



**UnB**

Departamento de Design

# **Materiais Inteligentes:**

**Estrutura de apoio para situações de projeto**

Thainara Fernandes Neves

12/0062101

Dezembro/ 2017



**UnB**

Departamento de Design

# **Materiais Inteligentes:**

## **Estrutura de apoio para situações de projeto**

Relatório final de projeto, apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Design, pela Universidade de Brasília.

Orientador: Dr. Tiago Barros Pontes e Silva

Thainara Fernandes Neves  
12/0062101  
Dezembro/ 2017

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Fio de aparelho ortodôntico deformado e após retomar a forma memorizada **7**
- Figura 02 – Colher que entorta com a “força da mente” **7**
- Figura 03 – Exemplo de liga de nitinol recuperando sua forma original a partir da mudança de temperatura **11**
- Figura 04 – Luminária Vola de Isao Hosoe: Exemplo de liga de nitinol **12**
- Figura 05 – Exemplo de polímero recuperando sua forma original em uma sutura **13**
- Figura 06 – Exemplos de polímero recuperando sua forma original em um catéter intravenoso **14**
- Figura 07 – Exemplos de lentes transitions variando de cor com a luz **14**
- Figura 08 – Exemplos de caneca e toalha de mesa variando de cor com o calor **15**
- Figura 09 – Exemplos de azulejo de banheiro e papel de parede variando de cor com o calor **16**
- Figura 10 – Representação de estado de transparência e de estado de opacidade **16**
- Figura 11 – Exemplo de *smart windows* utilizadas como divisão de ambientes e variando de opacidade com eletricidade **17**
- Figura 12 – Exemplo de *smart windows* utilizadas como teto e variando de opacidade com eletricidade **17**
- Figura 13 – Exemplos de sinalizações internas fosforescentes **18**
- Figura 14 – Seascape children lamp – Lauren Morioarty: Exemplo de tecido fosforescente **19**
- Figura 15 – Exemplo de LEDs aplicados em monitor de computador **19**
- Figura 16 – Magic tape e lighting stripe – El Shine: Exemplos de OLEDs aplicados em tiras maleáveis **20**
- Figura 17 – Tabela-síntese dos tipos de materiais inteligentes **20**
- Figura 18 – Painel 1 de pesquisa de materiais inteligentes **21**
- Figura 19 – Painel 2 de pesquisa de materiais inteligentes **22**
- Figura 20 – Painel de abstrações das vantagens de se voltar a forma inicial **23**
- Figura 21 – Painel de abstrações das vantagens de se mudar de cor **24**
- Figura 22 – Painel de novas possibilidades de aplicação **25**
- Figura 23 – Panorama de passos realizados **25**
- Figura 24 – Painel da metodologia utilizada **26**
- Figura 25 – Quadro da metodologia utilizada **26**
- Figura 26 – Fluxograma “A vida é simples?” **27**
- Figura 27 – Fluxograma “Do you need a coffee?” **28**
- Figura 28 – Fluxograma “Should I throw that thing out?” **29**
- Figura 29 – Painel de fluxograma de perguntas e respostas **30**
- Figura 30 – Quadro vertical de metodologia **31**
- Figura 31 – Fundo e grid do fluxograma de metodologia **33**
- Figura 32 – Texto e chamadas do fluxograma de metodologia **35**
- Figura 33 – Título “Materiais inteligentes...” do fluxograma de metodologia **36**
- Figura 34 – Paleta de cores dos ícones e texto **37**
- Figura 35 – Paleta de cores dos fundos **37**
- Figura 36 – Ilustração que compõe o fundo em tons de verde **38**
- Figura 37 – Ilustração que compõe o fundo em tons de vermelho **38**
- Figura 38 – Forma final da frente de metodologia **39**

- Figura 39 – Forma final da frente de metodologia com grid e marcas de corte **40**
- Figura 40 – Painel 1 de testes de organização do fluxograma **41**
- Figura 41 – Painel 2 de testes de organização do fluxograma **42**
- Figura 42 – Painel 3 de testes de organização do fluxograma **42**
- Figura 43 – Painel 4 de testes de organização do fluxograma **43**
- Figura 44 – Painel 5 de testes de organização do fluxograma **43**
- Figura 45 – Fundo e grid do fluxograma de perguntas e respostas **44**
- Figura 46 – Quadros orgânicos e linhas tracejadas do fluxograma de perguntas e respostas **46**
- Figura 47 – Título “Ei psiu” do fluxograma de perguntas e respostas **47**
- Figura 48 – Ícone “Tá naquela fase que o projeto não anda nem desanda?” **47**
- Figura 49 – Ícone “O problema é o material?” **48**
- Figura 50 – Ícone “Seu projeto tem algum contato com calor, luz ou energia?” **48**
- Figura 51 – Ícone “Você está buscando algum diferencial?” **48**
- Figura 52 – Ícone “Gostaria de usar isso como ferramenta?” **49**
- Figura 53 – Ícone “Você está disposto a fazer alterações para atingir esse objetivo?” **49**
- Figura 54 – Ícone “Então aqueça essa página e veja a mágica acontecer!” **50**
- Figura 55 – Ícone “Vire a página e conheça os materiais inteligentes” **50**
- Figura 56 – Forma final do fluxograma de perguntas e respostas **51**
- Figura 57 – Forma final do fluxograma de perguntas e respostas com grid e marcas de corte **52**
- Figura 58 – Recorte da Figura X destacando os materiais termocrômicos **54**
- Figura 59 – Ramo de *Camellia sinensis* **55**
- Figura 60 – Temperatura de infusão de cada chá **55**
- Figura 61 – Tempo de infusão de cada chá **56**
- Figura 62 – Xícara art nouveau **57**
- Figura 63 – Xícara art déco **57**
- Figura 64 – Xícara minimalista **57**
- Figura 65 – Xícara incrementada **58**
- Figura 66 – Xícara simples **58**
- Figura 67 – Xícara divertida **58**
- Figura 68 – Termômetro de chá **59**
- Figura 69 – Timer **59**
- Figura 70 – Infusor de chá removível **59**
- Figura 71 – Xícara com medidor **60**
- Figura 72 – Xícara com alvo **60**
- Figura 73 – Xícara termocrômica **61**
- Figura 74 – Xícara com infusor fixo **61**
- Figura 75 – Xícaras com fundo adaptado **62**
- Figura 76 – Copo com centro de massa deslocado **62**
- Figura 77 – Esboços da xícara **64**
- Figura 78 – Modelo em espuma floral – Xícara inclinada 1 – **65**
- Figura 79 – Modelo em espuma floral – Xícara inclinada 2 – **65**
- Figura 80 – Modelo em espuma floral – Xícara e mão **65**
- Figura 81 – Vista frontal **66**
- Figura 82 – Vista superior **66**
- Figura 83 – Vista inferior **66**
- Figura 84 – Vista lateral direita em corte **67**
- Figura 85 – Vista lateral esquerda **67**

- Figura 86 – Vista frontal **67**  
Figura 87 – Vista superior **68**  
Figura 88 – Vista inferior **68**  
Figura 89 – Vista lateral direita em corte **68**  
Figura 90 – Vista lateral esquerda **69**  
Figura 91 – Esboços do indicador térmico **69**  
Figura 92 – Ramo de *Camellia sinensis* como indicador térmico **70**  
Figura 93 – Ramo de *Camellia sinensis* aplicado na xícara **70**

## SUMÁRIO

1. Introdução **7**
2. Método **9**
3. Materiais inteligentes (smart materials) **10**
  - 3.1 Materiais que mudam a forma **11**
    - 3.1.1 Ligas de memória de forma **11**
    - 3.1.2 Polímeros de memória de forma **13**
  - 3.2 Materiais foto, termo e eletrocromicos **14**
    - 3.2.1 Fotocromicos **14**
    - 3.2.2 Termocromicos **15**
    - 3.2.3 Eletrocromicos **16**
  - 3.3 Materiais que emitem luz/ luminescentes **17**
    - 3.3.1 Fotoluminescentes **18**
      - 3.3.1.1 Fluorescentes **18**
      - 3.3.1.2 Fosforescentes **18**
    - 3.3.2 Eletroluminescentes **19**
  - 3.4 Síntese **20**
4. Etapas de desenvolvimento/ propositivas **20**
  - 4.1 Planejamento da estrutura auxiliar para situações de projeto **21**
  - 4.2 Planejamento do sistema informacional **25**
    - 4.2.1 Referências visuais de fluxogramas de perguntas e respostas **27**
    - 4.2.2 Projeto gráfico **31**
      - 4.2.2.1 Frente 1: Metodologia **31**
      - 4.2.2.2 Frente 2: Fluxograma de perguntas e respostas **41**
  - 4.3 Casos de aplicação **53**
    - 4.3.1 Contexto do objeto **53**
    - 4.3.2 O chá: tradição e preparo **54**
    - 4.3.3 A xícara: formato e material **56**
    - 4.3.4 Referências visuais de xícaras de chá **57**
    - 4.3.5 Projeto do produto **63**
      - 4.3.5.1 Termocromia e corantes leuco **63**
      - 4.3.5.2 Indicadores termocromicos **63**
      - 4.3.5.3 Execução **64**
6. Conclusão **71**
7. Referências bibliográficas **72**

## 1. INTRODUÇÃO

Os materiais inteligentes são materiais sensíveis a estímulos externos – temperatura, luz, pressão, campo eletromagnético, entre outros – capazes de modificar as suas características de forma repetida e reversível. Eles são capazes de atuar por conta própria e variar sua estrutura, suas funções, suas propriedades mecânicas, elétricas ou até mesmo a sua aparência. Como exemplo, é válido citar os fios utilizados por dentistas em aparelhos ortodônticos com objetivo de moldar os dentes dos pacientes. Esses fios são formados por ligas metálicas inteligentes que, quando em contato com a temperatura corporal, têm a capacidade de retomar a forma memorizada e, lentamente, possibilitar o alinhamento dos dentes (Figura 01).

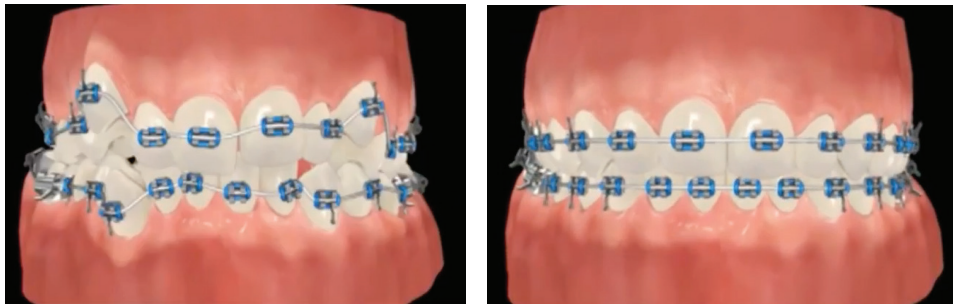


Figura 01 – Fio de aparelho ortodôntico deformado e após retomar a forma memorizada

Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=FDrXkOI\\_IDM&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=FDrXkOI_IDM&feature=youtu.be)

Outro exemplo conhecido é a colher que os ilusionistas dizem entortar com a “força da mente”. Este número consiste em memorizar uma colher composta por materiais inteligentes em um formato já entortado, deformá-la até aparentar ser um objeto ereto de uso cotidiano e, em seguida, atritá-la com as mãos até que o calor do corpo a aqueça e recupere sua forma memorizada (Figura 02).



Figura 02 – Colher que entorta com a “força da mente”

Fonte: <https://goo.gl/imJqwe>

Apesar das aplicações já existentes, os materiais inteligentes possuem um potencial pouco explorado considerando os benefícios que eles podem oferecer. Eles possibilitam a redução de esforço mecânico, gasto energético, fadiga muscular, bem como a facilidade de adaptação de objetos para usos específicos, como para pessoas com deficiências, idosos, pessoas em períodos de transição como crianças e grávidas, utensílios de uso público como pratos, talheres, cadeiras e camas utilizados em hospitais e escolas, entre outras inesgotáveis fontes de aproveitamento dessa tecnologia.

Nesse sentido, espera-se investigar outros campos de aplicação onde a inteligência de materiais pode ser benéfica e desenvolver um produto como exemplo e, assim, ajudar e incentivar projetistas a considerarem esse tipo de material para seu projeto. Quanto maior a disseminação dessa tecnologia, maior é o investimento de grandes empresas, resultando em uma redução do custo de produção e o início de um ciclo de exploração constante das possibilidades de aplicação desse material.

Portanto, o objetivo do presente trabalho é propor uma estrutura que favoreça o uso do material inteligente em outros campos, sugerindo uma visualização da inteligência de materiais para possíveis projetistas; além de desenvolver um produto utilizando-se dessa tecnologia como exemplo. Para tanto, pretende-se:

- Apresentar materiais inteligentes de forma introdutória;
- Desenvolver uma estrutura que favoreça a sua adoção por outros projetistas;
- Desenvolver um projeto gráfico ilustrando campos de aplicação;
- Desenvolver um produto exemplificando a inteligência de materiais.

A partir disso, espera-se que a estrutura permita que outros projetistas tenham um aparato para cogitar a aplicação de materiais inteligentes durante outros campos. O projeto gráfico vai servir como um suporte volante para promover um primeiro contato do público com essa tecnologia e o projeto do produto como um estudo empírico de como o material inteligente poderia ser aplicado.



## 2. MÉTODO

Para entender como este trabalho foi delineado é primordial compreender que ele não foi realizado cronologicamente como aqui apresentado. Este formato deve-se à uma preocupação didática que busca maior clareza para o leitor.

A pretensão de se trabalhar com materiais inteligentes foi o foco desde o princípio, percorrendo um processo projetual incomum, uma vez que é costume dos projetistas designar o material somente após a definição do contexto em que será trabalhado. Abordar materiais inteligentes de alguma forma era o objetivo principal, o desafio foi descobrir como.

A pesquisa e o levantamento aconteceram do começo ao fim do trabalho, ganhando diferentes focos ao longo do processo. No início era necessário conhecer quais são, como funcionam e onde são aplicados os materiais inteligentes; depois, de acordo com as necessidades que iam surgindo, a pesquisa foi sendo dirigida para áreas específicas, necessárias para o desenvolvimento dos produtos finais. Sua principal fonte de insumos foi os slides da disciplina de “*Nanotecnologie e Materiali Funzionali per il Design*” desenvolvidos pela professora Bárbara del Curto, docente da Politecnico di Milano, situada em Milão, na Itália.

O projeto do produto-exemplo começou a ser desenvolvido desde o início do trabalho e foi a maneira de começar a pensar sobre esse produto, que forneceu matéria-prima para a estruturação do processo de criação com materiais inteligentes e, conseqüentemente, para a produção de uma visualização gráfica deste processo. O produto foi estacionado e deu-se início à estruturação.

A estruturação foi a etapa essencial do trabalho. Nela, foram compilados todos os painéis, listas e mapas mentais produzidos durante a pesquisa para, a partir daí, construir uma visualização do processo que fosse inteligível para o leitor.

A etapa de produção da visualização veio em seguida, demandando uma pesquisa específica de design. Aqui, começou a ser estudado suporte, redação, dimensão, grid, tipografia, cor, entre outros fatores fundamentais para produção de um projeto gráfico.

Por último, o projeto do produto-exemplo foi retomado e finalmente começou a ser desenvolvido. Para tal, foi necessário encontrar um contexto em que o material inteligente traria alguma relevância ou diferencial e pesquisar formas em que fosse possível uma aplicação. O design do produto foi definido através de pesquisas de similares e campos de atuação, além de diversos esboços no papel.

### 3. MATERIAIS INTELIGENTES (SMART MATERIALS)

O presente capítulo tem como objetivo investigar alguns dos tipos e categorias dos materiais inteligentes (*smart materials*), exemplificando tanto aplicações em objetos, quanto campos em que ele é constantemente explorado. Entende-se que uma breve apresentação é necessária para facilitar uma visualização das possibilidades de aplicação que os materiais inteligentes podem oferecer para, então, selecionar um cenário para trabalhar. Essa seleção deve ser realizada a partir do potencial, proximidade com o contexto atual, acesso e a afinidade que o cenário em questão vai proporcionar. Para tanto, a investigação foi realizada, principalmente, a partir da análise documental do material didático da instituição Politecnico di Milano, produzido pela professora Barbara Del Curto para a disciplina de “Nanotecnologia e Materiais Funcionais para o Design” (Tradução livre).

De acordo com a autora,

Os *smart materials* são materiais inteligentes que modificam as suas propriedades adequando-se a situações nas quais são expostos de maneira repetida e reversível, reagindo a estímulos de natureza química ou física.

São chamados, por outro lado, *semi-smart materials*, se a mudança de propriedade acontece somente uma vez.

As condições que podem provocar a mudança são derivadas: da luz (principalmente exposição a raios UV), da temperatura, da pressão, do campo eletromagnético, entre outros.

Existem diversas formas de trabalhar a tecnologia de materiais em escala nanométrica e suas propriedades inteligentes, incluindo aplicações no campo da medicina, aviação, segurança, tecelagem, entre outros.

Os materiais inteligentes aqui estudados, podem ser divididos em algumas categorias para fins didáticos. São elas:

- Materiais que mudam a forma;
- Materiais foto, termo e eletrocromáticos;
- Materiais que emitem luz/ luminescentes.

### 3.1 MATERIAIS QUE MUDAM A FORMA

Materiais que mudam a forma são aqueles que podem ser ressignificados de acordo com o estímulo recebido. Essa mudança pode acontecer em ligas de memória de forma ou em polímeros de memória de forma.

#### 3.1.1 Ligas de memória de forma

São ligas que possuem capacidade de memorização da forma original e, mesmo quando deformadas, são capazes de retomá-la rapidamente se aquecidas. São elásticas e resistem bem à corrosão.

A mudança de forma acontece devido basicamente à uma transformação de fases. O material, quando em temperatura ambiente, é denominado martensítico. Nesse material é aplicada uma deformação até atingir a forma desejada, e, em seguida é aquecido a uma temperatura acima da temperatura de transformação, atingindo a fase austenítica e memorizando a forma escolhida.

Existem diversas ligas, mas apenas três possuem, atualmente, aplicações práticas em objetos de uso cotidiano. São elas: titânio-níquel (conhecida como nitinol ou NiTi), cobre-zinco-alumínio, cobre-alumínio-níquel. As ligas de nitinol possuem, ainda, a característica de serem biocompatíveis com o corpo humano (Figura 03).



Figura 03 – Exemplo de liga de nitinol recuperando sua forma original a partir da mudança de temperatura

Fonte: <http://www.core77.com/posts/27200/stephanie-kwolek-inventor-of-kevlar-passes-away-27200>

Estas ligas ganharam atenção de pesquisadores pelo fato de que estes materiais podem agir tanto como sensores (capazes de agir sozinhos), quanto atuadores (capazes de se mover e ativar outros dispositivos) e, portanto, serem aplicadas em áreas desde o campo biomédico até de sistemas de segurança. O seu emprego é distinto de acordo com o efeito que se deseja.

A recuperação livre da forma é vantajosa quando se deseja um objeto que retome sua forma original apenas com leve aquecimento. São exemplos dessas aplicações os arcos de sutiã: capazes de retomar sua forma original durante a lavagem na máquina de lavar com água aquecida. Também são usados em sistemas anti-incêndio: em caso de aquecimento do local, ocorre a deformação de um componente responsável pelo acionamento de um alarme.

No caso da recuperação parcial da forma, é quando a forma original é retomada apenas parcialmente por ser impedida por um material terceiro, exercendo uma força de compressão sobre ele. Essa solução é empregada em conexão de tubos: um anel alargado à baixas temperaturas, quando reaquecido, é capaz de recuperar sua forma original e unir dois tubos.

Na recuperação proporcional da forma, a vantagem vem da forma original ser retomada apenas proporcionalmente ao calor recebido. A Luminária Vola de Isao Hosoe (Figura 04) apresenta esse recurso: utiliza do calor da luz para ir modificando a forma da luminária ao longo do dia, simulando um pássaro que abre as asas durante o dia e fecha durante a noite (quando a luz é desligada e a forma é deformada novamente).



Figura 04 – Luminária Vola de Isao Hosoe: Exemplo de liga de nitinol

Fonte: <http://www.architetturaedesign.it/index.php/2007/12/17/isao-hosoe-design-contemporaneo-designer-famosi.htm>

Já os atuadores são vantajosos pela possibilidade de acionar um dispositivo. Eles se baseiam em molas ou sistemas de molas que atuam termicamente ou eletricamente por efeito Jaule. Como exemplo, pode-se considerar a abertura automática de janelas de estufas: quando a temperatura interna aumenta, as molas se deformam e abrem as janelas. Quando a temperatura interna cai, contra-molas (molas tradicionais) agem e fecham as janelas.

E como um último exemplo de vantagem das ligas de memória de forma está a superelasticidade, que permite a deformação livre do objeto. Ela é empregada na armação de óculos: capaz de retomar a forma original após deformação eventual.

### 3.1.2 Polímeros de memória de forma

Os materiais poliméricos também possuem capacidade de memória de forma. Contudo, para apresentarem tal comportamento, é necessária a combinação de diferentes polímeros e de processos específicos de transformação.

A combinação mais conhecida é a polinorborno, criada pela French CdF Chimie Company para fios ortodônticos e dispositivos de cirurgia intravascular. Entretanto, possui alto peso molecular, o que pode ser problemático em algumas situações. Outras combinações são: poliuretano, poliisopreno, estireno-butadieno e polietileno.

A memorização da forma dos polímeros, no entanto, acontece de forma diferente. Em vez de martensite e austenite, suas fases são denominadas vítrea e elástica.

Na fase vítrea o material encontra-se rígido e não pode ser deformado. Entretanto, ao aquecê-lo acima da temperatura de transição, o material atinge a fase elástica e passa a ser maleável e passível de deformação; recebendo, aí, o formato desejado. Quando resfriado, o formato já está memorizado.

Em comparação às ligas, os polímeros possuem como vantagem a biodegradabilidade, a baixa densidade, a ótima resistência a corrosão e o fato de possuírem diferentes tempos de recuperação da forma. É muito utilizada nos fios de sutura em cirurgias (Figura 05).

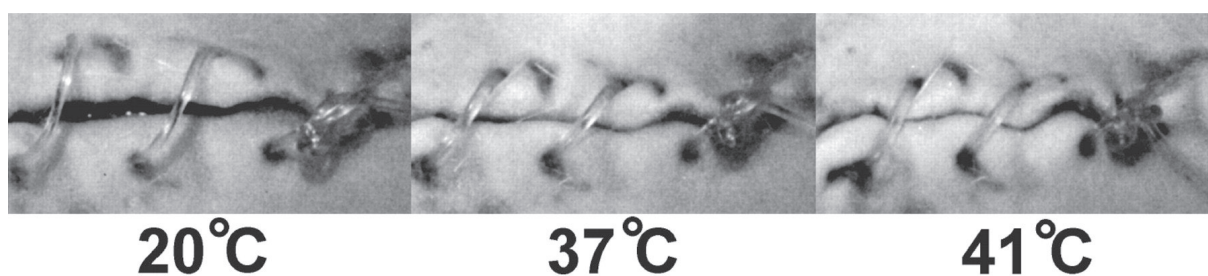


Figura 05 – Exemplo de polímero recuperando sua forma original em uma sutura

Fonte: <http://science.sciencemag.org/content/296/5573/1673.full>

Um uso recorrente dos polímeros de memória de forma é em caso de coágulo intravenoso. Isso acontece devido ao efeito *thermal-responsive* (em que a fase elástica é acionada com o aumento da temperatura) que possibilita a introdução de materiais rígidos que se tornarão mais flexíveis com a temperatura do corpo humano, minimizando possíveis danos aos tecidos (Figura 06)

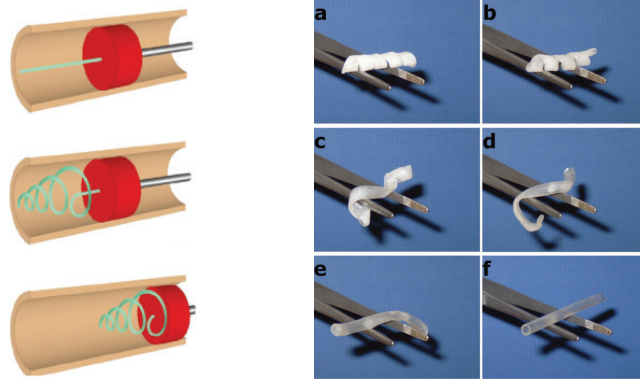


Figura 06 – Exemplos de polímero recuperando sua forma original em um catéter intravenoso

Fonte: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702107700470>

### 3.2 MATERIAIS FOTO, TERMO E ELETROCRÔMICOS

Materiais com capacidade de modificar as cores e as propriedades ópticas são considerados cromogênicos. Entre eles, existem os fotocrômicos, os termocrômicos e os electrocrômicos.

#### 3.2.1 Fotocrômicos

Materiais fotocrômicos quando expostos a radiação/luz suficientemente intensa, principalmente na faixa do UV, mudam temporariamente sua coloração.

Isso acontece devido a alterações estruturais a nível molecular promovidas pela incidência de radiação eletromagnética. Essas mudanças físico-químicas alteram as propriedades ópticas do material; tanto o espectro quanto a intensidade da luz refletida.

Existem pigmentos, polímeros e vidros fotocrômicos, sendo a aplicação mais conhecida as lentes *transitions* (Figura 07).



Figura 07 – Exemplos de lentes *transitions* variando de cor com a luz

Fonte: <http://opticastampico.com/productos/lentes-graduados/materiales/itemlist/tag/thin%20&%20lite>  
e <http://www.ochelarioare.net/detalii.php?produs=410>

Outras aplicações são: tecidos, esportes (roupas e equipamentos), embalagens, cabelos de bonecas, lancheiras escolares, cintos de PVC, pulseiras de relógio, espumas, frisbees, cartões de felicitações, stickers, cartões de visita, equipamentos de segurança, esmaltes de unha, etc.

Essas aplicações funcionam a partir da adição de corantes sensíveis a algumas radiações UV, conhecidos comercialmente como Reversacol.

### 3.2.2 Termocrômicos

Os materiais termocrômicos têm capacidade de mudar sua coloração com a variação da temperatura. Isso acontece devido a uma reação química ou uma transição de fases. Para caráter de estudo, dividiu-se os materiais orgânicos com características termocrômicas em cristais líquidos e corantes leuco.

Os cristais líquidos são compostos químicos que apresentam características mecânicas vizinhas àquelas dos líquidos, mas apresentam comportamentos semelhantes aos dos sólidos. A variação da temperatura age na sua estrutura molecular e sua propriedade óptica, fazendo com que a luz branca seja refratada em várias cores diferentes. Ex: cor marrom = mais frio e cor azul = mais quente.

As aplicações mais comuns são os displays, entretanto, eles vêm sendo cada vez mais explorados em outras áreas devido às suas particularidades de termocromia.

Os corantes leuco são substâncias aditivas geralmente coloridas em estado sólido e incolores em estado líquido. São frequentemente utilizadas combinadas ao corante comum, que permanece constante, enquanto o corante termocrômico varia com a temperatura. Eles possuem uma precisão menor do que os cristais líquidos.

Algumas aplicações podem ser observadas em pulseiras que mudam de cor (indicando febre), embalagem de alimentos e bolsas de sangue (indicando se o produto foi devidamente resfriado), cosméticos, tecidos, brinquedos, utensílios para bebidas, sistemas de segurança residenciais, entre outros. (Figuras 08 e 09)



Figura 08 – Exemplos de caneca e toalha de mesa variando de cor com o calor

Fonte: <https://fab.com/product/on-off-mug-269545>



Figura 09 – Exemplos de azulejo de banheiro e papel de parede variando de cor com o calor  
 Fonte: <http://equipforball.top/heat-sensitive-tiles/> e <http://studio-deco.com.ua/decoration/oboi-i-3d-paneli/>

### 3.2.3 Eletrocromicos

Os materiais eletrocromicos são capazes de mudar sua coloração com a variação de corrente e tensão elétricas.

Graças a um pequeno impulso elétrico e injeção (ou extração) de íons, eles podem mudar o estado de transparência (em que a luz atravessa o material) para estado de opacidade (em que o material é capaz de absorver ou refletir luz visível). O material mais utilizado para eletrocromia é o Óxido de Tungstênio (Figura 10).

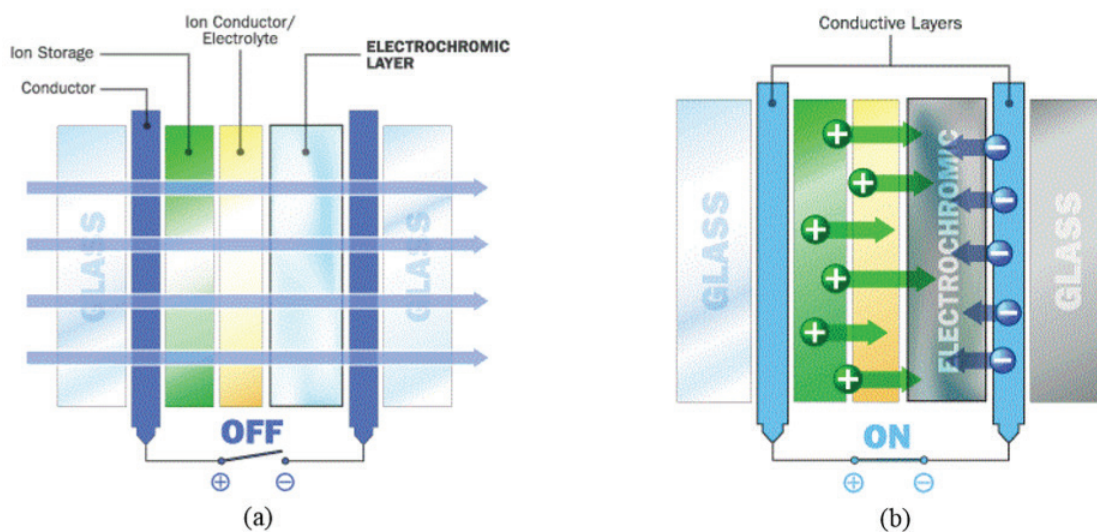


Figura 10 – Representação de estado de transparência e de estado de opacidade  
 Fonte: <http://www.openaccessjournals.siftdesk.org/articles/full-text/Smart-Window-Technologies-Electrochromics-and-Nanocellulose.html>



As principais aplicações são: displays informativos, espelhos com reflexo variável (como retrovisores anti ofuscamento) e, principalmente, janelas inteligentes (*smart windows*).

As *smart windows* vem sendo cada vez mais aplicadas em locais que desejam controlar a passagem de radiação UV, a iluminação interna e a visibilidade (para fins de privacidade). (Figuras 11 e 12)



Figura 11 – Exemplo de *smart windows* utilizadas como divisão de ambientes e variando de opacidade com eletricidade

Fonte: <https://weburbanist.com/2013/06/01/smart-glass-flip-a-switch-to-make-opaque-turn-transparent/>



Figura 12 – Exemplo de *smart windows* utilizadas como teto e variando de opacidade com eletricidade  
Fonte: <http://www.mundoarquitectura.org/cristal-electrocrmico-un-gran-avance-en-el-ahorro-de-energia/>

### 3.3 MATERIAIS QUE EMITEM LUZ/ LUMINESCENTES

Todas as formas de emissão de luz a partir de um material são chamadas luminescências.

Elas podem ser divididas entre fotoluminescentes e eletroluminescentes, de acordo com o estímulo que recebem.

### 3.3.1 Fotoluminescentes

A fotoluminescência é a capacidade de uma substância de absorver luz e irradiá-la. Existe uma distinção entre fluorescentes e fosforescentes, de acordo com o tempo de vida da radiação de luz.

#### 3.3.1.1 Fluorescentes

Na fluorescência, a luminescência cessa quase imediatamente após remoção da fonte energética, como uma lâmpada que se apaga.

Seus pigmentos são brancos ou transparentes na luz do dia, e irradiam uma intensa cor fluorescente se expostos à radiação UV.

As aplicações são bastante conhecidas em etiquetas, documentos, cédulas de dinheiro e objetos que necessitam de verificação de autenticidade.

#### 3.3.1.2 Fosforescentes

Na fosforescência, após remoção da fonte energética, a radiação continua a ser emitida por um tempo, uma vez que o processo de absorção e irradiação de luz ocorrem mais lentamente.

As aplicações ocorrem em diversos setores, como sinais de segurança (em navios, indústrias, transportes, edifícios), sinalização e avisos internos, estradas (em situações de difícil visibilidade), setas, tapetes (em situações de *blackout*), artigos infantis, adesivos que simulam estrelas no céu, entre outros (Figuras 13 e 14).



Figura 13 – Exemplos de sinalizações internas fosforescentes

Fonte: <http://www.sinartlux-placas.com.br/>



Figura 14 – *Seascape children lamp* – Lauren Moriarty: Exemplo de tecido fosforescente  
Fonte: <http://www.laurenmoriarty.co.uk/Products-Seascape.htm>

### 3.3.2 Eletroluminescentes

A eletroluminescência acontece quando a emissão de luz é provocada eletricamente, durante a passagem de corrente pelo material. Os sistemas eletroluminescentes mais conhecidos são o LED (diodo emissor de luz) e o OLED (diodo emissor de luz orgânico) (Figuras 15 e 16).

Os LEDs e os OLEDs possuem vários benefícios de uso. Eles possuem baixa emissão de raios infravermelhos e nenhuma de raios UV, baixa emissão de calor (cerca de 90% da energia é transformada em luz), funcionam com baixa voltagem, tem acendimento rápido, não liberam mercúrio durante o descarte (como as lâmpadas fluorescentes) e tem longo tempo de vida útil (cerca de 25x mais do que uma lâmpada incandescente); além do tamanho reduzido.

A principal diferença entre eles é que o LED é um ponto e o OLED, uma superfície; possibilitando-o de ser produzido em superfícies maleáveis, como o plástico.

As aplicações do LED são várias. Desde iluminação de espaços, celulares, computadores, televisores, mouses, faróis de carros, semáforos, decoração, roupas; até tratamentos médicos (como icterícia em bebês).



Figura 15 – Exemplo de LEDs aplicados em monitor de computador  
Fonte: [https://www.philips.co.in/c-p/160E1SB1\\_94/lcd-widescreen-monitor](https://www.philips.co.in/c-p/160E1SB1_94/lcd-widescreen-monitor)



Figura 16 – *Magic tape* e *lighting stripe* – El Shine: Exemplos de OLEDs aplicados em tiras maleáveis

Fonte: <http://www.toxel.com/inspiration/2009/01/24/modern-and-creative-packing-tape-designs/>

### 3.4 SÍNTESE

Apresentadas algumas das infinitas possibilidades de aplicação dos materiais inteligentes, fez-se necessário criar uma tabela-síntese para auxiliar a visualização do todo. Nela foram listados os títulos auto-explicativos que cumprem o papel de ativação e reconhecimento do cérebro, associando pequenas frases à assuntos extensos (Figura 17).

<b>MATERIAIS INTELIGENTES</b>		
<b>Materiais que mudam a forma:</b>	<b>Materiais foto, termo e eletrocromicos:</b>	<b>Materiais que emitem luz/ luminescentes:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligas de memória de forma</li> <li>- Polímeros de memória de forma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotocromicos</li> <li>- Termocromicos</li> <li>- Eletrocromicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotoluminescentes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Fluorescentes</li> <li>→ Fosforescentes</li> </ul> </li> <li>- Eletroluminescentes</li> </ul>

Figura 17 – Tabela-síntese dos tipos de materiais inteligentes

Fonte: da autora

## 4. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO/ PROPOSITIVAS

As etapas desenvolvimento foram organizadas de acordo com os objetivos do projeto, divididas em (a) Planejamento da estrutura auxiliar para situações de projeto; (b) Planejamento do sistema informacional e (c) Casos de aplicação dessa tecnologia.

#### 4.1 PLANEJAMENTO DA ESTRUTURA AUXILIAR PARA SITUAÇÕES DE PROJETO

Nesse momento será abordado o processo de planejamento da estrutura do projeto. Esse planejamento não tem como objetivo a definição final de uma forma ou superfície mas, da estrutura de organização e das possibilidades de aplicação dos materiais inteligentes. Essa estrutura é necessária pois servirá duplamente, para ambos os projetos. Ela atende tanto a demanda de entendimento das aplicações que podem ser desenvolvidas, quanto a de definição do objeto-exemplo que será produzido.

Para a sua experimentação foram realizadas diversas sessões de *brainstorming* sobre as possibilidades de relação entre os tipos de materiais inteligentes, as aplicações existentes e uma abstração delas utilizando da lógica de funcionamento para emprego em outros contextos. A partir daí, navegando entre esses passos, iniciou-se um processo de *brainwriting*, buscando organizar as ideias para uso posterior.

A primeira sessão de *brainwriting* girou em torno da pesquisa e aplicações existentes. Foi gerado um painel para acomodar os tópicos principais e servir como apoio visual para as próximas etapas, partindo dos *smart materials* e caminhando por características como estímulo, mudança de cor e mudança de forma (Figuras 18 e 19).

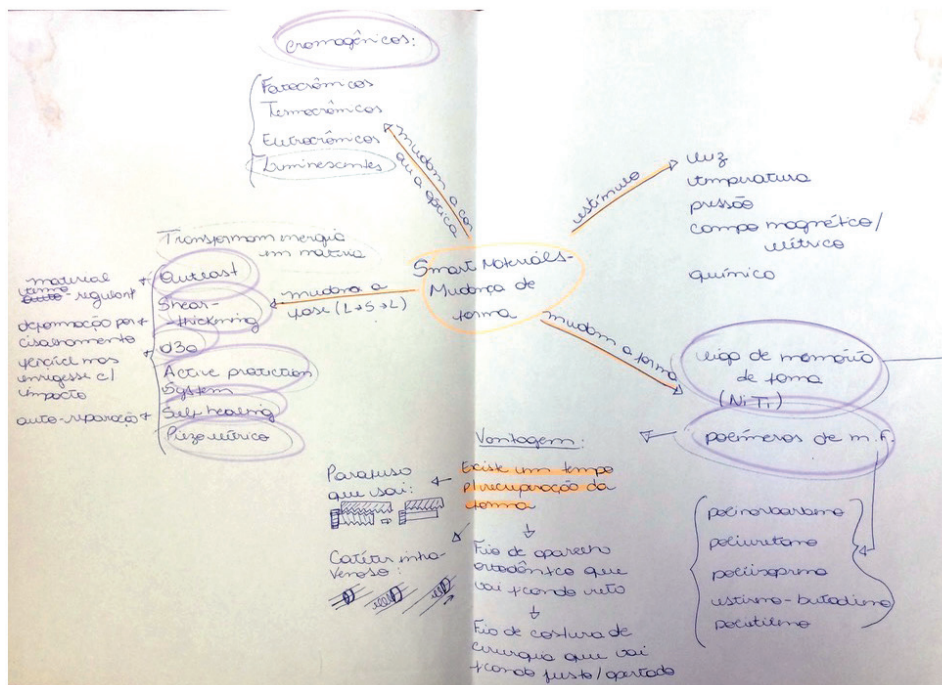


Figura 18 – Painel 1 de pesquisa de materiais inteligentes

Fonte: da autora

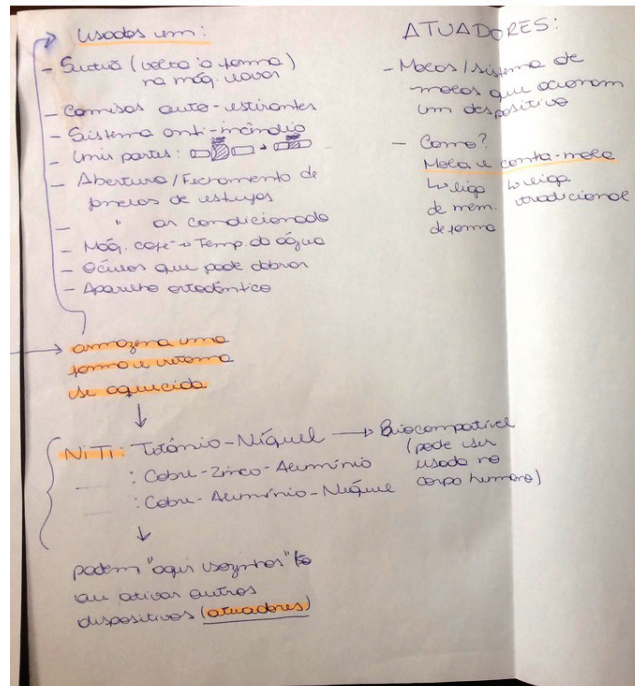


Figura 19 – Painel 2 de pesquisa de materiais inteligentes

Fonte: da autora

A segunda sessão foi focada na abstração da lógica de funcionamento das aplicações existentes e foram gerados dois painéis.

O primeiro é um estudo das vantagens de um objeto voltar à forma inicial (Figura 20).

Foram usados como inspiração a pele que se recupera; o cabelo que, mesmo alisado, ao ter contato com a água retoma sua forma natural; plantas; animais platelmintos (aqueles com capacidade de regeneração); água, capaz de transitar entre os estados físicos e, por último, o equilíbrio do ecossistema.

Em seguida, foram trabalhadas as vantagens reais desse mecanismo. São elas:

- Algo que se use para trabalhos que estão sempre variando. Ex: iluminação em estúdios, anzóis, facas de corte.
- Algo que se empreste ou alugue. Ex: roupas para festas, noivos, sapatos, fantasias, acessórios.
- Objetos em ambientes públicos como em escolas, hospitais, restaurantes. Ex: colheres, camas, carteiras escolares, cadeiras de rodas, copos, canecas, botões, maçanetas.
- Algo que precise ser compactado. Ex: hambúrguer, mala, cinta, roupas.
- Algo que acompanhe o crescimento de crianças. Ex: cadeiras de bebê, balanço, bicicleta.
- Algo que trabalhe com variação de dificuldades, podendo ser motoras ou físicas. Ex: vasos sanitários, colheres, pratos, camas.
- Algo que acompanhe estágios da gravidez. Ex: roupas, acessórios.

- Algo que se queira resetar/ reiniciar para venda ou viagem. Ex: roupas, sapatos, malas.
- Objetos que amassem. Ex: óculos, chapéu.
- Objetos para usos específicos. Ex: pá de bateadeira, pote para biscoito/ comida, canudo, aspirador de pó, bico de pena, caneta para aquarela, pasta para documentos, embalagens para transporte.

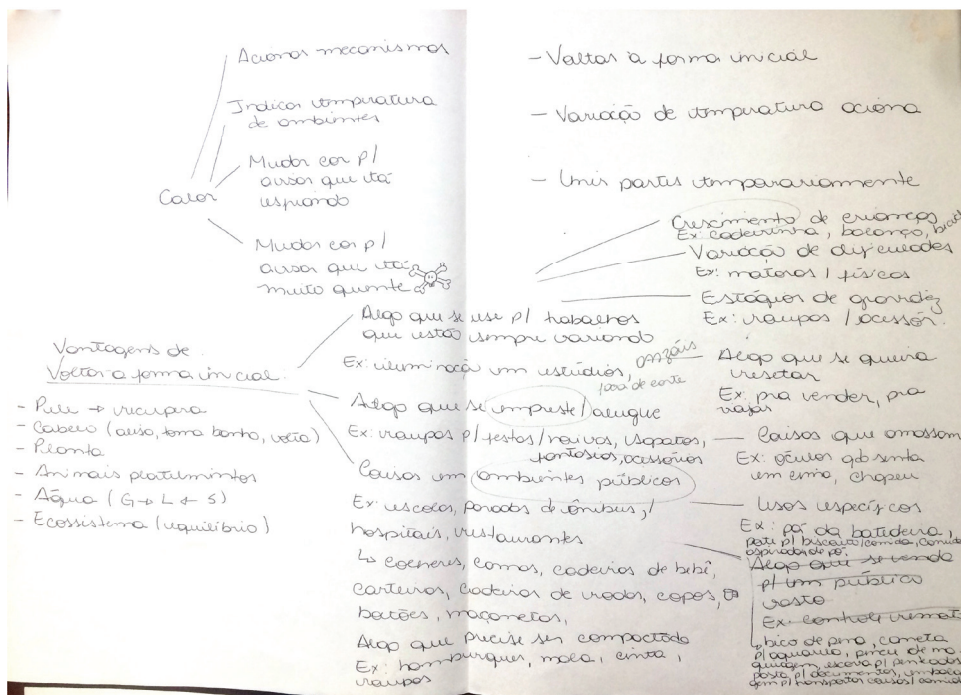


Figura 20 – Painel de abstrações das vantagens de se voltar a forma inicial

Fonte: da autora

O segundo painel é um estudo das vantagens de um objeto mudar a sua cor (Figura 21).

Neste caso, as vantagens encontradas foram:

- Indicar que algo está quente. Ex: fogão, panela, travessa, estufa, motor de moto, prato, incêndio.
- Indicar que algo está frio. Ex: vacina, comida congelada, órgãos para transplante.
- Indicar que algo está finalizado. Ex: comida, café, arroz.
- Indicar reinício/ aquecimento de algo. Ex: panela de arroz, sanduicheira, ar condicionado.
- Proteção. Ex: guarda-sol, óculos.
- Divisão de espaços utilizando transparência. Ex: portas, janelas, provadores de roupa.
- Mostrar/ esconder algo. Ex: desenhos, panela, prato com tampa.
- Função lúdica. Ex: brinquedos, bonecos que mudam de cor.
- Sensação de ter algo novo. Ex: brinquedos, roupas.
- Adaptar a situações ou estações diferentes. Ex: cadeiras de sol, tapetes, bóias.
- Indicar temperatura corporal e auxiliar em casos de febre. Ex: pulseiras.
- Indicar espaços em manutenção. Ex: vitrines.

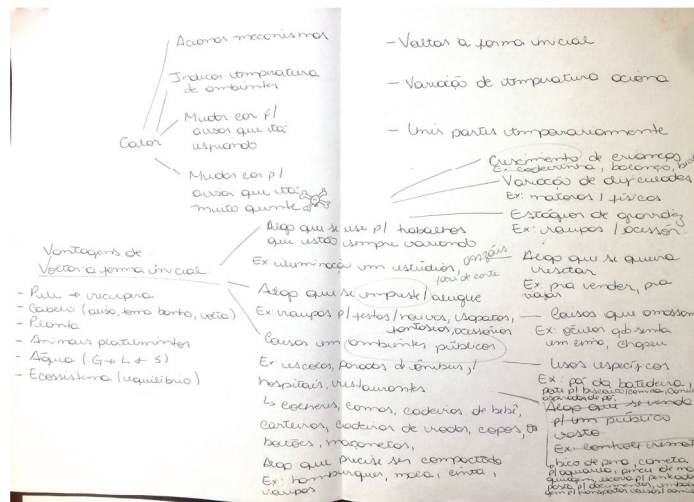


Figura 21 – Painel de abstrações das vantagens de se mudar de cor

Fonte: da autora

A terceira sessão atentou-se para geração de novas possibilidades de aplicação e foi gerado um outro painel de ideias livres (Figura 22).

Aqui estão representadas algumas das ideias mais relevantes:

- Chuveiro que se deforma e ganha outras formas em contato com o calor da água.
- Pote de sopa com indicador de temperatura.
- Piso de chuveiro que, em contato com a água quente, revela uma ilustração escondida.
- Forma de sobremesa moldável que recupera sua forma ao ser aquecida.
- Varal de roupas que, em contato com as roupas úmidas e frias, se deforma; e que de acordo com que as roupas vão secando e aquecendo com o sol, vai retomando sua forma inicial.
- Guarda-sol que abre quando em contato com o sol.
- Livro que, quando atritado pela mão do leitor, revela surpresas.
- Bolsa de água quente que muda de cor com a temperatura, indicando resfriamento.
- Escova para enrolar/ modelar cabelo que, ao aquecida pelo secador, se deforma e auxilia no penteado.
- Barraca de acampamento que, ao aquecida ou em contato com a luz do sol, aciona um mecanismo de proteção.
- Janela que escurece pela manhã com a luz solar.
- Fios/ fones de ouvido auto-estirantes quando em contato com calor.
- Forma de gelo que, quando aquecida, se deforma e expulsa o gelo.
- Faca desamolada que retoma a sua forma inicial quando aquecida.
- Mesa para notebook que aciona um ventilador, se alcançada determinada temperatura.
- Churrasqueira/ fogão que indicam temperatura elevada.





O primeiro é uma espécie de representação do panorama (Figura 23) mais detalhadamente, em que todos os exemplos apresentados seguem uma sequência de pensamento. A ideia é propor ao leitor percorrer esse caminho como se fosse um manual de instruções (Figuras 24 e 25).

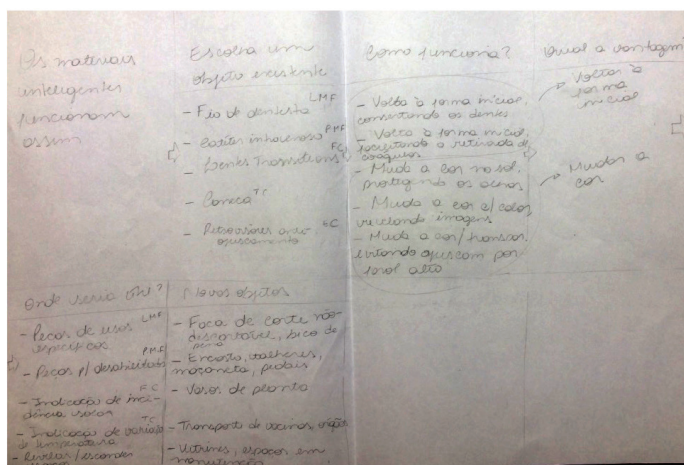


Figura 24 – Painel da metodologia utilizada

Fonte: da autora

Neste quadro é possível compreender melhor a discriminação de ideias do painel:

Levantamento/ Pesquisa	Aplicações existentes	Como funciona?	Onde mais seria útil?	Novos objetos
A Liga NiTi/ Nitinol funciona assim	Fio de aparelho ortodôntico	Volta à forma memorizada, consertando os dentes	Peças com usos específicos	Facas de corte, bicos de pena
Os polímeros funcionam assim	Catéter intravenoso de desobstrução	Volta à forma memorizada, facilitando a retirada de coágulos	Peças para pessoas com deficiência	Encostos, talheres, maçanetas, pedais
Os fotocromicos funcionam assim	Lentes de óculos transitions	Muda de cor no sol, protegendo os olhos	Identificação de incidência solar	Vasos que abrigam plantas
Os termocromicos funcionam assim	Caneca de café mágica	Muda a cor com o calor, revelando imagens	Indicação de variação de temperatura	Transporte de vacinas/ órgãos
Os eletrocromicos funcionam assim	Retrovisores anti-fuligem	Muda de cor/ transparência com energia, evitando ofuscamento	Revelação/ omissão de espaços	Vitrines em manutenção

Figura 25 – Quadro da metodologia utilizada

Fonte: da autora

Esse painel serviu como primeiro passo para o desenvolvimento do projeto gráfico; entretanto, ele não funcionaria sozinho.

Para convidar um leitor que nunca teve contato com esse tipo de material e que não vê relevância para seu projeto, é preciso despertar interesse de forma com que não cause estranheza e que o material não seja a primeira informação a ser apresentada.

Para isso, foi estudado como os fluxogramas de perguntas e respostas funcionam.

#### 4.2.1 Referências visuais de fluxogramas de perguntas e respostas

Fluxogramas de perguntas e respostas são estruturas que, por meio de perguntas tendenciosas, induzem o leitor a chegar sempre na mesma resposta (Figuras 26 e 27), ou, em alguns casos, em respostas opostas (Figura 28). Eles são eficientes pois incorporam várias situações diferentes, buscando integrar o maior número de leitores possível de forma lúdica e sedutora.

Os fluxogramas apresentados a seguir foram utilizados como referências diretas para a criação do projeto gráfico e foram encontrados em redes sociais de compartilhamento de imagem como o “Pinterest” que permite, através de palavras-chave, montar um mural personalizado para cada usuário. Eles foram escolhidos de acordo com sua similaridade com o projeto; como, por exemplo: ter opções de sim ou não após as perguntas, ter uma frase de chamada inicial (“*Do you need a coffee?*”); seguir um percurso iniciado no topo da página, entre outros fatores.

Essa pesquisa de referências foi essencial para um estudo de abordagem, linguagem e contexto de onde são utilizados, bem como um entendimento da inteligência por trás da organização e ordem das perguntas.

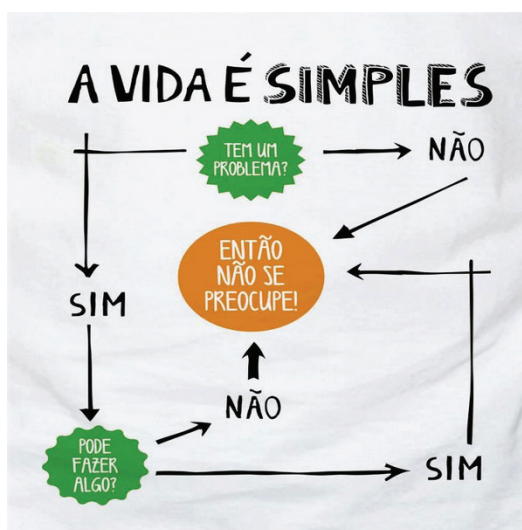


Figura 26 – Fluxograma “A vida é simples?”

Fonte: <https://www.nowmaste.com.br/vidasimples/>

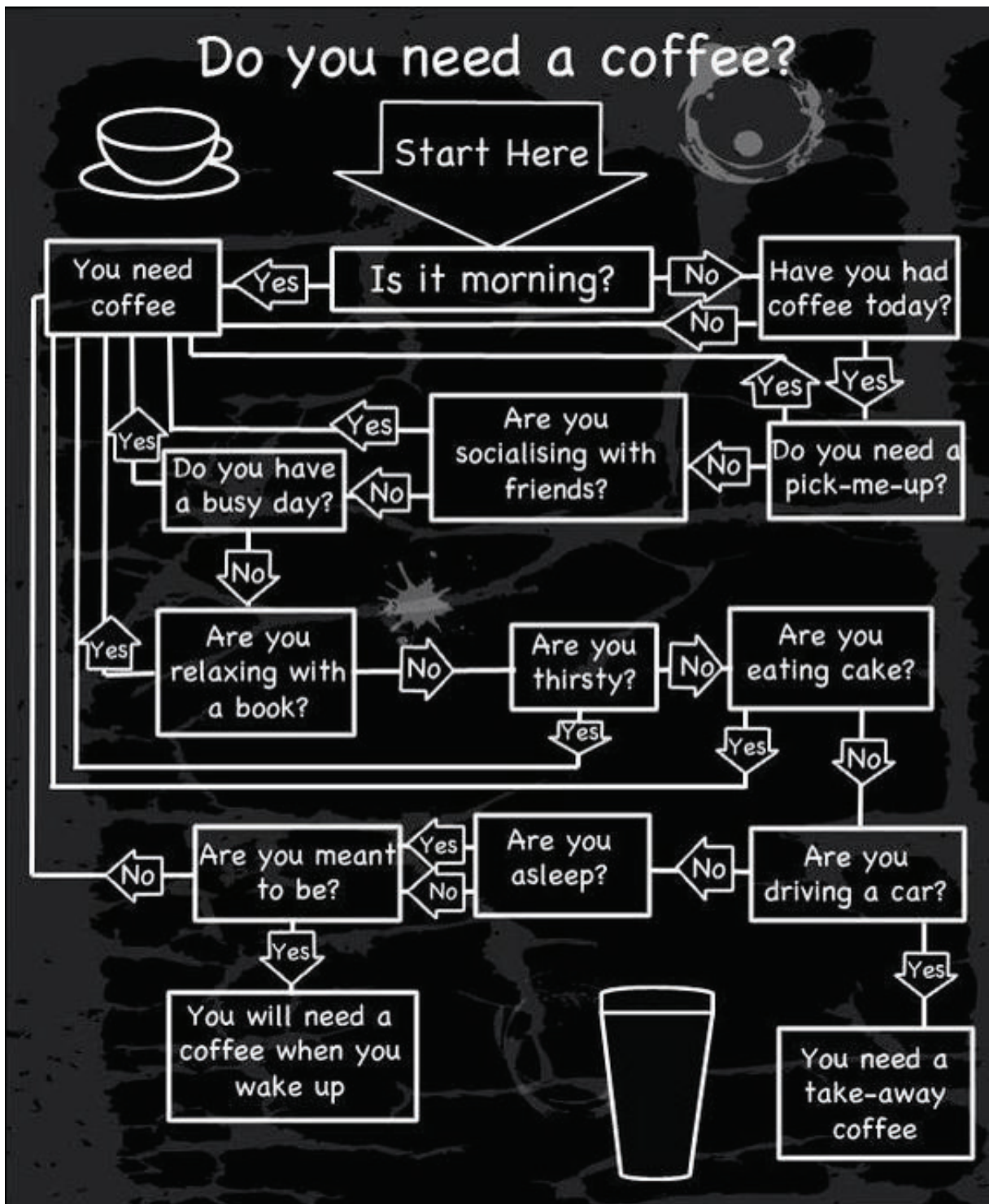


Figura 27 – Fluxograma “Do you need a coffee?”

Fonte: <https://www.aquaspresso.co.za/coffee-academy/coffee-infographic-need-coffee/>

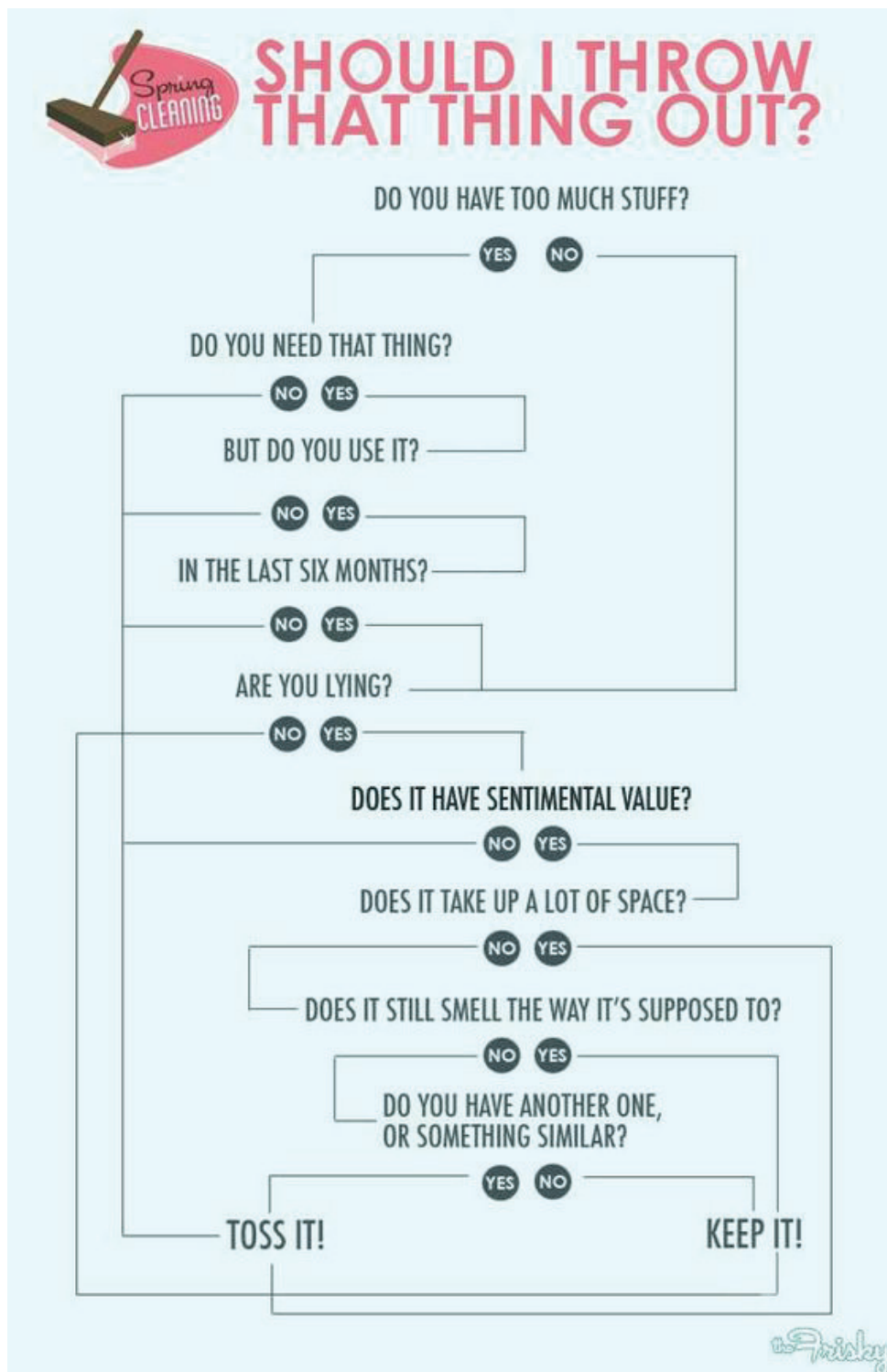


Figura 28 – Fluxograma “Should I throw that thing out?”

Fonte: <http://www.thefrisky.com/2013-04-11/flowchart-should-i-throw-that-thing-out/>

Tendo isso em mãos, foi produzido o segundo painel de rascunhos do projeto gráfico. Dessa vez, ilustrando a fase convidativa do projeto (Figura 29) em forma de fluxograma de perguntas e respostas. Nessa versão foi inserida a frase de chamada “Ei psiu”, seguida de algumas perguntas. São elas:

- Tá naquela fase que o projeto não anda nem desanda?
- O problema é o material?
- Seu projeto tem algum contato com calor, luz ou energia?
- Você está buscando algum diferencial?
- Gostaria de usar isso como ferramenta?
- Você está disposto a fazer alterações para atingir esse objetivo?

Essas perguntas são intercaladas com as respostas “sim” ou “não” que traçam rotas distintas e ajudam o leitor a identificar seu projeto com o assunto. Chegando ao final, duas respostas são possíveis:

A primeira diz “Vire a página e conheça os materiais inteligentes!” e direciona o leitor diretamente para o verso, onde aparece a frente da metodologia utilizada, ilustrada no quadro da Figura 25. E a segunda diz “Então aqueça essa página e veja a mágica acontecer!” demonstrando, na prática, o funcionamento dos materiais inteligentes.

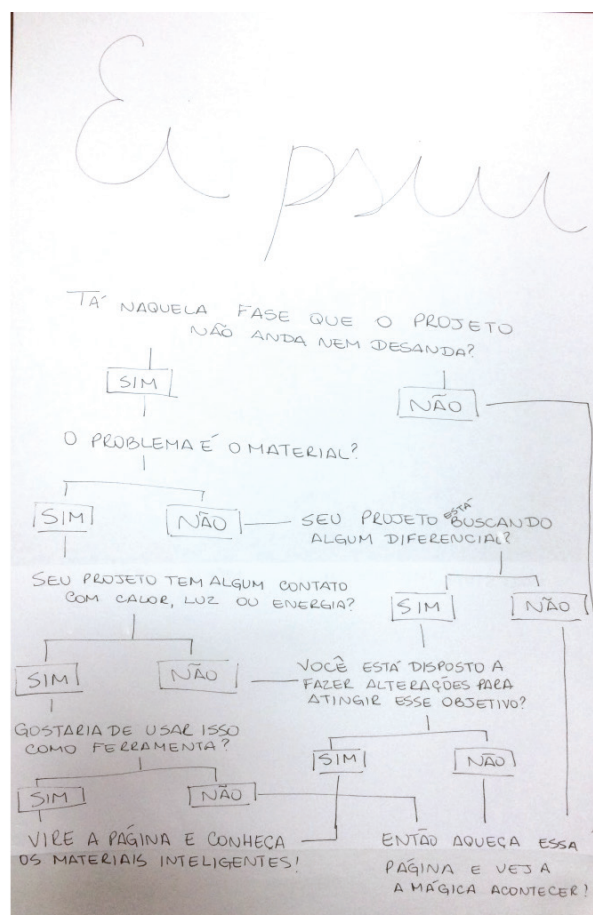


Figura 29 – Painel de fluxograma de perguntas e respostas

Fonte: da autora

Essa estrutura vai se manifestar na visualização que vai ser gerada e aparecerá de forma mais digerida para os leitores na etapa de projeto gráfico.

## 4.2.2 Projeto gráfico

Com a estrutura encaminhada, o projeto gráfico já começa a ser desenvolvido. É ele a principal representação visual do processo de design que está sendo desenvolvido; introduzindo os materiais inteligentes, bem como suas possibilidades de aplicação para os leitores.

### 4.2.2.1 Frente 1: Metodologia

O primeiro passo foi definir um suporte para abrigar as duas frentes do projeto: o da metodologia e o fluxograma de perguntas e respostas.

A frente de metodologia é a parte que demanda mais espaço e naturalmente é horizontalizado por se tratar de uma sequência de passos. O desafio é verticalizar para caminhar junto ao formato da outra frente do projeto (Figura 30).

<b>Levantamento/ Pesquisa</b>	As ligas de memória de forma ao serem aquecidas acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), têm a capacidade de memorizar um formato. Quando resfriadas, podem ser deformadas no modelo desejado e retomam a sua forma memorizada se aquecidas novamente ( $<T_t$ ). A mais conhecida é a liga NiTi/ Nitinol (Níquel-Titânio).	Os polímeros funcionam parecido. A memorização da forma é possível quando aquecidos acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), entretanto, eles só podem ser deformados enquanto estiverem quentes ( $<T_t$ ). Ao esfriar, assumem essa aparência e o ciclo se repete. A combinação mais conhecida é a polinorbobenol.	Os materiais fotocromáticos ao serem expostos à luz solar têm a capacidade de mudar temporariamente sua coloração. Isso acontece uma vez que a incidência de radiação eletromagnética promove alterações nas propriedades ópticas do material, tanto no espectro quanto na intensidade da luz refletida.	Os materiais termocromáticos, por outro lado, mudam sua coloração quando ocorre uma variação de temperatura. Os cristais líquidos e os corantes leucos são materiais muito utilizados para esse objetivo, e, com a mudança de temperatura, sofrem alterações estruturais e assumem uma nova cor temporária.	Os materiais eletrocromáticos funcionam a partir da eletricidade. A variação de corrente e tensão elétricas atuam na injeção de íons, permitindo ou bloqueando sua travessia de um lado a outro, acarretando no estado de transparência ou de opacidade. O material mais conhecido é o Óxido de Tungstênio.
<b>Aplicações existentes</b>	Fio de aparelho ortodôntico	Catéter intravenoso de desobstrução	Lentes de óculos transições	Caneca de café mágica	Retrovisores anti-ofuscamento
<b>Como funciona?</b>	Volta à forma memorizada, corrigindo a posição dos dentes na arcada	Volta à forma memorizada, facilitando a retirada de coágulos.	Muda de cor no sol, protegendo os olhos dos raios UV sem necessidade de trocar de óculos.	Muda de cor com calor, revelando imagens escondidas na pintura.	Muda de cor/transparência com energia, evitando ofuscamento por farol alto.
<b>Onde mais seria útil?</b>	Peças com usos específicos	Peças para pessoas com deficiência	Identificação de incidência solar	Indicação de variação de temperatura	Revelação/ omissão de espaços
<b>Novos objetos</b>	Facas de corte, bicos de pena	Encostos, talheres, maçanetas, pedais	Vasos que abrigam plantas	Transporte de vacinas/ órgãos	Vitrines em manutenção

Figura 30 – Quadro vertical de metodologia

A verticalização foi essencial pois quando trabalhamos com frases curtas de exemplo como “A liga NiTi/ Nitinol funciona assim” não se tem a dimensão correta de como isso será trabalhado. O texto final tem um corpo bem maior e não funcionaria de forma horizontal.

Com o texto redigido de forma com que os espaços fossem preenchidos com um tamanho de corpo de texto similar (uma vantagem de a projetista ser, também, a autora), percebeu-se que apesar de vertical, o longo comprimento das palavras do português, exigia uma largura ainda assim expressiva. As proporções dos papéis de série A foram consideradas ideias.

Unindo isso ao fato de que uma das ideias do projeto era que uma mão de adulto aberta pudesse tocar toda a sua extensão, o suporte definido foi o papel A5. Um formato conhecido, dinâmico e que supre todos os requisitos. Uma espécie de folder.

Suporte definido, iniciou-se a composição de um grid. Vários testes foram feitos com o texto já aplicado, priorizando um espaço lateral amplo o suficiente para distinguir cada bloco de texto e um espaço vertical um pouco maior e que oferecesse um respiro na mancha gráfica.

O grid ideal foi composto de retângulos verticais de 2,96 mm de largura por 7 mm de altura (Figura 31).



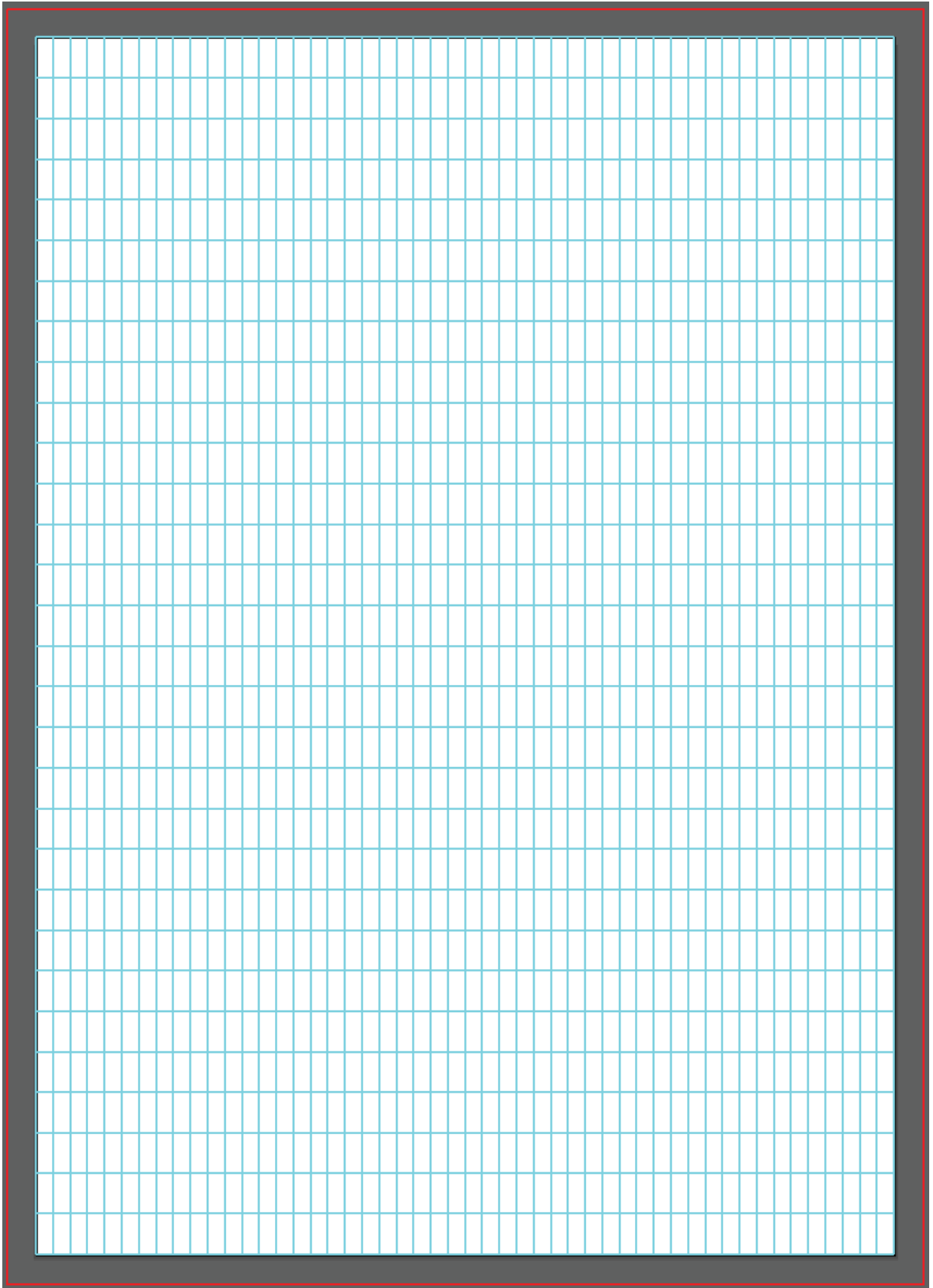


Figura 31 – Fundo e grid do fluxograma de metodologia  
Fonte: da autora

Chegou a vez do tratamento do texto. Ele pedia uma fonte comprimida e que suportasse uma redução considerável devido ao seu grande volume; para isso a fonte livre ITC Franklin Gothic Std Book Compressed (tamanho 9 pts) foi a escolhida, uma vez que era livre e cumpria os requisitos apresentados.

O alinhamento à esquerda foi adotado pois o texto estava alocado em uma caixa bastante estreita e as linhas alternavam entre longas e curtas, impossibilitando uma justificação sem uma hifenização grosseira.

Nas chamadas foi utilizada uma fonte da mesma família, porém com peso diferente: ITC Franklin Gothic Std Demi Compressed. Isso eliminou a necessidade de uma cor diferente para dar destaque. Ela também foi rotacionada a 90° e teve seu conteúdo resumido para uma melhor distribuição do restante do texto no grid.

Na Figura 32 é possível ver como as caixas de texto e chamada foram posicionadas dentro do grid:

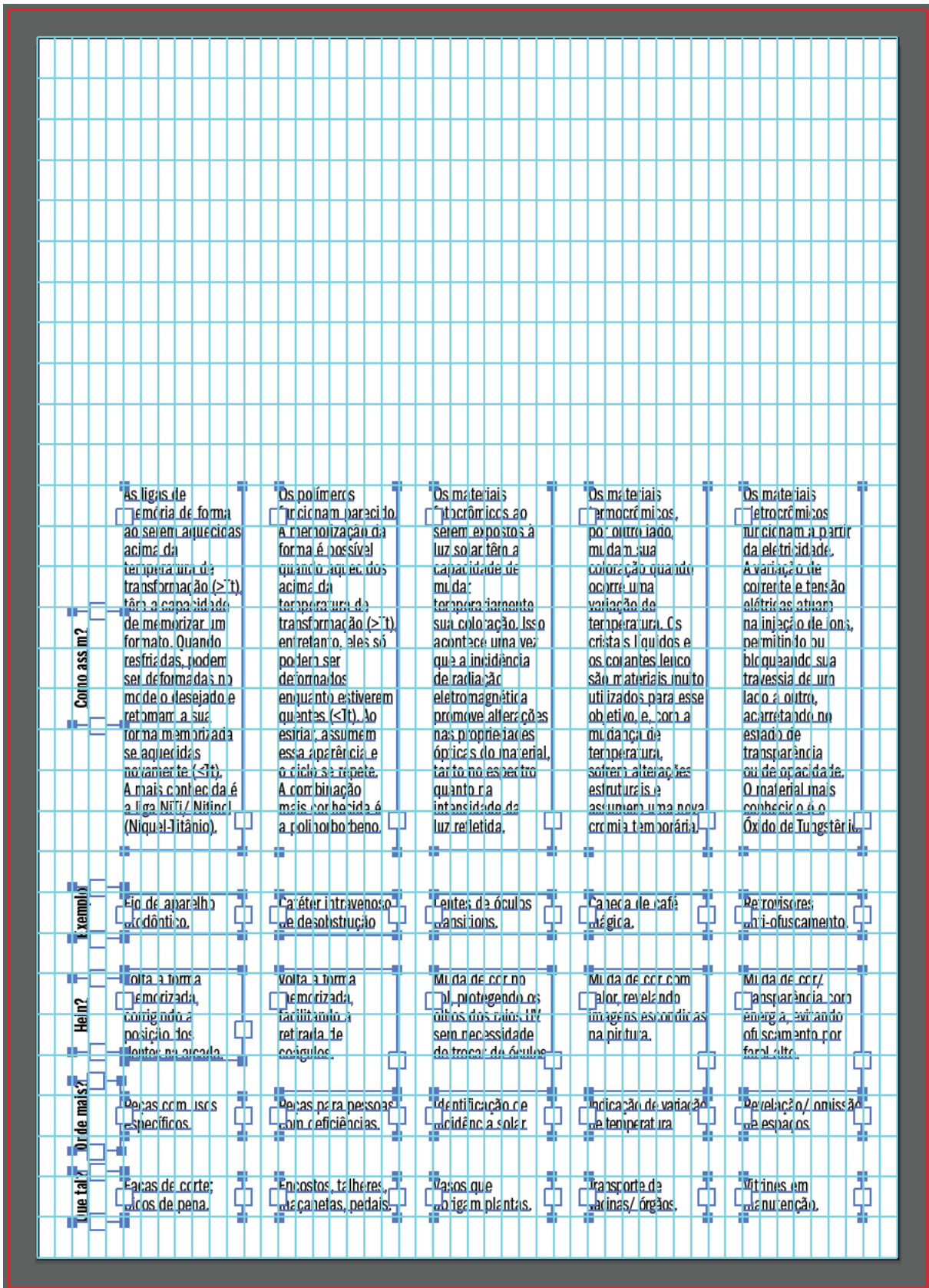


Figura 32 – Texto e chamadas do fluxograma de metodologia

Fonte: da autora

Com essa parte organizada, iniciou-se a composição do título da página. Ele demandava uma chamada e uma breve explicação do que se tratava a composição que se seguia. O título adotado foi:

“Materiais Inteligentes...

...são materiais sensíveis à estímulos externos capazes de modificar suas propriedades, sua estrutura e suas funções de forma repetida e reversível.”

A fonte utilizada para a primeira parte foi a Gill Sans Shadow MT Pro Regular (tamanho 47 pts) devido à sua característica de contorno, sombra e interior vazado, permitindo visualizar a camada abaixo. Para a segunda parte foi utilizada a fonte de mesma família do texto, mas dessa vez a versão Book: ITC Franklin Gothic Std Book (tamanho 10,5 pts) (Figura 33).



Figura 33 – Título “Materiais inteligentes...” do fluxograma de metodologia

Fonte: da autora

Com a estrutura já montada, o folder ainda precisava de paleta de cores e conversar com a outra frente do projeto. Nessa etapa os dois começam a caminhar simultaneamente.

A pesquisa de paleta começou com observação de tendências de cores utilizadas em infográficos. O projeto necessitava de algumas cores para os ícones e texto e outras para os fundos das duas frentes.

Os quadros requeriam cores contrastantes entre si e que auxiliassem na compreensão dos ícones pelos leitores. O vermelho e o verde, conhecidos por representarem o certo e errado, também eram requisitos para compor a paleta.

As cores escolhidas para os ícones e texto foram (Figuras 34 e 35):

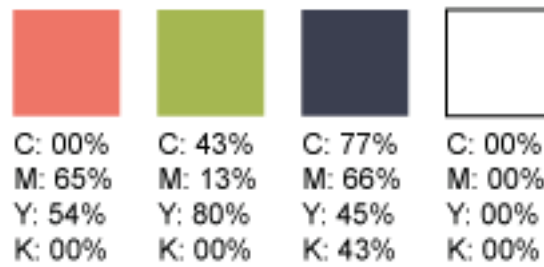


Figura 34 – Paleta de cores dos ícones e texto

Fonte: da autora

E para os fundos:

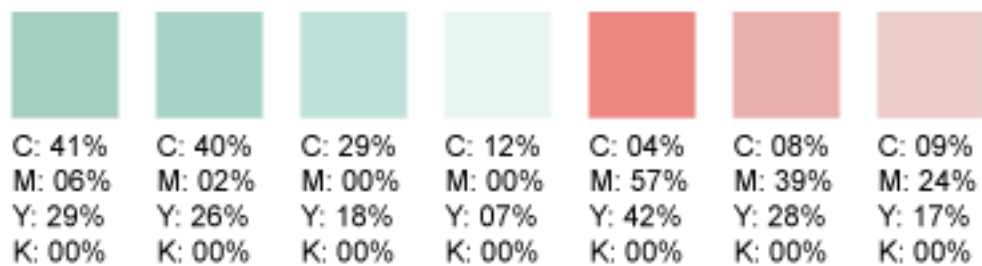


Figura 35 – Paleta de cores dos fundos

Fonte: da autora

Os fundos pediam vários tons devido à uma ilustração monocromática que apareceria em ambos os fundos. Essa ilustração compôs um cenário orgânico e abstrato que trouxe a ideia de materiais fluindo por todo o cenário (Figuras 36 e 37).



Figura 36 – Ilustração que compõe o fundo em tons de verde

Fonte: da autora

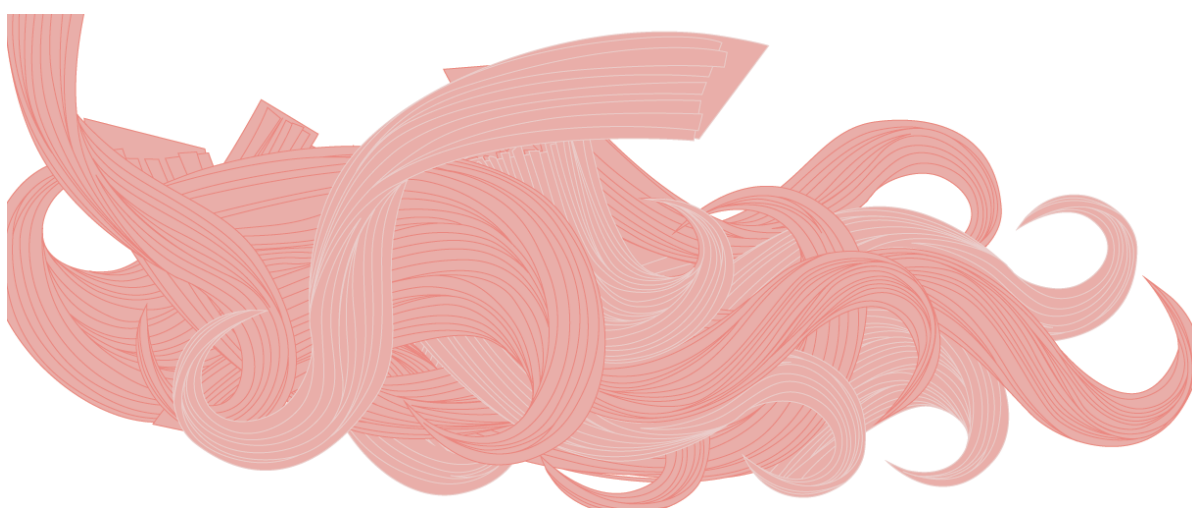


Figura 37 – Ilustração que compõe o fundo em tons de vermelho

Fonte: da autora

Foram necessários alguns ajustes no corpo do texto para equilibrar o peso que a ilustração traz, como manchas acessórias utilizadas como divisão das linhas.

A seguir, nas Figuras 38 e 39, a forma final da frente de metodologia:

# MATERIAIS INTELIGENTES...

...são materiais sensíveis a estímulos externos capazes de modificar as suas propriedades, sua estrutura e suas funções de forma repetida e reversível.

Como assim?	<p>As ligas de memória de forma ao serem aquecidas acima da temperatura de transformação (<math>&gt;T_t</math>), têm a capacidade de memorizar um formato. Quando resfriadas, podem ser deformadas no modelo desejado e retomam a sua forma memorizada se aquecidas novamente (<math>&lt;T_t</math>). A mais conhecida é a liga NiTi/ Nitinol (Níquel-Titânio).</p>	<p>Os polímeros funcionam parecido. A memorização da forma é possível quando aquecidos acima da temperatura de transformação (<math>&gt;T_t</math>), entretanto, eles só podem ser deformados enquanto estiverem quentes (<math>&lt;T_t</math>). Ao esfriar, assumem essa aparência e o ciclo se repete. A combinação mais conhecida é a polinorborno.</p>	<p>Os materiais fotocromáticos ao serem expostos à luz solar têm a capacidade de mudar temporariamente sua coloração. Isso acontece uma vez que a incidência de radiação eletromagnética promove alterações nas propriedades ópticas do material, tanto no espectro quanto na intensidade da luz refletida.</p>	<p>Os materiais termocrômicos, por outro lado, mudam sua coloração quando ocorre uma variação de temperatura. Os cristais líquidos e os corantes leuco são materiais muito utilizados para esse objetivo, e, com a mudança de temperatura, sofrem alterações estruturais e assumem uma nova cor temporária.</p>	<p>Os materiais eletrocromáticos funcionam a partir da eletricidade. A variação de corrente e tensão elétricas atuam na injeção de íons, permitindo ou bloqueando sua travessia de um lado a outro, acarretando no estado de transparência ou de opacidade. O material mais conhecido é o Óxido de Tungstênio.</p>
Exemplo	Fio de aparelho otodôntico.	Catéter intravenoso de desobstrução	Lentes de óculos transitions.	Caneca de café mágica.	Retrovisores anti-ofuscamento.
Hein?	Volta à forma memorizada, corrigindo a posição dos dentes na arcada.	Volta à forma memorizada, facilitando a retirada de coágulos.	Muda de cor no sol, protegendo os olhos dos raios UV sem necessidade de trocar de óculos.	Muda de cor com calor, revelando imagens escondidas na pintura.	Muda de cor/ transparência com energia, evitando ofuscamento por farol alto.
Onde mais?	Peças com usos específicos.	Peças para pessoas com deficiências.	Identificação de incidência solar.	Indicação de variação de temperatura.	Revelação/ omissão de espaços.
Que tal?	Facas de corte; bicos de pena.	Encostos, talheres, maçanetas, pedais.	Vasos que abrigam plantas.	Transporte de vacinas/ órgãos.	Vitrines em manutenção.

Figura 38 – Forma final da frente de metodologia

Fonte: da autora

# MATERIAIS INTELIGENTES...

...são materiais sensíveis a estímulos externos capazes de modificar as suas propriedades, sua estrutura e suas funções de forma repetida e reversível.

Como assim?	As ligas de memória de forma ao serem aquecidas acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), têm a capacidade de memorizar um formato. Quando resfriadas, podem ser deformadas no modelo desejado e retomam a sua forma memorizada ao aquecidas novamente ( $<T_t$ ). A mais conhecida é a liga NiTi/ Nitinol (Níquel-Titânio).	Os polímeros furciclam parecidos. A memorização da forma é possível quando aquecidos acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), entretanto, eles só podem ser deformados enquanto estiverem quentes ( $<T_t$ ). Ao esfriar, assumem esta aparência e o ciclo se repete. A combinação mais conhecida é a poliisobuteno.	Os materiais fotocromicos ao serem expostos a luz solar têm a capacidade de mudar temporariamente sua coloração. Isso acontece uma vez que a incidência de radiação eletromagnética promove alterações nas propriedades ópticas do material, tanto no espectro quanto na intensidade de luz refletida.	Os materiais termocromicos, por outro lado, mudam sua coloração quando ocorre uma variação de temperatura. Cristais líquidos e os corantes leucos são materiais muito utilizados para esse objetivo, e, com a mudança de temperatura, sofrem alterações estruturais e assumem uma nova corcromia temporária.	Os materiais eletrocromicos furciclam a partir da eletricidade. A variação de corrente e tensão elétricas atuam na injeção de íons, permitindo ou bloqueando sua travessia de um lado a outro, acarretando no estado de transparência ou de opacidade. O material mais conhecido é o Óxido de Tungstênio.
Exemplo	Fio de aparelho ortodôntico.	Caráter intravenoso de desobstrução	Lentes de óculos transições.	Cartão de café mágica.	Repositores anti-ofuscamento.
Hein?	Volta a forma memorizada, corrigindo a posição dos dentes no arcada.	Volta a forma memorizada, facilitando a retirada de coágulos.	Muda de cor no sol, protegendo os olhos dos raios UV sem necessidade de trocar de óculos.	Muda de cor com calor, revelando imagens escondidas na pintura.	Muda de cor/transparência com energia, evitando ofuscamento por farol etc.
Onde mais?	Peças com usos específicos.	Peças para pessoas com deficiências.	Identificação e incidência solar.	Indicação de variação de temperatura.	Relação/ omissão de espaços.
Que tal?	Faixas de correte; bicos de pena.	Encostos, telheres, maçanetas, pedas.	Vasos que abrigam plantas.	Transporte de vacinas/ órgãos.	Vitines em manutenção.

Figura 39 – Forma final da frente de metodologia com grid e marcas de corte

Fonte: da autora



#### 4.2.2.2 Frente 2: Fluxograma de perguntas e respostas

Com o suporte, paleta de cores, tipografia e ilustração de fundo definidos, chega a vez da frente do fluxograma de perguntas e respostas.

O gatilho foi a organização do fluxograma para melhor compreensão do que se quer ser passado. Essa etapa demanda uma exaustiva série de tentativas para chegar à disposição ideal dos quadros de perguntas para favorecer o projeto gráfico (Figuras 40, 41, 42, 43 e 44).

Os requisitos que surgiram durante o processo para acomodação dos quadros foram:

- Serem arranjados para um suporte vertical
- Ter no máximo três quadros um do lado do outro
- Evitar espaços em branco
- Serem ligados apenas por linhas horizontais e verticais
- Ter o menor número de linhas se cruzando possível
- Os quadros finais estarem no final da página (o resultado positivo à direita e o negativo à esquerda).

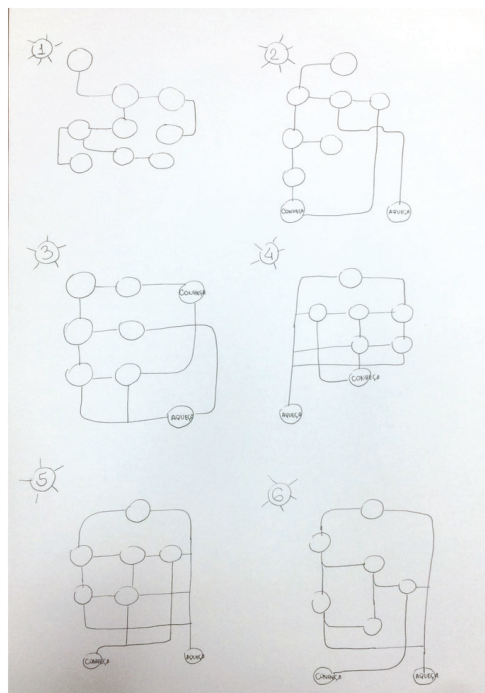


Figura 40 – Painel 1 de testes de organização do fluxograma

Fonte: da autora

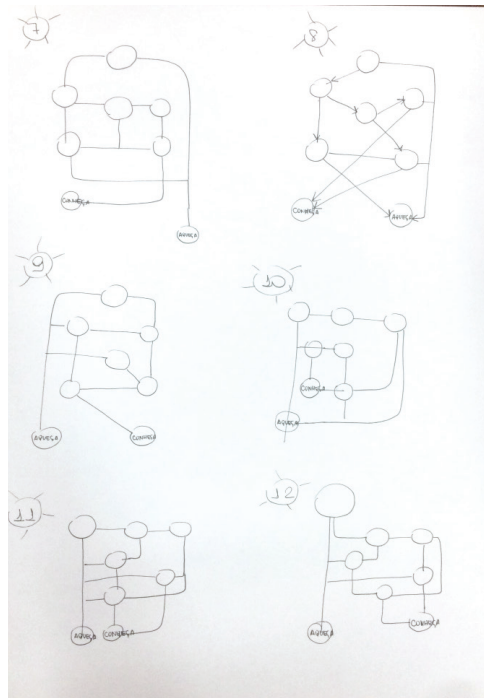


Figura 41 – Painel 2 de testes de organização do fluxograma  
 Fonte: da autora

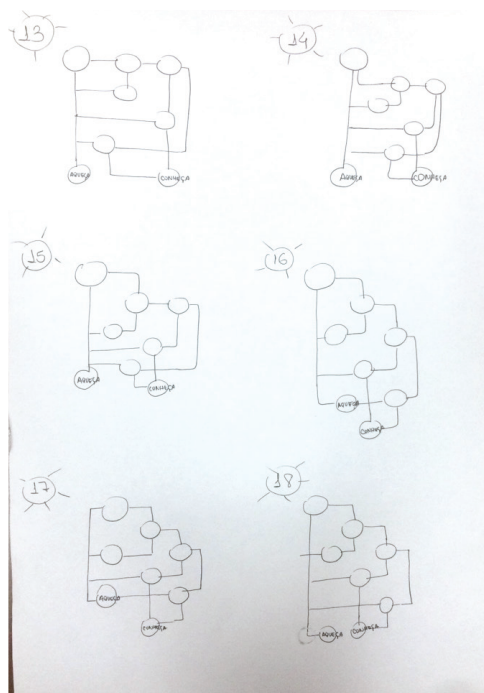


Figura 42 – Painel 3 de testes de organização do fluxograma  
 Fonte: da autora

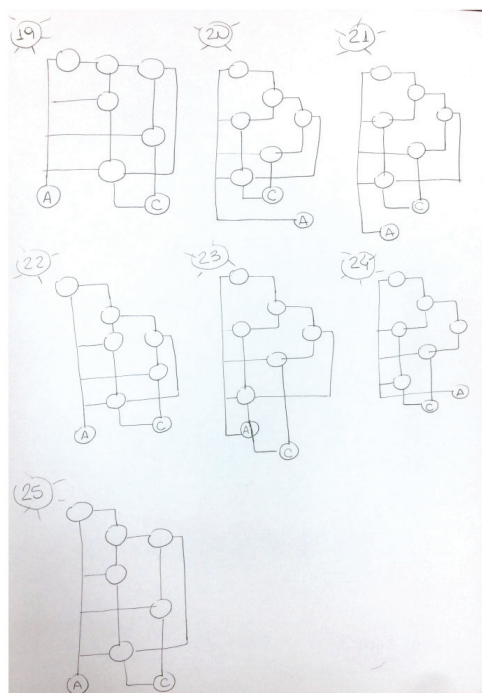


Figura 43 – Painel 4 de testes de organização do fluxograma

Fonte: da autora

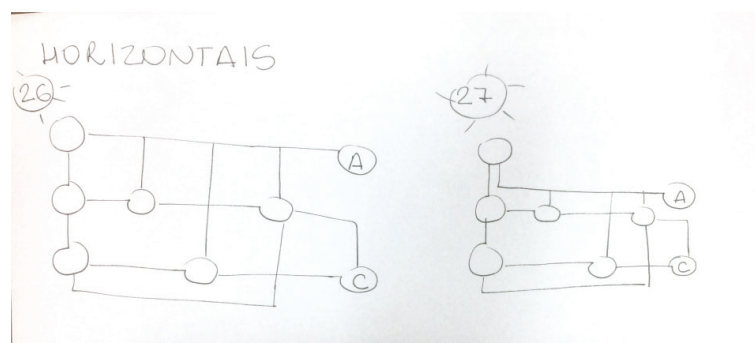


Figura 44 – Painel 5 de testes de organização do fluxograma

Fonte: da autora

Essas várias tentativas foram essenciais para desenvolver a um projeto gráfico harmônico e capaz de obedecer um grid regular.

A alternativa escolhida foi a de número 25 (Figura 43), uma vez que cumpriu todos os requisitos de acomodação dos quadros. Os testes com suporte horizontal seguintes se basearam nela.

Tendo isso em mãos, iniciou-se a montagem de um grid que facilitasse a disposição dos quadros de perguntas e permitisse uma área de respiro nas margens. O grid ideal foi composto por retângulos horizontais de 6,82 mm de largura por 6 mm de altura (Figura 45).

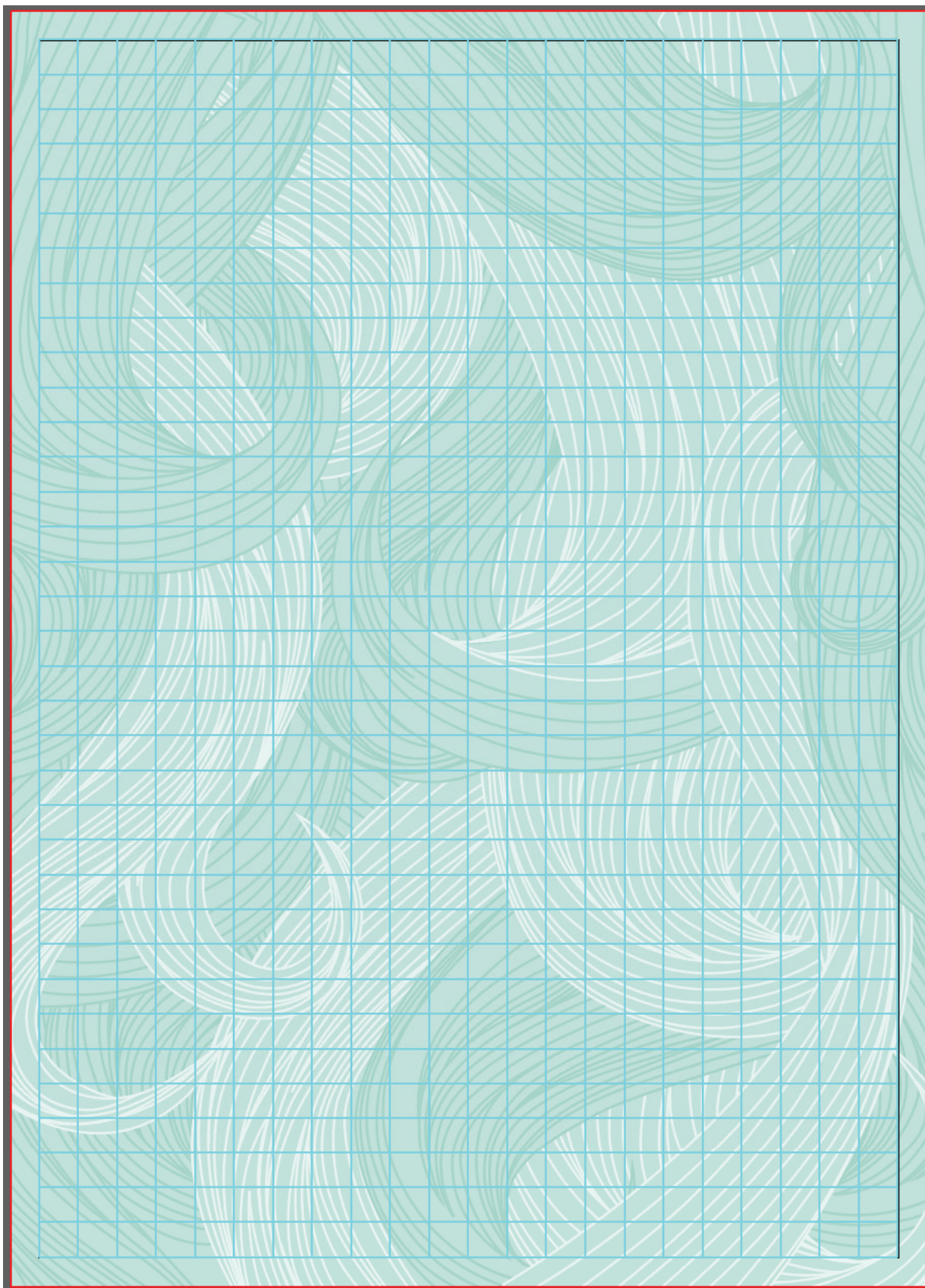


Figura 45 – Fundo e grid do fluxograma de perguntas e respostas

Fonte: da autora

Os quadros de perguntas, apesar do nome, ganharam curvas e formas orgânicas, conversando com a ilustração de fundo. Seus formatos variam entre si, assim como seus tamanhos, que assumem formas maiores ou menores de acordo com a relevância das perguntas e o espaço em branco que podem gerar. A disposição entre elas também foi pensada de forma a evitar os espaços em branco.

As linhas que ligam as perguntas se encontram aproximadamente no centro de cada quadro e servem para, além de direcionar o leitor, organizar os quadros no espaço disponível. Elas também ganharam um pontilhado que suavizou o traçado de 2 pontos de espessura. O pontilhado conta com 1 pt de traço por 5 pts de espaço; medida ideal para as curtas distâncias em que teria que aparecer (Figura 46).

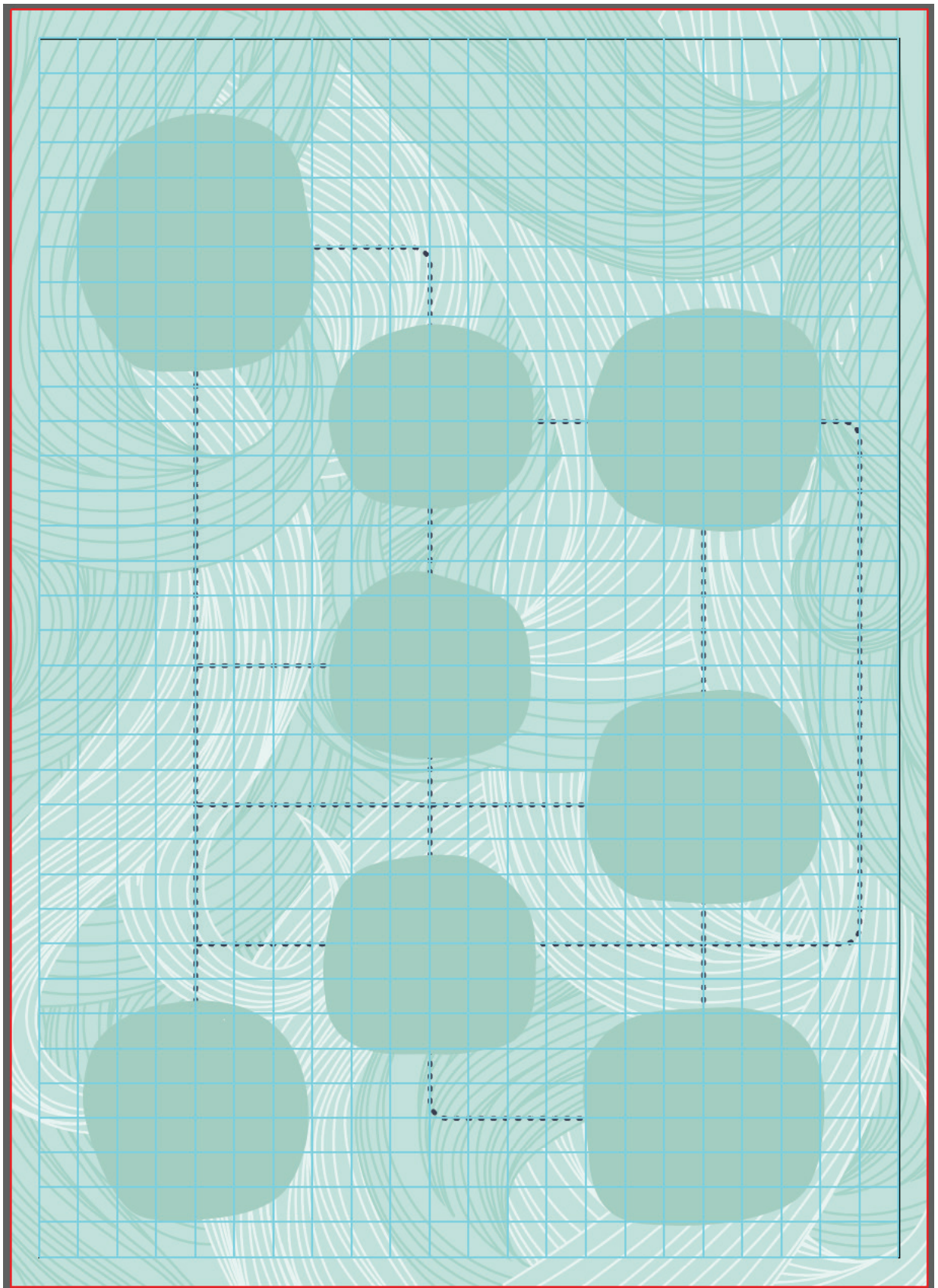


Figura 46 – Quadros orgânicos e linhas tracejadas do fluxograma de perguntas e respostas

Fonte: da autora

O espaço superior direito, logo acima dos quadros, foi planejado para o título “Ei psiu” que serviu de frase-convite para o fluxograma. Ele apareceu na fonte Lavanda Regular (tamanho 79 pts) e com duas camadas, uma na cor azul e outro na cor vermelha, ambas da paleta de cores. Essa segunda camada se fez necessária para distribuir igualmente a cor vermelha por toda a página (Figura 47).



Figura 47 – Título “Ei psiu” do fluxograma de perguntas e respostas

Fonte: da autora

O passo seguinte foi focar na iconografia. Os textos, já definidos, serviram de inspiração para o desenvolvimento dos ícones; que deveriam ser simples e divertidos pois seriam parte fundamental para despertar o interesse do leitor pelo material.

O primeiro ícone a ser desenvolvido acompanharia a frase “Tá naquela fase que o projeto não anda nem desanda?”. A ideia era focar em algo estático, repetitivo, que não sai do lugar... como um hamster em uma roda de exercícios (Figura 48).



Figura 48 – Ícone “Tá naquela fase que o projeto não anda nem desanda?”

Fonte: da autora

O segundo ícone, que assiste a frase “O problema é o material?”, demandava um enfoque em um produto em que o material fosse o problema para seu mau funcionamento. Um simples barco de papel foi retratado de forma com que parecesse pesado e afundasse rapidamente sob as águas (Figura 49).

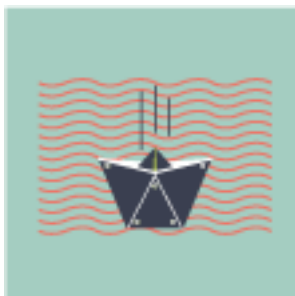


Figura 49 – Ícone “O problema é o material?”

Fonte: da autora

O terceiro ícone corresponde à frase “Seu projeto tem algum contato com calor, luz ou energia?” e requisitou de um pouco mais de atenção. Ele deveria demonstrar casos de exemplo em que o calor, a luz e a energia fossem utilizados. O calor foi demonstrado por uma xícara com vapor, a luz por um vaso de plantas e a energia por um cabo de aparelho sendo ligado a uma tomada (Figura 50).



Figura 50 – Ícone “Seu projeto tem algum contato com calor, luz ou energia?”

Fonte: da autora

O quarto ícone deveria trabalhar com a ideia de diferencial, trazida pela frase “Você está buscando algum diferencial?”. Uma nave espacial realizando um procedimento de abdução de humanos foi eleita para tal finalidade, uma vez que escolhe apenas o homem que está de pé e de braços abertos para ser recebido, enquanto outros dois estão sentados e acomodados (Figura 51).



Figura 51 – Ícone “Você está buscando algum diferencial?”

Fonte: da autora



O quinto ícone, para representar a frase “Gostaria de usar isso como ferramenta?”, exigia algum exemplo de funcionamento onde o material agisse de maneira a substituir outra ferramenta apenas utilizando sua inteligência. Para tanto, foram representados caldeirões, que, em altas temperaturas, revelavam um aviso de perigo de calor intenso (Figura 52).



Figura 52 – Ícone “Gostaria de usar isso como ferramenta?”

Fonte: da autora

Para o sexto ícone, uma brincadeira conhecida entre o mundo dos designers foi adotada. Ele acompanharia a frase “Você está disposto a fazer alterações para atingir esse objetivo?” e o fato de designers serem acostumados a, mesmo após finalizarem seus projetos e os arquivos serem nomeados com “Final”, há sempre alguma alteração a ser feita e esse “Final” ganha novos finais (Figura 53).

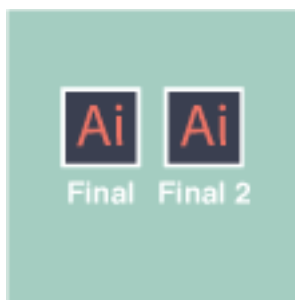


Figura 53 – Ícone “Você está disposto a fazer alterações para atingir esse objetivo?”

Fonte: da autora

Um dos ícones ao final da página corresponde ao quadro de resposta de uma sequência de vários “nãos”. A frase “Então aqueça essa página e veja a mágica acontecer!” por si só é bastante vaga e necessita de um auxílio visual de como esse aquecimento poderia acontecer. No ícone está retratado uma mão sobre uma folha e várias estrelas, símbolos já difundidos de que algo mágico está acontecendo. A ideia é indicar que basta colocar a mão sobre a página para aquecê-la (Figura 54).



Figura 54 – Ícone “Então aqueça essa página e veja a mágica acontecer!”

Fonte: da autora

O outro ícone ao final da página corresponde à uma sequência de “sims”. Ele é responsável por fazer o leitor continuar a leitura e acessar o verso do folder, onde está a outra frente do projeto. Dessa vez, a frase “Vire a página e conheça os materiais inteligentes” é autoexplicativa, sendo apenas ilustrada de forma literal (Figura 55).



Figura 55 – Ícone “Vire a página e conheça os materiais inteligentes”

Fonte: da autora

Finalizada a etapa da iconografia, iniciou-se o trabalho com o texto, que aparece com a mesma fonte e cor da outra frente, a ITC Franklin Gothic Std Book Compressed (tamanho 9 pts) na cor azul; cor esta que dá um contraste ideal com a cor de fundo.

Também foram adicionadas as palavras “sim” e “não” que apontam o leitor para o quadro seguinte. Elas foram formatadas com a mesma fonte, porém com tamanho 10 pts. Em seguida, iniciou-se a montagem com o fundo, quadros, linhas, título, ícones e texto (Figuras 56 e 57).



Figura 56 – Forma final do fluxograma de perguntas e respostas

Fonte: da autora

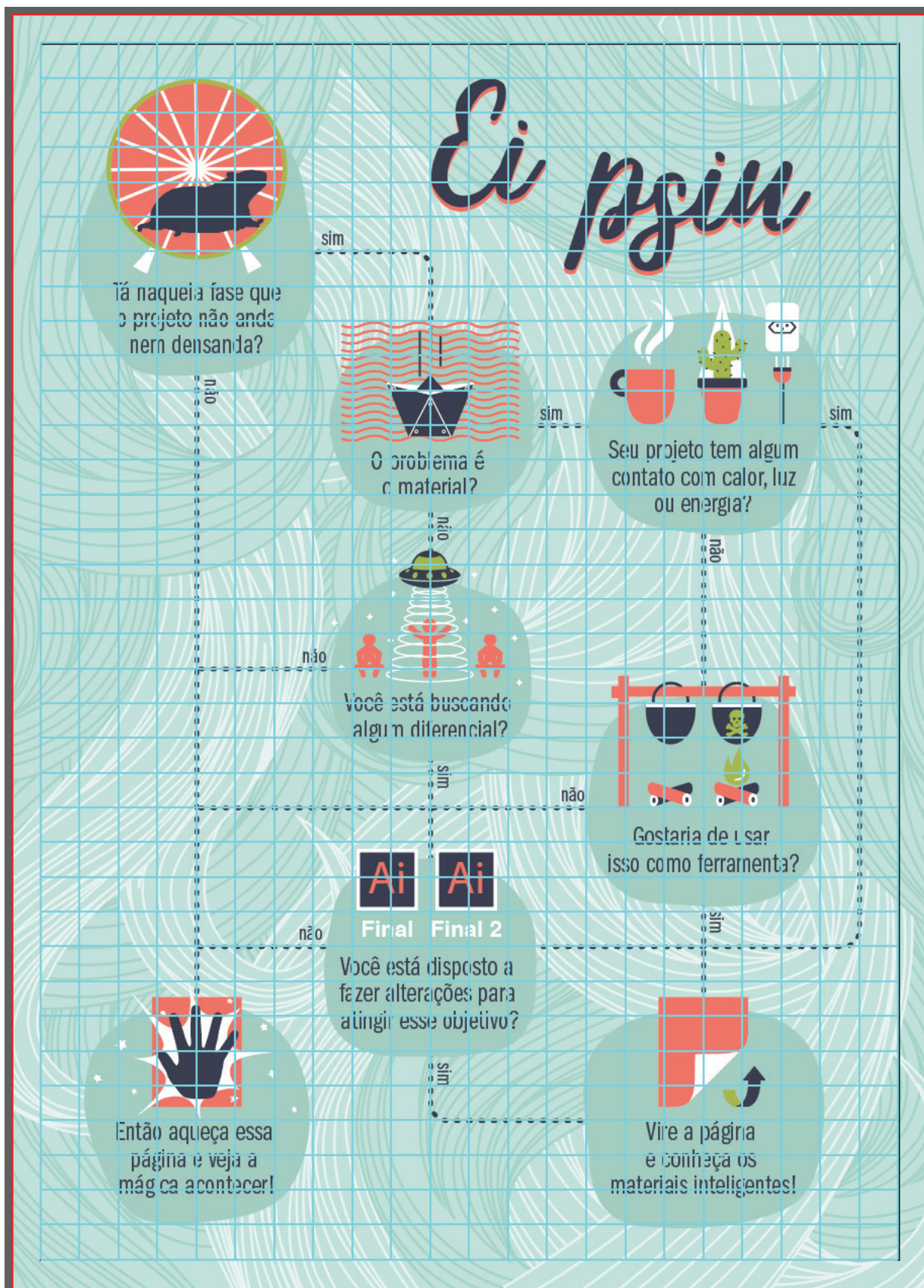


Figura 57 – Forma final do fluxograma de perguntas e respostas com grid e marcas de corte

Fonte: da autora

### 4.3 CASOS DE APLICAÇÃO

Com a estrutura e o projeto gráfico concluídos, chegou o momento de executar o que foi proposto em ambos os casos: desenvolver uma nova aplicação utilizando materiais inteligentes. Este produto servirá como validação do método apresentado desde o início deste trabalho.

Como dito anteriormente, se trata de um metaprojeto e tudo que foi pesquisado e desenvolvido até então foi parte do processo do desenvolvimento de um produto-exemplo. Toda a pesquisa, o planejamento da estrutura auxiliar e do sistema informacional culminaram na geração de alternativas deste produto.

Essa geração de alternativas descentralizada resultou na definição de um contexto seguida de um objeto, selecionado devido ao seu potencial, acesso e afinidade da autora.

#### 4.3.1 Contexto do objeto

O contexto do objeto foi definido a partir da coluna de materiais termocrômicos apresentada em “4.2.2.1 Frente 1: Metodologia” em que, após o levantamento/ pesquisa e apresentação de aplicações existentes, é sugerida uma abstração de seu funcionamento e uma inserção da lógica em outras circunstâncias. Neste caso, foi dado o exemplo de emprego em “Transporte de vacinas/ órgãos” como sugestão de novos objetos, entretanto, o contexto do objeto-exemplo será outro (Figura 58).

Para idealização de um objeto que utilize da termocromia como ferramenta, é necessário buscar espaços que forneçam alguma fonte de calor ou frio próximas, e um espaço conveniente para tal seria a cozinha. Nela, é possível observar diversos objetos que têm conexão direta ou indireta com a variação de temperatura, como uma panela que vai ao fogão diariamente ou uma pá de batedeira que só é aquecida no ato de lavagem. Dentre tantas opções, um objeto se destacou pelo seu contato direto com o calor: a xícara de chá.

<b>Levantamento/ Pesquisa</b>	As ligas de memória de forma ao serem aquecidas acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), têm a capacidade de memorizar um formato. Quando resfriadas, podem ser deformadas no modelo desejado e retomam a sua forma memorizada se aquecidas novamente ( $<T_t$ ). A mais conhecida é a liga NiTi/ Nitinol (Níquel-Titânio).	Os polímeros funcionam parecido. A memorização da forma é possível quando aquecidos acima da temperatura de transformação ( $>T_t$ ), entretanto, eles só podem ser deformados enquanto estiverem quentes ( $<T_t$ ). Ao esfriar, assumem essa aparência e o ciclo se repete. A combinação mais conhecida é a polinorborno.	Os materiais fotocromicos ao serem expostos à luz solar têm a capacidade de mudar temporariamente sua coloração. Isso acontece uma vez que a incidência de radiação eletromagnética promove alterações nas propriedades ópticas do material, tanto no espectro quanto na intensidade da luz refletida.	Os materiais termocrômicos, por outro lado, mudam sua coloração quando ocorre uma variação de temperatura. Os cristais líquidos e os corantes leuco são materiais muito utilizados para esse objetivo, e, com a mudança de temperatura, sofrem alterações estruturais e assumem uma nova cor temporária.	Os materiais eletrocromicos funcionam a partir da eletricidade. A variação de corrente e tensão elétricas atuam na injeção de íons, permitindo ou bloqueando sua travessia de um lado a outro, acarretando no estado de transparência ou de opacidade. O material mais conhecido é o Óxido de Tungstênio.
<b>Aplicações existentes</b>	Fio de aparelho ortodôntico	Catéter intravenoso de desobstrução	Lentes de óculos transitions	Caneca de café mágica	Retrovisores anti-ofuscamento
<b>Como funciona?</b>	Volta à forma memorizada, corrigindo a posição dos dentes na arcada	Volta à forma memorizada, facilitando a retirada de coágulos.	Muda de cor no sol, protegendo os olhos dos raios UV sem necessidade de trocar de óculos.	Muda de cor com calor, revelando imagens escondidas na pintura.	Muda de cor/transparência com energia, evitando ofuscamento por farol alto.
<b>Onde mais seria útil?</b>	Peças com usos específicos	Peças para pessoas com deficiência	Identificação de incidência solar	Indicação de variação de temperatura	Revelação/ omissão de espaços
<b>Novos objetos</b>	Facas de corte, bicos de pena	Encostos, talheres, maçanetas, pedais	Vasos que abrigam plantas	Transporte de vacinas/ órgãos	Vitrines em manutenção

Figura 58 – Recorte da Figura X destacando os materiais termocrômicos

Fonte: da autora

#### 4.3.2 O chá: tradição e preparo

A despreziosa xícara de chá, item básico em tantas casas, cumpre o seu papel de armazenar a bebida, entretanto, o universo do chá é tão amplo que uma simples xícara não faz jus à experiência que ele traz consigo.

O chá, bebida não-alcoólica mais consumida do mundo depois da água, tem diversas origens, sendo conhecido majoritariamente por seu histórico oriental. Ele foi ganhando a simpatia das pessoas devido à sua enorme gama de benefícios, como: poder tranquilizante, grande potencial medicinal (podendo agir contra doenças cardíacas, prevenção de câncer, pressão alta, prevenção de cáries, melhora do sistema imunológico, entre outros), além de estar constantemente relacionado à hábitos sociais e cerimoniais.

Ao contrário do que muitos pensam, os chás não provêm de várias plantas, mas sim, de uma só: a *Camellia sinensis* (Figura 59). O que os diferencia, entretanto, é a forma de processamento da folha pois depois de colhidas, iniciam um processo de oxidação que pode ser controlado e dar origem aos diversos chás conhecidos: branco, amarelo, verde, oolong e preto e escuro. O preparo com camomila, hibisco, erva-doce, erva-cidreira, hortelã, entre outros, é denominado infusão.



Figura 59 – Ramo de *Camellia sinensis*

Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/foto/sri-lanka-nuwara-eliya-tea-plantation-gm585499816-100411905>

Com todas essas vantagens, o chá não poderia deixar de ter suas exigências, tornando o processo um pouco complexo. Para alcançar todo o potencial que ele pode oferecer e preservar suas propriedades da maneira adequada, cada chá possui uma temperatura ideal de fervura (Figura 60) e um tempo de infusão (Figura 61).



Figura 60 – Temperatura de infusão de cada chá

Fonte: <https://medium.com/diariodocha/qual-a-maneira-ideal-de-preparar-o-ch%C3%A1-85cd8462839>



Figura 61 – Tempo de infusão de cada chá

Fonte : <https://medium.com/diariodocha/qual-a-maneira-ideal-de-preparar-o-ch%C3%A1-85cd8462839>

Tendo em vista o papel social e medicinal do chá, bem a importância de seu preparo, enxergou-se aí uma oportunidade de intervenção visando melhorar toda a experiência de se tomar esta bebida através de uma xícara nova.

#### 4.3.3 A xícara: formato e material

A intenção de se trabalhar com xícara de chá exigiu uma imersão no universo não só dos chás mas como das próprias xícaras. Existem diversos formatos, tipos e informações adjacentes que tornam a prática ainda melhor.

Assim como para o café, o material e o formato do recipiente influenciam e muito no deguste do líquido. Apesar das xícaras de vidro serem recorrentes e apreciadas por permitirem uma visualização completa de seu interior, não são as mais adequadas para manter a temperatura pois dissipam facilmente o calor; o mesmo ocorre com a ágata e o plástico. O material recomendado para a confecção de xícaras é a porcelana, pois além de conservar a temperatura elevada, mantém suas características até o final da degustação. Além disso, a geometria côncava e o fundo arredondado ajudam na cremosidade, ajudando na oxigenação da bebida.

Outro fator importante é a abertura do recipiente. Quanto mais larga a boca, melhor a experiência olfativa, uma vez que o aroma é um dos elementos mais importantes do chá.



#### 4.3.4 Referências visuais de xícaras de chá

Acompanhando as tendências de moda, arte e cultura, as xícaras sofreram grandes modificações ao longo dos anos. Existem xícaras com inspirações *art nouveau* (Figura 62), *art déco* (Figura 63), xícaras minimalistas (Figura 64), incrementadas (Figura 65), de design simples (Figura 66) ou divertido (Figura 67); uma infinidade de modelos nos quais foi preciso selecionar uma linha para se inspirar. Nessa situação, o design simples venceu.



Figura 62 – Xícara *art nouveau*

Fonte: [http://www.lamidesarts.fr/epages/167248.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/167248/Products/104241](http://www.lamidesarts.fr/epages/167248.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/167248/Products/104241)



Figura 63 – Xícara *art déco*

Fonte: <http://andrewbaseman.com/blog/?p=6101>



Figura 64 – Xícara minimalista

Fonte: <https://goo.gl/6Fdzuu>



Figura 65 – Xícara incrementada

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/6122149472491261/>



Figura 66 – Xícara simples

Fonte: <https://www.elo7.com.br/vaso-xicara/dp/51E88D>



Figura 67 – Xícara divertida

Fonte: <https://goo.gl/6Fdzuu>

Com esse grande acervo de informações a respeito de xícaras e chás, fez-se necessário um estímulo visual para dar início aos esboços do produto-exemplo. Essa pesquisa, entretanto, chamou atenção para alguns acessórios estão sempre acompanhando as xícaras. São eles: o termômetro (Figura 68), o timer (Figura 69) e o infusor (Figura 70).



Figura 68 – Termômetro de chá

Fonte: <http://www.cha-verde.net/temperatura-da-infusao/>



Figura 69 – Timer

Fonte: <http://www.talcha.com.br/timer-branco-22603/p>



Figura 70 – Infusor de chá removível

Fonte: <https://goo.gl/thZXUu>

Esses acessórios são itens simples que poderiam facilmente estar associados à xícara de alguma forma, eliminando o intermediário e facilitando a preparação do chá. Com base em todo esse repertório de pesquisas, foi necessário (antes de iniciar os esboços) traçar algumas estratégias e requisitos que a xícara deverá cumprir. São eles:

- Material: porcelana
- Geometria côncava e fundo arredondado
- Boca larga
- Design simples
- Indicador de temperatura ou tempo
- Infusor fixo

Tendo em mãos os requisitos básicos para a construção do produto, algumas referências ainda eram necessárias, como a de xícaras com indicadores, – podendo eles serem funcionais (Figura 71), estéticos (Figura 72) ou mesmo termocrômicos (Figura 73) – e as xícaras com infusores fixos (Figura 74).



Figura 71 – Xícara com medidor

Fonte: <https://www.chefmania.com.br/copo-de-acrilico-medidor>



Figura 72 – Xícara com alvo

Fonte: <https://www.oxfordporcelanas.com.br/conjunto-cafe-expresso-cafe-ao-alvo/p>



Figura 73 – Xícara termocrômica

Fonte: <https://goo.gl/LXMpzz>



Figura 74 – Xícara com infusor fixo

Fonte: <http://www.chadao.com.br/pd-4900eb-xicara-de-ceramica-com-infusor.html>

O que foi tirado dessa pesquisa de indicadores, é a forma como o tempo ou a temperatura podem ser demonstrados. Eles podem funcionar por meio de listas, círculos, ou apenas em uma sequência não numerada que indica algo por meio de uma hierarquia de informação. Ex: O ponto mais acima indica que a xícara está cheia e o mais abaixo indica que está vazia.

Em relação à xícara com infusor fixo, o extraído foi a posição em que o infusor fica internamente. Ele é disposto de forma com que não atrapalhe o deguste do líquido mas que separe as folhas do chá da água. Entretanto, ele peca em alguns aspectos como: no material – que é feito de cerâmica e não armazena o calor tão efetivamente como a porcelana –; na ausência de alça – que promove um contato direto das mãos com o recipiente quente –; e no infusor – que é posicionado de forma com que a água fique com contato constante com as folhas do chá, o que pode deixá-lo amargo –. Com esses problemas levantados, foi realizado um *brainstorming* de como poderiam ser solucionados e algumas referências de xícaras criativas foram encontradas (Figuras 75 e 76)



Figura 75 – Xícaras com fundo adaptado

Fonte: <https://goo.gl/6Fdzuu>



Figura 76 – Copo com centro de massa deslocado

Fonte: <https://goo.gl/6Fdzuu>

Esse modelo de xícara instável resolveria perfeitamente o problema do contato constante das folhas de chá com a água, pois com um fundo oscilante, a água poderia ou não estar em contato com a água, dependendo da etapa do processo que está a bebida. Em seguida, os primeiros esboços do produto foram produzidos.

### 4.3.5 Projeto do produto

Os esboços do produto começaram a ser desenhados já com uma estrutura bem definida devido às etapas anteriores. Ele tinha requisitos e uma forma bastante delimitada de como seriam cumpridos; contudo, fatores como dimensão e a maneira como a temperatura ou o tempo seriam indicados ainda eram algo a se pensar.

Para definir se o indicador revelaria a temperatura e o tempo, foi estudado como exatamente a termocromia funciona.

#### 4.3.5.1 Termocromia e corantes leuco

Como foi dito no começo do presente trabalho, existem tipos de compostos termocrômicos, entre eles, os mais conhecidos: cristais líquidos e corantes leuco. Todavia, os corantes leuco são os mais acessíveis e com maior aplicabilidade em objetos cotidianos, apesar de possuírem menor precisão.

Em 2014, na página 28 do trabalho de título “A termocromia, os brinquedos, e o ensino de química contextualizado”, a estudante Hadassa de Souza Ramos Pontes Moura coloca:

Os corantes leuco são definidos como corantes que apresentam duas formas, uma colorida e uma incolor. Frequentemente, refere-se a este composto como cromogênico. Para um composto orgânico apresentar coloração, em sua estrutura devem estar presentes insaturações conjugadas. A radiação eletromagnética que incide sobre as ligações e fornece energia para os elétrons, que estão no estado fundamental, levando-os para o estado excitado. Durante a relaxação, a energia que fora absorvida é liberada. Se a energia absorvida corresponder a um comprimento de onda na faixa do visível, a molécula apresentará cor. [...]

#### 4.3.5.2 Indicadores termocrômicos

Apesar de serem ótimos indicadores de elevação ou queda de temperatura, os corantes termocrômicos não são capazes de denotar uma temperatura precisa, impossibilitando a designação por graus na xícara. Quanto à indicação de tempo, o corante age em um espaço de tempo tão curto que a determinação de 1 a 10 minutos necessários para o preparo dos chás seria inviável, retomando a foco na temperatura.

Para resolver esta questão, a ideia de uma indicação hierárquica seria ideal e funcionaria de acordo com que a água da xícara fosse esfriando, uma vez que devido à importância da qualidade da água para o chá, ela sempre deve ser fervida e esfriada até chegar à temperatura ideal.

#### 4.3.5.3 Execução

Com todas essas questões básicas resolvidas, chegou o momento de iniciarem os esboços para então definir as dimensões e elaborar um desenho técnico, necessário para a produção da xícara.

Foi desenhado uma xícara fora de escala para ajudar na visualização do funcionamento. Este desenho também ajudou a definir o lado da alça em relação ao infusor, que, devido à forte predominância de destros na população mundial, resolveu-se pelo lado direito (Figura 77).

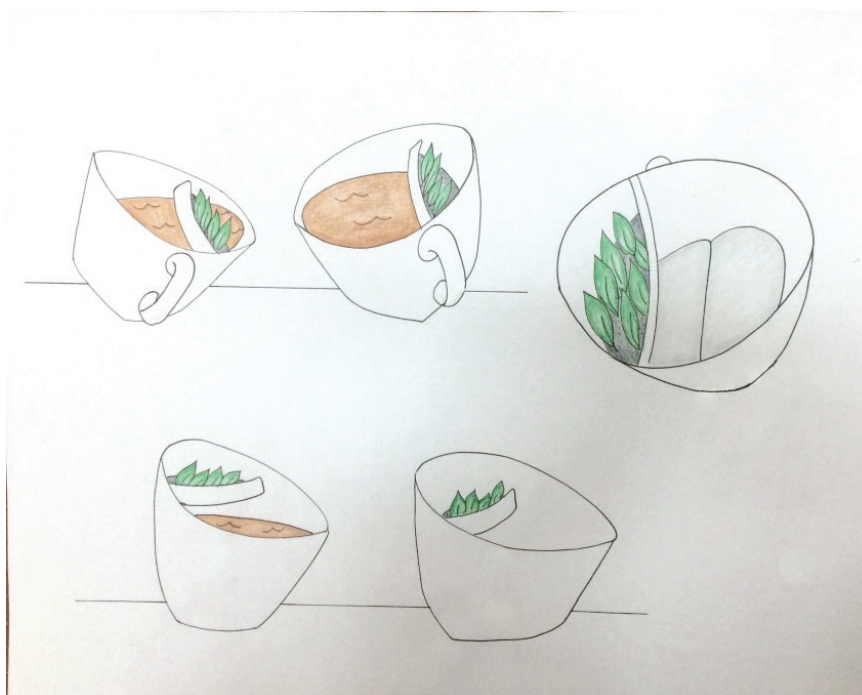


Figura 77 – Esboços da xícara

Fonte: da autora

Além disso, foi confeccionado um modelo da xícara em espuma floral, um material de fácil acesso que permite uma modelagem bem próxima à realidade. Esse modelo foi essencial para o dimensionamento da xícara pois proporcionou uma interação com a mão, o rosto e a boca do usuário (Figuras 78, 79 e 80).





Figura 78 – Modelo em espuma floral – Xícara inclinada 1  
Fonte: da autora



Figura 79 – Modelo em espuma floral – Xícara inclinada 2  
Fonte: da autora



Figura 80 – Modelo em espuma floral – Xícara e mão  
Fonte: da autora

Para o dimensionamento, foi levado em consideração o tamanho do infusor e a posição para não atingir o nariz do usuário. Para tanto, a xícara tem uma largura maior do que a usual. O comprimento também acompanhou, pois serviria como superfície para o indicador de temperatura e necessitaria de uma área vertical mais espaçosa.

Com essas informações e com análise de outras xícaras similares, foram estipuladas todas as dimensões da xícara, bem como seu desenho técnico (Figuras 81, 82, 83, 84 e 85)

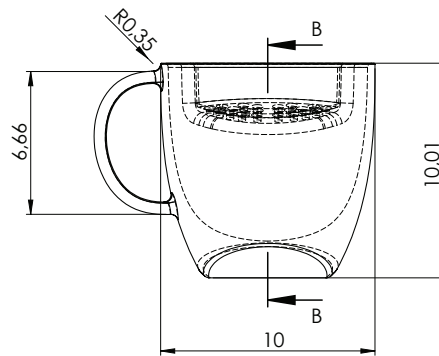


Figura 81 – Vista frontal

Fonte: da autora

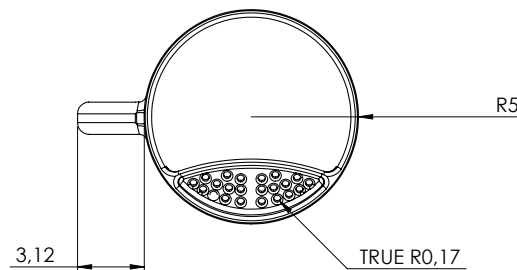


Figura 82 – Vista superior

Fonte: da autora

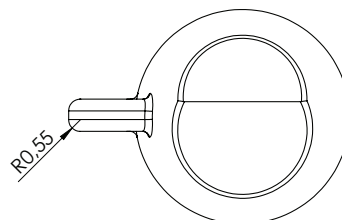


Figura 83 – Vista inferior

Fonte: da autora

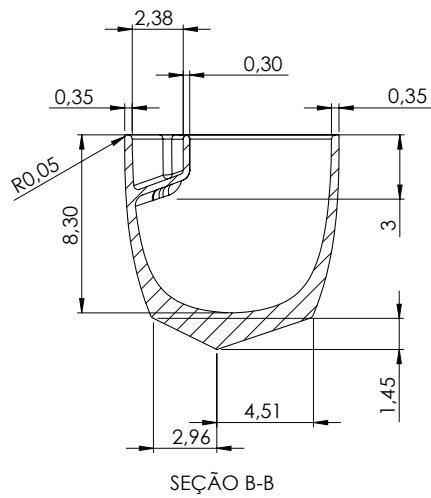


Figura 84 – Vista lateral direita em corte  
 Fonte: da autora

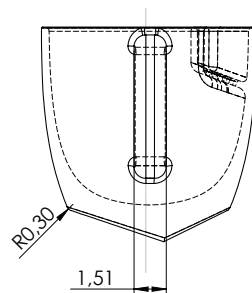


Figura 85 – Vista lateral esquerda  
 Fonte: da autora

Em seguida, utilizando-se de *software* de modelagem em 3D, foi produzido o modelo volumétrico do produto representando uma construção no mundo real. O *software* também permite uma simulação realística da cerâmica, material especificado para a fabricação do produto (Figuras 86, 87, 88, 89 e 90).



Figura 86 – Vista frontal  
 Fonte: da autora



Figura 87 – Vista superior  
Fonte: da autora

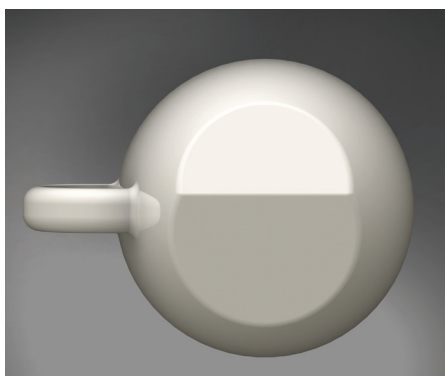


Figura 88 – Vista inferior  
Fonte: da autora

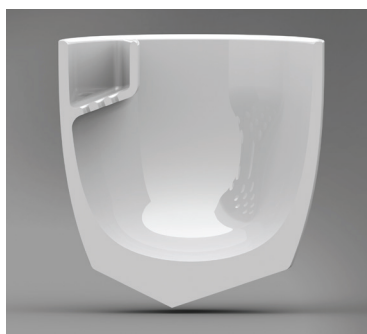


Figura 89 – Vista lateral direita em corte  
Fonte: da autora



Figura 90 – Vista lateral esquerda

Fonte: da autora

Concomitantemente a isso, o indicador de temperatura estava sendo planejado. Alguns esboços foram produzidos, e o ramo da *Camellia sinensis* foi levantado como opção para o indicador de temperatura (Figuras 91 e 92). Ele seria impresso na lateral da xícara por meio de sublimação e a mistura de pigmento leuco com verniz cerâmico seria aplicada por cima, escondendo o ramo por inteiro enquanto quente e revelando as folhas uma a uma de acordo com que o líquido vai esfriando. Uma máquina de sublimação conhecida é a prensa térmica própria para estampa de xícaras.

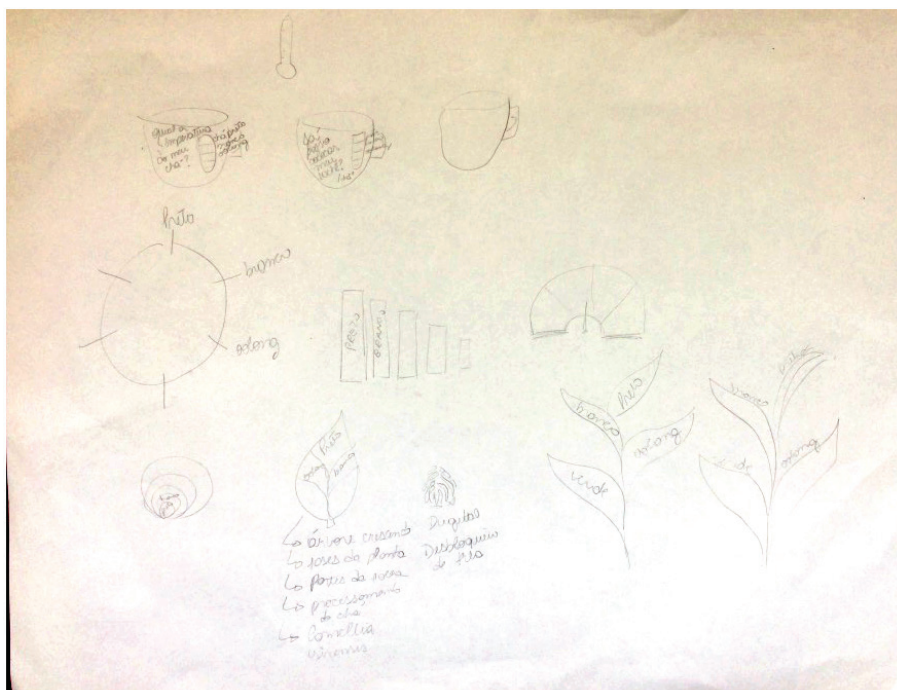


Figura 91 – Esboços do indicador térmico

Fonte: da autora



Figura 92 – Ramo de *Camellia sinensis* como indicador térmico

Fonte: da autora

Para finalizar, o último passo seria fazer a aplicação do ramo indicador de temperatura no modelo volumétrico. Essa aplicação foi feita de forma entusiasta apenas para uma visualização do posicionamento e proporção da figura na xícara (Figura 93).



Figura 93 – Ramo de *Camellia sinensis* aplicado na xícara

Fonte: da autora

## 5. CONCLUSÃO

Atentando-se aos objetivos propostos ao início deste projeto que pretendiam “propor uma estrutura que favoreça o uso do material inteligente em outros projetos, sugerindo uma visualização da inteligência de materiais para possíveis projetistas; além de desenvolver um produto utilizando-se dessa tecnologia como exemplo.” e, para isso:

- Apresentar materiais inteligentes de forma introdutória;
- Desenvolver uma estrutura que favoreça a sua adoção por outros projetistas;
- Desenvolver um projeto gráfico ilustrando campos de aplicação;
- Desenvolver um produto exemplificando a inteligência de materiais.
- Pode-se afirmar que foi obtido sucesso e cumprimento de todas as etapas traçadas.

Neste caminho, vários limites foram encontrados em relação ao acesso à informação devido à grande especificidade de algumas situações, como, por exemplo, a impressão de xícaras termocrômicas por sublimação. Além disso, a baixa disseminação do assunto, fez com que a pesquisa muitas vezes não fornecesse insumo o suficiente para a abordagem de certos assuntos no trabalho e é por estes e outros motivos que tem-se a intenção de seguir com o projeto, agregando cada vez mais áreas e tecnologias para que os materiais inteligentes sejam cada vez mais adotados por outros projetistas.

Como recomendação, aconselha-se a pesquisa em sites de outros países e em outros idiomas, pois este assunto é de recorrência mundial e conteúdos de qualidade estão sendo cada vez mais produzidos.

Por fim, espera-se que com a estrutura, visualização e produto-exemplo, este projeto sirva como fonte de pesquisa e inspiração para novos projetistas que desejam, assim como a autora, trazer os materiais inteligentes para situações de projeto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEL CURTO, Barbara. Slides “Materiali innovativi, intelligenti, funzionali...” da disciplina de *Nanotecnologie e Materiali Funzionali per il Design*. Acesso em 20 de Março de 2017.

Shape memory polymer market growth. Publicado em: 2016. Disponível em <<http://www.todaysmedicaldevelopments.com/article/shape-memory-polymer-market-medical-5616/>> Acesso em 9 de novembro de 2017.

7 NiTi: MEMORIA DE FORMA. Publicado em 2015. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=aVVD5ROETDw>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

Ligas memoria de forma. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA-esdsAD/ligas-memoria-forma>>. Acesso em 9 de novembro de 2017.

Liga com efeito de memória de forma pode ajudar em viagens espaciais. Disponível em <<http://engenheirodemateriais.com.br/tag/memoria-de-forma/>> Acesso em 4 de setembro de 2017.

Polímeros fundíveis com memória de formato. Publicado em: 2007. Disponível em <<https://www.escavador.com/patentes/418050/polimeros-fundiveis-com-memoria-de-formato>>

Isao Hosoe: Design comportamentale. Publicado em: 2007. Disponível em <<http://www.architetturaedesign.it/index.php/2007/12/17/isao-hosoe-design-contemporaneo-designer-famosi.htm>>

Barbara Del Curto. Disponível em <<https://orcid.org/0000-0002-0125-0226>>

Espumas com memória de forma: estudo das suas propriedades e aplicações ligadas à saúde. Publicado em: 2012. Disponível em <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/23105>> Acesso em 4 de setembro de 2017.

Têxteis Inteligentes – Uma breve revisão da literatura. Publicado em: 2014. Disponível em <<http://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Texteis-Inteligentes-Uma-breve-revisao-da-literatura-Texteis-inteligentes.pdf>> Acesso em 20 de novembro de 2017.

Saiba como funcionam as três tecnologias de escurecimento de vidro mais populares do mercado. Publicado em: 2015. Disponível em <<https://www.jornaldovidro.com.br/single-post/2015/06/30/Saiba-como-funcionam-as-tr%C3%AAAs-tecnologias-de-escurecimento-de-vidro-mais-populares-do-mercado>>



Meios de propagação da luz. Disponível em <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Fundamentos/luz2.php>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

A óptica e as cores dos objetos. Disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-optica-as-cores-dos-objetos.htm>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

Pigmentos de efeito. Disponível em <<http://www.colornet.com.br/portal/news/3-organicos.html>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

Impregnação de filmes do compósito de policarbonato (PC) e sílica- (PC) e sílica-gel (Si) com corante fotocromico em fluido supercrítico Publicado em: 2010. Disponível em <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/1999/1999>>

Pigmentos Fotocromicos. Disponível em <[http://www.forscher.com.br/foto\\_cromicos.htm](http://www.forscher.com.br/foto_cromicos.htm)>

Material fotocromico abre caminho para tecnologias futurísticas. Publicado em: 2009. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=material-fotocromico-abre-caminho-para-tecnologias-futuristicas&id=010160090518>>

Já conhece os polímeros que mudam de cor com a temperatura? Publicado em 2015. Disponível em <<http://engenheirodemateriais.com.br/tag/corante-leuco/>> Acesso em 6 de novembro de 2017.

Mudando de cor com a temperatura. Publicado em: 2008. Disponível em <<http://www.emsintese.com.br/2008/cor-temperatura/>>

Janela inteligente. Publicado em: 2013. Disponível em <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/me\\_gerais/2013/08/16/me\\_gerais\\_interna,382881/janela-inteligente.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/me_gerais/2013/08/16/me_gerais_interna,382881/janela-inteligente.shtml)> Acesso em 22 de novembro de 2017.

Dispositivos Eletrocromicos: A Busca de Novas Tecnologias, Materiais e Desenhos Mais Simples. Disponível em <<http://www.iq.usp.br/rtorresi/portugues/interesse/dispositivo.htm>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

PREPARAÇÃO DE UM FILME ELETROCRÔMICO. Disponível em <<http://www.olharnano.com/artigos/1003/47002/Prepara%C3%A7%C3%A3o-de-um-filme-eletrocr%C3%B4mico>>

Como funcionam os retrovisores fotocromicos\antiofuscamento? Disponível em

<<https://www.carrodegargem.com/como-funcionam-os-retrovisores-fotocromaticos-an-tiofoscamento/>> Acesso em 4 de setembro de 2017.

Tecnologia dos diodos orgânicos emissores de luz: uma visão físico-ambiental. Publicado em: 2013. Disponível em <<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/viewFile/605/williansv3n1.pdf>> Acesso em 22 de novembro de 2017.

Led X Oled: as diferenças entre os diodos emissores de luz. Publicado em: 2017. Disponível em <<http://casa.abril.com.br/materiais-construcao/led-x-oled-as-diferencas-entre-os-diodos-emissores-de-luz/>>

Magic Tape. Disponível em <[http://www.elshine.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=&lang=en](http://www.elshine.it/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=&lang=en)>

Aplicações do LED. Publicado em: 2013. Disponível em <<https://leonardoafonsoamorim.wordpress.com/2013/01/28/aplicacoes-do-led/>> Acesso em 22 de setembro de 2017.

Materiais de Mudança de Fase. Publicado em: 2015. Disponível em <[https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos\\_trabalhos/3611/731/1136.pdf](https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos_trabalhos/3611/731/1136.pdf)> Acesso em 22 de setembro de 2017.

Ligas com Memória de Forma. Como se educa uma liga com memória de forma? Publicado em: 2012. Disponível em <[https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2012\\_13/files/REL\\_1EMM-1\\_04.PDF](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_1EMM-1_04.PDF)> Acesso em 4 de setembro de 2017.

Os Materiais Inteligentes e suas Aplicações. Publicado em: 2013. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/282480381\\_Os\\_Materiais\\_Inteligentes\\_e\\_suas\\_Aplicacoes](https://www.researchgate.net/publication/282480381_Os_Materiais_Inteligentes_e_suas_Aplicacoes)> Acesso em 6 de outubro de 2017.

A Ciência e Engenharia dos Materiais. Disponível em <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1629954/mod\\_resource/content/0/2primeira%20aula.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1629954/mod_resource/content/0/2primeira%20aula.pdf)> Acesso em 6 de outubro de 2017.

Como estampar caneca mágica e caneca de porcelana? Publicado em: 2017. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=AEg3wVLyTKo>> Acesso em 21 de novembro de 2017.

Com que xícara eu vou? Disponível em <<https://academiadocafe.com.br/noticias/4103/0>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

Preparar a melhor xícara de chá. Disponível em <<http://www.superfacile.com.br/preparar-sua-melhor-xicara-de-cha/>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

30 tipos de canecas criativas que vão mudar completamente o seu café da manhã. Disponível em <<http://www.megacriativo.com/30-tipos-de-canecas-criativas-que-vaoo-mudar-completamente-o-seu-cafe-da-manha/>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

Preparando Meu Chá. Disponível em <<http://www.talcha.com.br/novo-no-cha/preparando-meu-cha>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

Como Fazer Chá. Disponível em <<https://pt.wikihow.com/Fazer-Ch%C3%A1>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

10 dicas para fazer o chá perfeito em casa. Publicado em: 2015. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/asmais/2015/07/1659604-10-dicas-para-fazer-o-cha-perfeito-em-casa.shtml>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

7 erros ao fazer chá que despencam suas chances de emagrecer. Disponível em <<https://www.vix.com/pt/bdm/corpo/7-erros-ao-fazer-cha-que-despencam-suas-chances-de-emagrecer>> Acesso em 5 de novembro de 2017.

DICAS DE PREPARO. Disponível em <[http://www.cerimoniadocha.com.br/dicas\\_de\\_preparo/](http://www.cerimoniadocha.com.br/dicas_de_preparo/)> Acesso em 5 de novembro de 2017.

O processamento. Disponível em <<http://www.it-tea.com/pt/it-academia/o-processamento.html>> Acesso em 19 de novembro de 2017.

TEMPERATURA DA INFUSÃO DO CHÁ VERDE. Disponível em <<http://www.cha-verde.net/temperatura-da-infusao/>> Acesso em 19 de novembro de 2017.