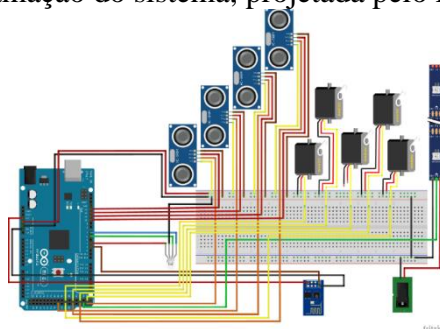
O Arduino Mega é o núcleo de comando principal do HIFANEXUM, responsável por gerenciar a operação de quatro sensores de proximidade. Esses sensores desempenham um papel importante na detecção de objetos e pessoas no entorno imediato do *wearable*, fornecendo informações essenciais para a reatividade comportamental do dispositivo. Além disso, o Arduino Mega coordena a funcionalidade dos cinco servo-motores HC-SR04 (Figura 8 e 9), que simulam movimentos rítmicos, como a respiração. Esses motores, integrados a uma fita LED, emitem sinais visuais sincronizados com a atividade rítmica, reforçando a ideia de um comportamento orgânico e involuntário.

Figura 8 – sistema Arduino Mega e servo-motores, projetado pelo Eng. Jorge Kawamura



Fonte: arquivo da autora

Imagem 9 - diagramação do sistema, projetada pelo Eng. Jorge Kawamura

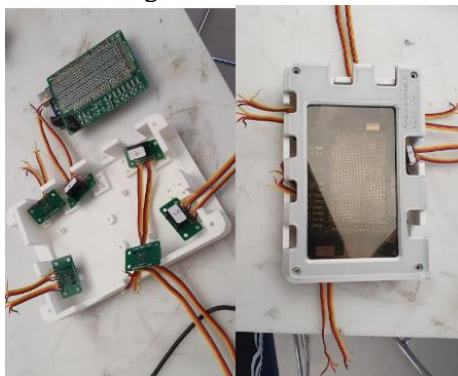


Fonte: arquivo Jorge Kawamura

Mecanismo de conectores e integração de sensores:

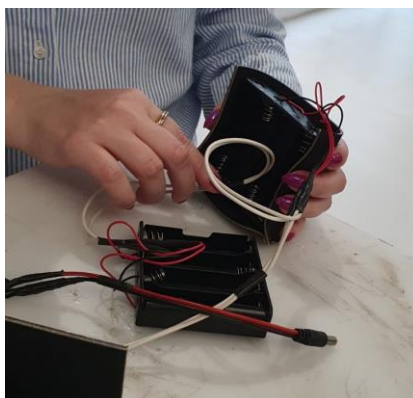
O sistema é finalizado com a integração de seis conectores de rede ao Arduino Mega, permitindo a conexão direta com os servo-motores e sensores de movimento (Figura 10 e 11). Esses conectores garantem a eficiência na transmissão de dados e comandos, possibilitando uma resposta ágil e precisa aos estímulos captados pelo wearable. A estrutura robusta e modular desses conectores facilita o processo de manutenção e a adaptação futura de novos componentes ou funcionalidades, ampliando a flexibilidade do dispositivo.

Figura 10 – sistema Arduino Mega e Conectores de Rede em seu compartimento



Fonte: arquivo da autora

Figura 11 - compartimento para transportar a fonte de energia que energiza o sistema

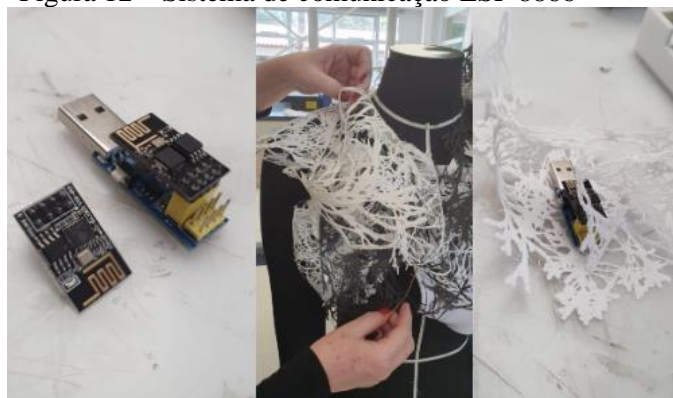


Fonte: arquivo da autora

Mini Arduino ESP8266 e comunicação interativa:

O Mini Arduino ESP8266 é um módulo complementar ao sistema principal, cuja principal função é transmitir sinais de distância a um receptor externo localizado em um acessório removível e acoplável (Figura 12). Esse acessório está projetado para futuras funcionalidades interativas, permitindo a criação de um vínculo entre o wearable e um convidado. O transmissor permanece embutido no HIFA, enquanto o receptor pode ser utilizado separadamente. O sistema é ainda equipado com um LED de feedback posicionado na região do peitoral, fornecendo respostas visuais que indicam o status de interação do wearable.

Figura 12 – Sistema de comunicação ESP 8866



Fonte: arquivo da autora

Mecanismos do Pulmão

A simulação do movimento do pulmão no HIFA é realizada por um sistema composto por um servo motor MG90S e um módulo testador 3CH ECS, ambos integrados a um mecanismo de sustentação impresso em PLA. Esse conjunto inclui uma fita maleável, responsável por criar o movimento dentro da veste (Figura 13). O servo motor é controlado pelo módulo testador, que ajusta a posição da fita, regulando a tensão aplicada. Quando a fita é tensionada, a veste ao redor é deslocada para fora, criando a impressão de um coração bombeando. Quando a fita está relaxada, ocorre o efeito de repouso do coração. Esse mecanismo confere ao wearable uma característica biomimética, simulando organicamente e metaforicamente o funcionamento de um pulmão humano.

Figura 13 – Sistema do Pulmão do HIFA



Fonte: arquivo da autora

A linha de código dos Sistemas foi desenvolvida pelo Eng. Jorge Kawamura no Software Arduino. (Figura 14, 15, 16)

Figura 14 – linha de código 1 a 16

```
sketch_nov25a | Arduino IDE 2.3.3
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
sketch_nov25a.ino
1 //**** Versão 5 ****
2 #include "Ultrasonic.h" //Biblioteca do Maker Hero
3 #include "Servo.h"
4 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
5 // *** Definição de pinagem dos ultrasons ***
6 const int pinoEcho1 = 13; //Conector 1
7 const int pinoTrig1 = 23; //Conector 1 //...
8 // *** Definição de pinagem dos Servos ***
9 const int pinoServo1 = 22; //Conector 1
10 const int pinoServo2 = 34; //Conector 2 //...
11 // *** Declaração de variável e configuração de pinagem dos ultrasons ***
12 Ultrasonic ultrasonic1 (pinoTrig1, pinoEcho1); //...
13 // *** Declaração de variável dos servo motores ***
14 Servo servoMotor1;
15 Servo servoMotor2;
16 //...
17
```

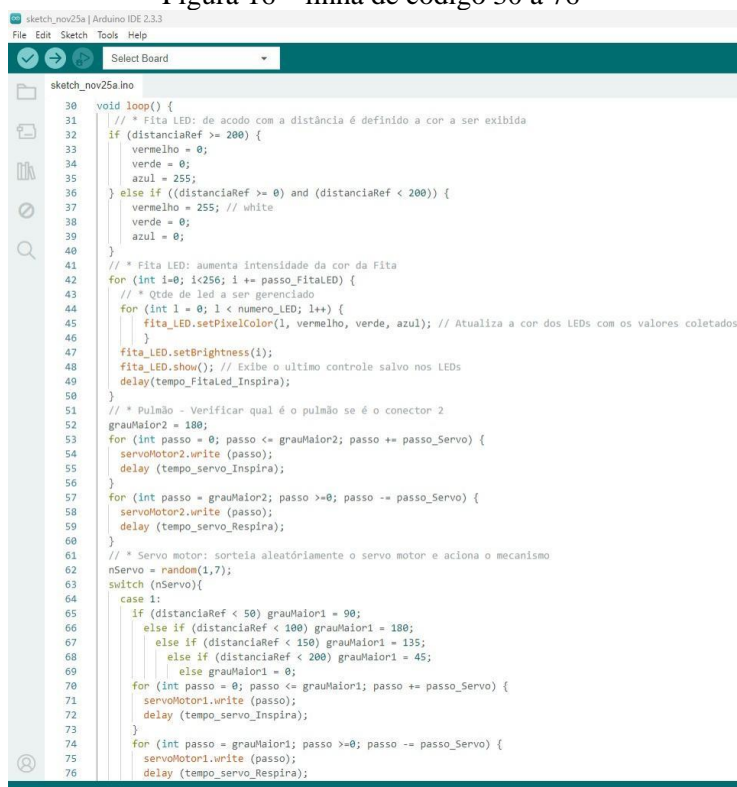
Fonte: arquivo Jorge Kawamura

Figura 15 – linha de código 18 a 28

```
sketch_nov25a | Arduino IDE 2.3.3
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
sketch_nov25a.ino
17
18 void setup() {
19 // *** Associação da pinagem com o ultrason ***
20 pinMode (pinoEcho1, INPUT);
21 pinMode (pinoTrig1, OUTPUT);
22 servoMotor1.attach (pinoServo1);
23 servoMotor1.write (0); //...
24 // *** Associação com o ESP8266-ESP01
25 Serial1.begin(115200);
26 // *** Associação com o Arduino Mega ***
27 Serial.begin (115200);
28 }
29
```

Fonte: arquivo Jorge Kawamura

Figura 16 – linha de código 30 a 76



```
30 void loop() {
31   // * Fita LED: de acordo com a distância é definido a cor a ser exibida
32   if (distanciaRef >= 200) {
33     vermelho = 0;
34     verde = 0;
35     azul = 255;
36   } else if ((distanciaRef >= 0) and (distanciaRef < 200)) {
37     vermelho = 255; // white
38     verde = 0;
39     azul = 0;
40   }
41   // * Fita LED: aumenta intensidade da cor da Fita
42   for (int i=0; i<256; i += passo_fitaLED) {
43     // * Qtde de led a ser gerenciado
44     for (int l = 0; l < numero_LED; l++) {
45       fita_LED.setPixelColor(l, vermelho, verde, azul); // Atualiza a cor dos LEDs com os valores coletados
46     }
47     fita_LED.setBrightness(i);
48     fita_LED.show(); // Exibe o ultimo controle salvo nos LEDs
49     delay(tempo_fitaLed_Inspira);
50   }
51   // * Pulmão - Verificar qual é o pulmão se é o conector 2
52   grauMaior2 = 180;
53   for (int passo = 0; passo <= grauMaior2; passo += passo_Servo) {
54     servoMotor2.write (passo);
55     delay (tempo_servo_Inspira);
56   }
57   for (int passo = grauMaior2; passo >=0; passo -= passo_Servo) {
58     servoMotor2.write (passo);
59     delay (tempo_servo_Respira);
60   }
61   // * Servo motor: sorteia aleatoriamente o servo motor e aciona o mecanismo
62   nServo = random(1,7);
63   switch (nServo){
64     case 1:
65       if (distanciaRef < 50) grauMaior1 = 90;
66       else if (distanciaRef < 100) grauMaior1 = 180;
67       else if (distanciaRef < 150) grauMaior1 = 135;
68       else if (distanciaRef < 200) grauMaior1 = 45;
69       else grauMaior1 = 0;
70       for (int passo = 0; passo <= grauMaior1; passo += passo_Servo) {
71         servoMotor1.write (passo);
72         delay (tempo_servo_Inspira);
73       }
74       for (int passo = grauMaior1; passo >=0; passo -= passo_Servo) {
75         servoMotor1.write (passo);
76         delay (tempo_servo_Respira);
77       }
78     }
79   }
```

Fonte: arquivo Jorge Kawamura

O desenvolvimento do HIFA-NEXUN (Figura 17) demonstrou a viabilidade e a importância de integrar a tecnologia vestível com a percepção e interação humana em um contexto pós-pandemia. A pesquisa teve como objetivo expandir as capacidades sensoriais do wearable, utilizando sensores avançados para criar uma interação mais rica e reativa com o ambiente e os indivíduos ao redor. A adaptação das texturas baseadas no micélio, associadas aos sistemas eletrônicos e mecânicos, proporcionou ao HIFA uma forma inovadora de captar e responder a estímulos, oferecendo um vislumbre do potencial de futuras tecnologias vestíveis. Como afirma Neri Oxman, “ao projetar com a natureza, em vez de para a natureza, podemos criar sistemas que coexistem e evoluem com o ambiente”, destacando a relevância da biomimética na concepção de soluções tecnológicas sustentáveis e interativas.

Além disso, a utilização de metodologias de design futurista e experimental, combinada ao biomimetismo, permitiu explorar soluções criativas e sustentáveis para as interações humanas no futuro. O modelo final do HIFA, com sua capacidade de responder a estímulos físicos e sociais, reflete a crescente tendência de sistemas vestíveis flexíveis e interativos, como destacado por Yin et al. (2020), que indicam o futuro inevitável dos sistemas com componentes flexíveis e vestíveis.

Figura 17 – HIFANEXUM exposto no Museu Nacional da República em Brasília, 2024



Fonte: arquivo Agda Carvalho

Considerações finais

O acompanhamento do sensoramento e do processo criação dos pesquisadores foi importante para a compreensão de uma pesquisa colaborativa. Considera-se que o projeto tenha avançado pois é possível identificar áreas para continuidade do projeto como a precisão na leitura dos dados sensoriais e a interação com os usuários em contextos diversos. Futuras pesquisas e protótipos poderão aprofundar esses aspectos, além de explorar novas formas de integração com outras tecnologias emergentes. O HIFANEXUN, portanto, não apenas contribui para a área de *wearables* inteligentes, mas também abre caminhos para a compreensão de como tecnologias inteligentes podem se adaptar e melhorar as relações interpessoais em uma sociedade cada vez mais conectada. O projeto HIFANEXUM “ (...) desperta inquietações e imprevisibilidades, ao aproximar distâncias por meio de dispositivos tecnológicos nos deparamos com comportamentos imprevisíveis” (Carvalho, Hernández, 2008, p.138).

Referências Bibliográficas

- ALSHURAF, Nabil. Aprendizado Profundo no Reconhecimento de Atividades Humanas com Sensores Vestíveis: Uma Revisão sobre os Avanços. 2020.
- BARROS, L. Z.; DE CARVALHO, A. R. Projeto de mecanismos para wearables a partir do biomimetismo.2024.
- Bailey, D.D.; Ollis, D.F. (1986) Biochemical Engineering Fundamentals. 2nd edition. New York, McGraw-Hill.
- CARVALHO, A.; HERNÁNDEZ-ACUAVIVA, H. Imprevisibilidade dos Algoritmos no uso Cotidiano. DAT Journal, v. 8, n. 3, p. 132–142, 25 set. 2023.
- CARVALHO, Agda; MORAES, Viviane Tavares de; PEREIRA, Everaldo; OREFICE, Murilo Marcos; REZENDE, Rodrigo; IKEDA, Guilherme. Wearable HIFA: Materialidade e Interatividade. Anais do 7º Congresso Internacional de Arte, Ciência e Tecnologia: Seminário de Artes Digitais, Belo Horizonte: EdUEMG,
- LING, Yunzhi; AN, Tiance; YAP, Lim Wei; ZHU, Bowen; GONG, Shu; CHENG, Wenlong Sensores Vestíveis Disruptivos e Flexíveis. 13 nov. 2019.
- OXMAN, Neri. *Age of Entanglement: Symbiosis Between Biology and the Built Environment*. Cambridge, MA: MIT Media Lab, 2016.
- ZHANG, Shibo; LI, Yaxuan; ZHANG, Shen; SHAHABI, Farzad; XIA, Stephen; DENG, Yu;