



**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# PCS 3558/PCS 3858

## Laboratório de Sistemas Embarcados

# Considerações sobre a Metodologia de Projetos

Carlos Eduardo Cugnasca

Professor Associado 3

2021

# Tópicos

- Projetos de Engenharia
  - Requisitos
- Projetos de Sistemas Embarcados
- Metodologias
- Exemplos:
  - Segurança
  - Sustentabilidade



**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# Projetos de Engenharia

# Projetos de Engenharia

## Algumas Questões:

- *Como considerar o **mercado**?*
- *Como fazer um “**bom**” projeto?*

# Projetos de Engenharia

## Algumas Questões:

- Como considerar o *mercado*?
- Como fazer um “*bom*” projeto?
- Como gerir um projeto com *eficácia*?
- Como garantir o *sucesso* de um projeto?

# Projetos de Engenharia

## Algumas Questões:

- Como considerar o *mercado*?
- Como fazer um “*bom*” projeto?
- Como gerir um projeto com *eficácia*?
- Como garantir o *sucesso* de um projeto?
- Como conceber projetos *seguros*?
- Como conceber *projetos sustentáveis*?
- ...

# Projetos de Engenharia

## Alguns (Maus) Exemplos:

<https://trendscatchers.co.uk/index.php/pt/2019/10/17/especialistas-dizem-que-o-desastre-de-chernobyl-poderia-ter-sido-evitado-se-nao-fosse-por-este-homem/2/>

- Empresa francesa de trem encomenda trens largos demais para plataformas.

# Projetos de Engenharia

## Alguns (Maus) Exemplos:

<https://trendscatchers.co.uk/index.php/pt/2019/10/17/especialistas-dizem-que-o-desastre-de-chernobyl-poderia-ter-sido-evitado-se-nao-fosse-por-este-homem/2/>

- Empresa francesa de trem encomenda trens largos demais para plataformas.
- O edifício “Walkie Talkie” é tão reflexivo que derrete peças de carros.



# Projetos de Engenharia

## Alguns (Maus) Exemplos:

<https://trendscatchers.co.uk/index.php/pt/2019/10/17/especialistas-dizem-que-o-desastre-de-chernobyl-poderia-ter-sido-evitado-se-nao-fosse-por-este-homem/2/>

- Empresa francesa de trem encomenda **trens largos demais** para plataformas.
- O edifício “Walkie Talkie” é tão reflexivo que **derrete peças** de carros.
- Conflito entre sistemas de medição diferentes (sistema métrico x unidade inglesa) **derrubaram satélites**.
- B-2 Bomber falha devido a falha de eletrônica.
- A Espanha quase construiu um submarino que não conseguia ressurgir.

# Projetos de Engenharia

## Alguns (Maus) Exemplos:

<https://trendscatchers.co.uk/index.php/pt/2019/10/17/especialistas-dizem-que-o-desastre-de-chernobyl-poderia-ter-sido-evitado-se-nao-fosse-por-este-homem/2/>

- Empresa francesa de trem encomenda trens largos demais para plataformas.
- O edifício “Walkie Talkie” é tão reflexivo que derrete peças de carros.
- Conflito entre sistemas de medição diferentes (sistema métrico x unidade inglesa) derrubaram satélites.
- B-2 Bomber falha devido a falha de eletrônica.
- A Espanha quase construiu um submarino que não conseguia ressurgir.
- O encaixe imperfeito da ponte.



# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- **Filmes no Youtube:**
  - *Os 5 piores erros da engenharia que tiveram graves consequências!*
    - <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=CbUddLTwqWI>
  - Estação Espacial Skylab:
    - 1ª. EUA – queda 11/07/1979.
    - <https://www.youtube.com/watch?v=kYXEcb5dHAc>



# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- **Filmes no Youtube:**

- *Os 5 piores erros da engenharia que tiveram graves consequências!*

- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=CbUddLTwqWI>

- **Estação Espacial Skylab:**

- 1ª. EUA – queda 11/07/1979.

- <https://www.youtube.com/watch?v=kYXEcb5dHAc>



- **Outros exemplos:**

- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=0qWjek44vYk>

- <https://www.youtube.com/watch?v=TDq4aqmE0mk>

- <https://www.youtube.com/watch?v=30twi2vk22E>

- <https://www.youtube.com/watch?v=SdXiGQIUW4M>

- <https://www.youtube.com/watch?v=EvpiVssn8LQ>

# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- O fracasso do A380

<https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2019/02/14/razoes-fracasso-a380/>



# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- O fracasso do A380

<https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2019/02/14/razoes-fracasso-a380/>



- Fax: ainda são usados!

<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/bbc/2019/02/23/por-que-empresas-e-governos-ainda-usam-milhoes-de-maquinas-de-fax.htm>



# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- O fracasso do A380

<https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2019/02/14/razoes-fracasso-a380/>



- Fax: ainda são usados!

<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/bbc/2019/02/23/por-que-empresas-e-governos-ainda-usam-milhoes-de-maquinas-de-fax.htm>



- Casas Inteligentes e os usuários

<http://verdadealagoas.com.br/2019/02/18/por-que-as-pessoas-ainda-nao-cairam-de-amores-pela-casa-inteligente/>



- Invenções que **não prosperaram**

<https://veja.abril.com.br/tecnologia/o-fim-do-patinete-segway-e-as-invencoes-que-nao-vingaram//>

# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- Invenções que **não prosperaram:**

<https://veja.abril.com.br/tecnologia/o-fim-do-patinete-segway-e-as-invencoes-que-nao-vingaram//>





# Projetos de Engenharia

## Alguns Exemplos:

- Invenções **redescobertas**





**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# Projetos de Engenharia:

## Requisitos

# Projetos de Engenharia

- Além de atender os requisitos de mercado, devem atender outros requisitos, como:
  - Prazos
  - Custos
  - Qualidade
  - Escopo
  - ...

# Projetos de Engenharia

- Além de atender os requisitos de mercado, devem atender outros requisitos, como:
  - Prazos
  - Custos
  - Qualidade
  - Escopo
  - ...
- **Negociados** previamente entre contratante e contratado.
- Para atender aos requisitos, deve-se empregar uma **metodologia** adequada à natureza do projeto.

# Projetos de Engenharia

Possuem um **Ciclo de Vida**:

- versão inicial
- manutenção
- melhorias – **novos requisitos**
- evolução – **novos produtos**
- finalização
- ...

# Projetos de Engenharia

Possuem um **Ciclo de Vida**:

- versão inicial
- manutenção
- melhorias – **novos requisitos**
- evolução – **novos produtos**
- finalização
- ...

Imprescindível durante o **Ciclo de Vida**:

- **Documentação Técnica.**

# Projetos de Engenharia

## Exemplo de Documentação Técnica:

- Específica para cada tipo de projeto. Por exemplo:
  - Especificação Funcional
  - Especificação Detalhada
  - Diagramas – Hardware e Software
  - Documentação Detalhada do Hardware
  - Documentação Detalhada do Software
  - Manual do Usuário
  - Documentação de Teste, Calibração, Manutenção
  - ...

# Projetos de Engenharia

## Exemplo de Documentação Técnica:

- Específica para cada tipo de projeto. Por exemplo:
  - Especificação Funcional
  - Especificação Detalhada
  - Diagramas – Hardware e Software
  - Documentação Detalhada do Hardware
  - Documentação Detalhada do Software
  - Manual do Usuário
  - Documentação de Teste, Calibração, Manutenção
  - ...

## Projeto **sem** Documentação Técnica Adequada:

- **Dificuldade em evoluir**
- **Tende a ser descartado**





**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# Projetos de Sistemas Embarcados

---

# Projetos de Sistemas Embarcados

Demanda crescente por novos **Sistemas Embarcados**:

- exige que técnicas de projeto adequadas sejam adotadas:
  - Importante para aumentar a possibilidade de os produtos respeitem os requisitos estabelecidos.
  - Muitos projetos vem sendo conduzidos por pessoas **sem a formação necessária**:
    - **Projetos de baixa qualidade (~ a projetos de hobistas).**

# Projetos de Sistemas Embarcados

Demanda crescente por novos **Sistemas Embarcados**:

- exige que técnicas de projeto adequadas sejam adotadas:
  - Importante para aumentar a possibilidade de os produtos respeitem os requisitos estabelecidos.
  - Muitos projetos vem sendo conduzidos por pessoas **sem a formação necessária**:
    - **Projetos de baixa qualidade (~ a projetos de hobistas).**

**Pontos relevantes:**

- Prazos curtos.
- Pouco tempo para amadurecimento das soluções.
- Modificações.
- Baixo custo.
- ...

# Principais Características dos Sistemas Embarcados

- Aplicação **Dedicada**.
- **Interação** com o Ambiente.
  - Sensores.
  - Atuadores.
- **Robustez**:
  - estabilidade.
  - disponibilidade.
  - segurança.

# Principais Características dos Sistemas Embarcados

## Eficiência garantida por Projeto:

- Importante para garantir que diversos requisitos sejam atendidos:
  - Baixo **Consumo** de Energia.
  - **Dimensões** Reduzidas.
  - Baixo **Custo**.
  - Projeto **Eficiente**.
  - **Interfaces** Simples.

# Principais Características dos Sistemas Embarcados

## Segurança garantida por Projeto:

- Sistemas Embarcados:
  - alto potencial para a geração de produtos de:
    - **Inseguros.**
    - **facilmente invadidos.**
    - **sem previsão de atualizações.**

# Principais Características dos Sistemas Embarcados

## Sustentabilidade garantida por Projeto:

- Sistemas Embarcados:
  - alto potencial para a geração de produtos de:
    - **baixa qualidade.**
    - **vida curta** – obsolescência precoce.
    - geração de grandes volumes de **lixo eletrônico.**

# Metodologia

- Diversas estão disponíveis.
- **Fundamental** para os objetivos serem atingidos.
- Apostila:
  - [PCS3x58-Projeto de Sistemas Embarcados.pdf](#)
  - **Exemplos** de metodologias

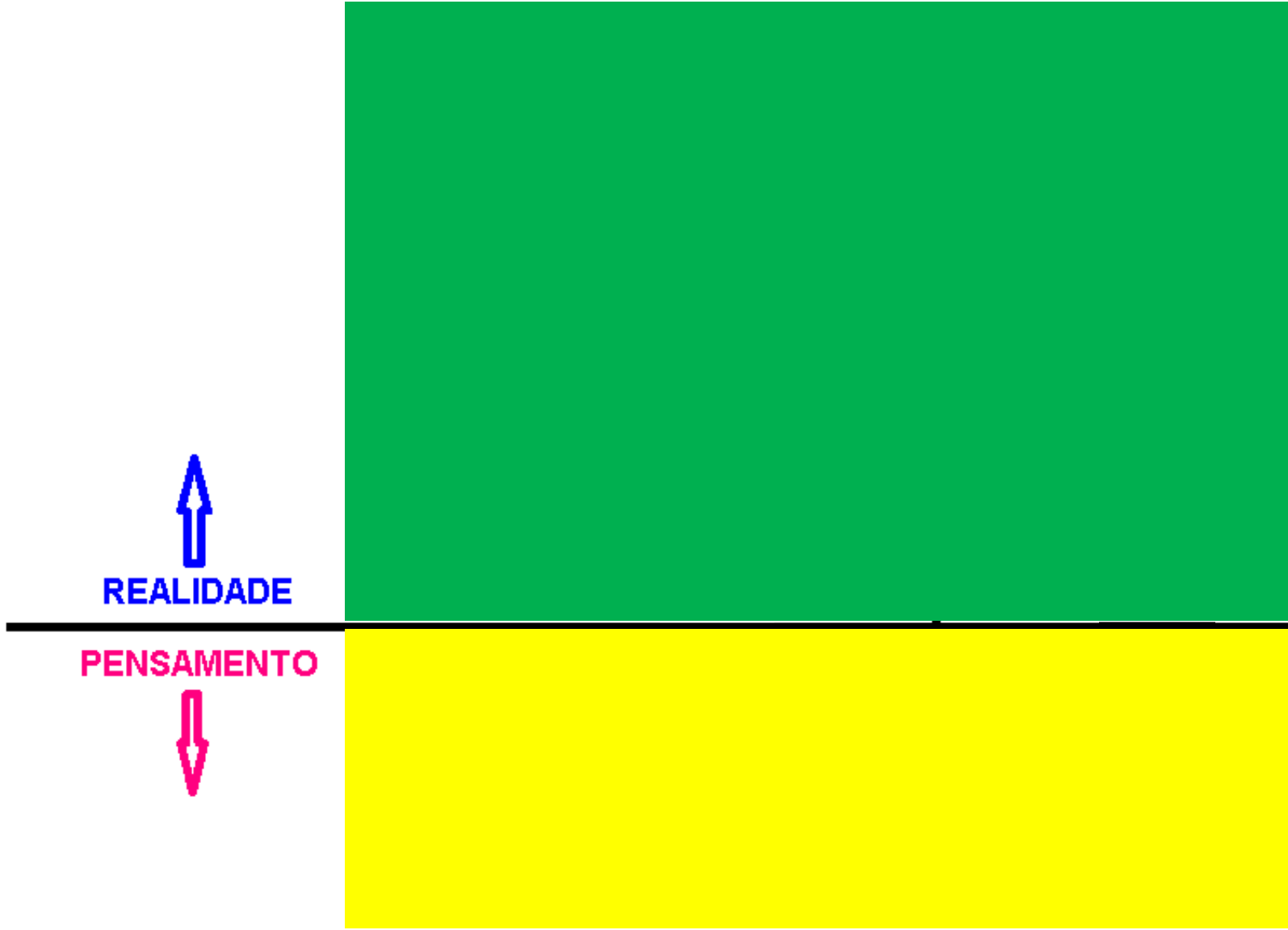


# Exemplo de Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas

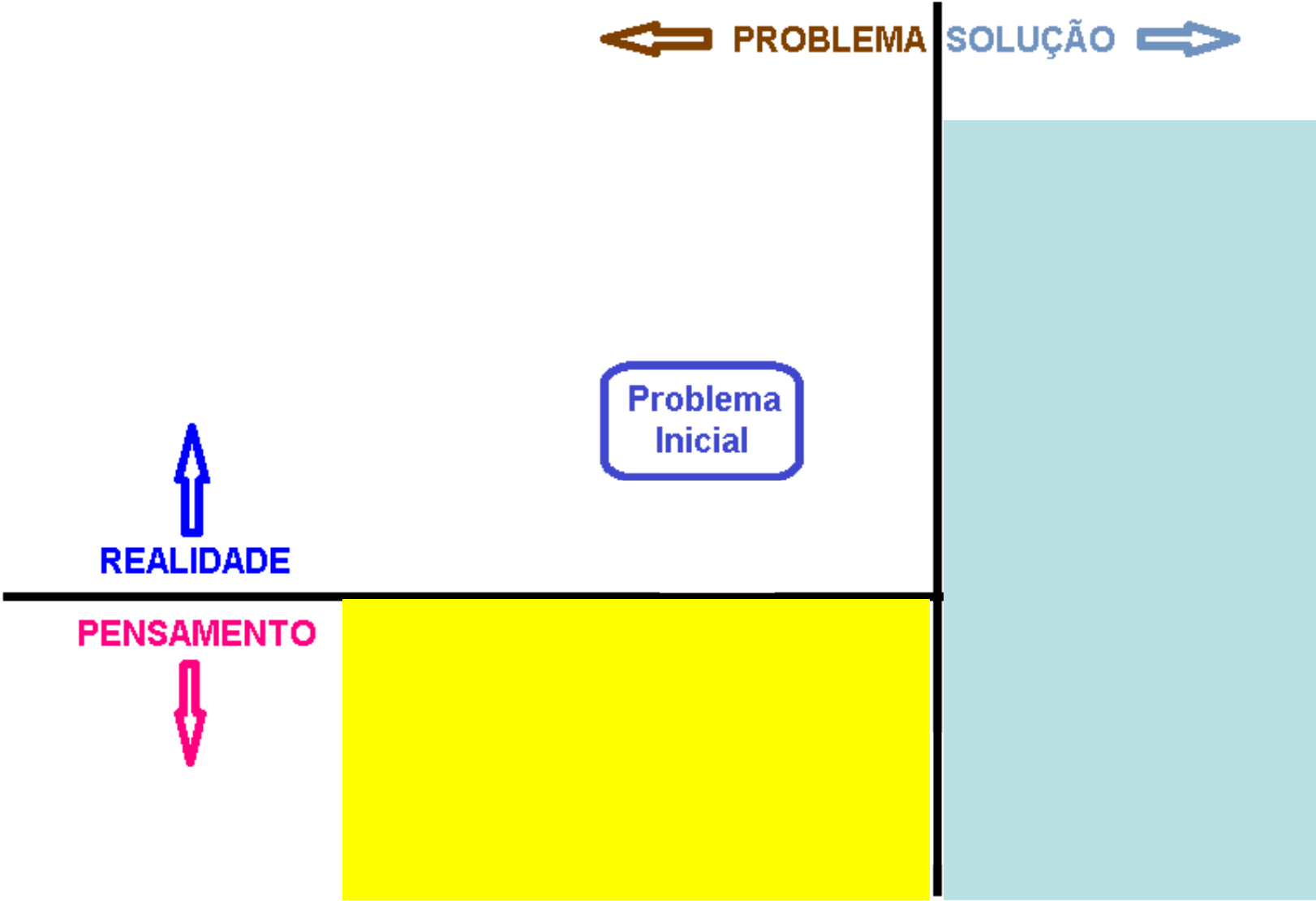
← PROBLEMA SOLUÇÃO →



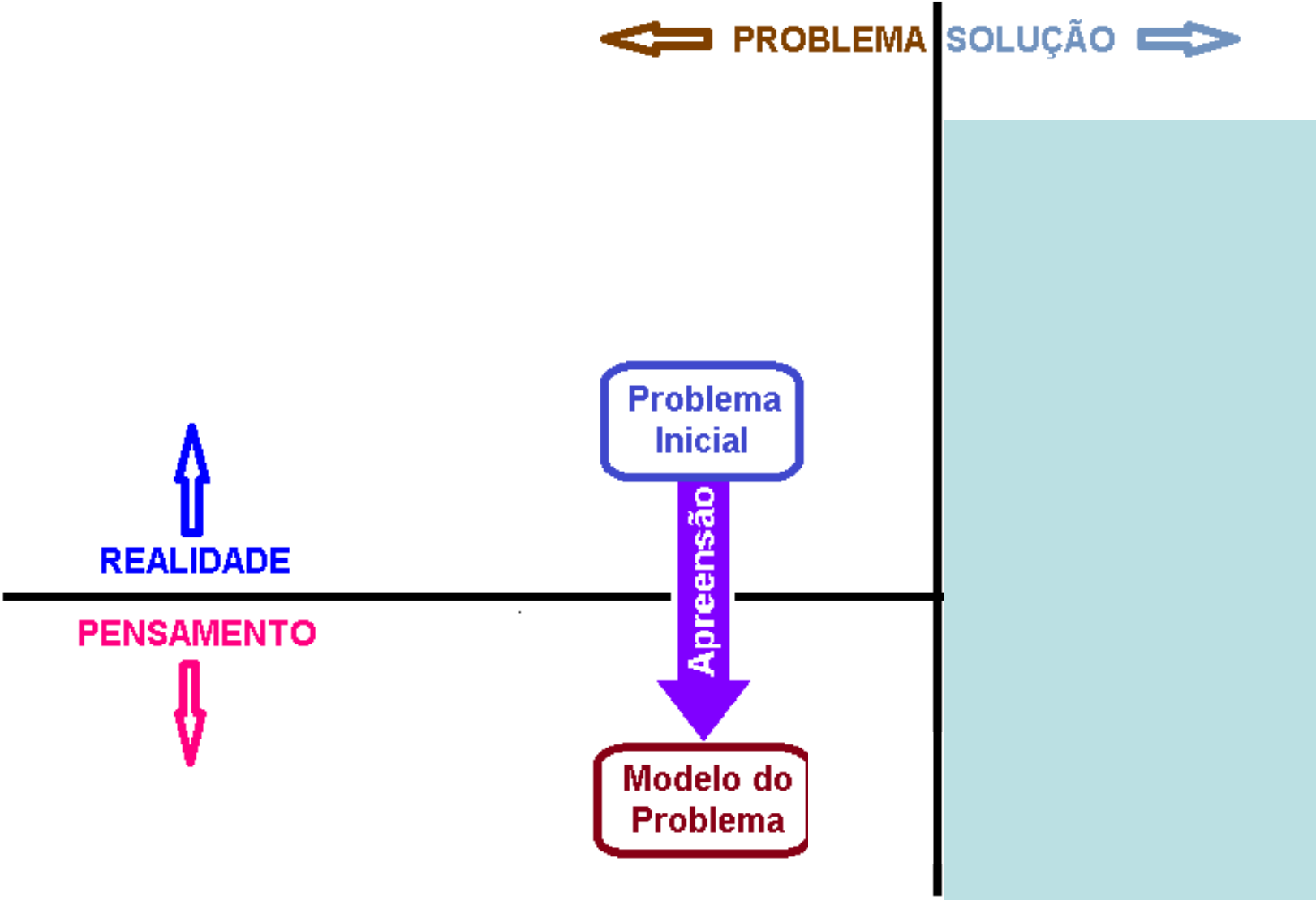
# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas



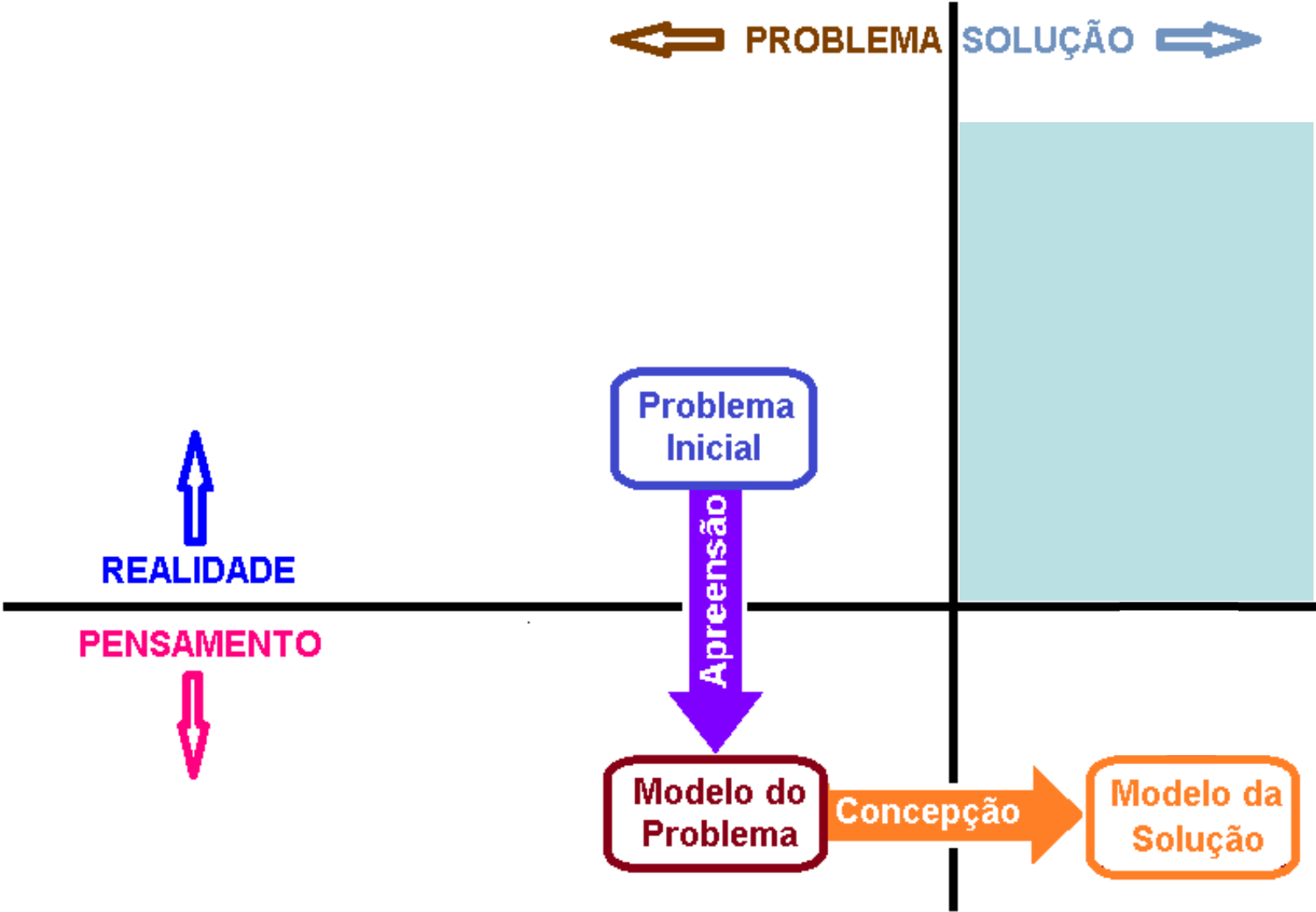
# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas



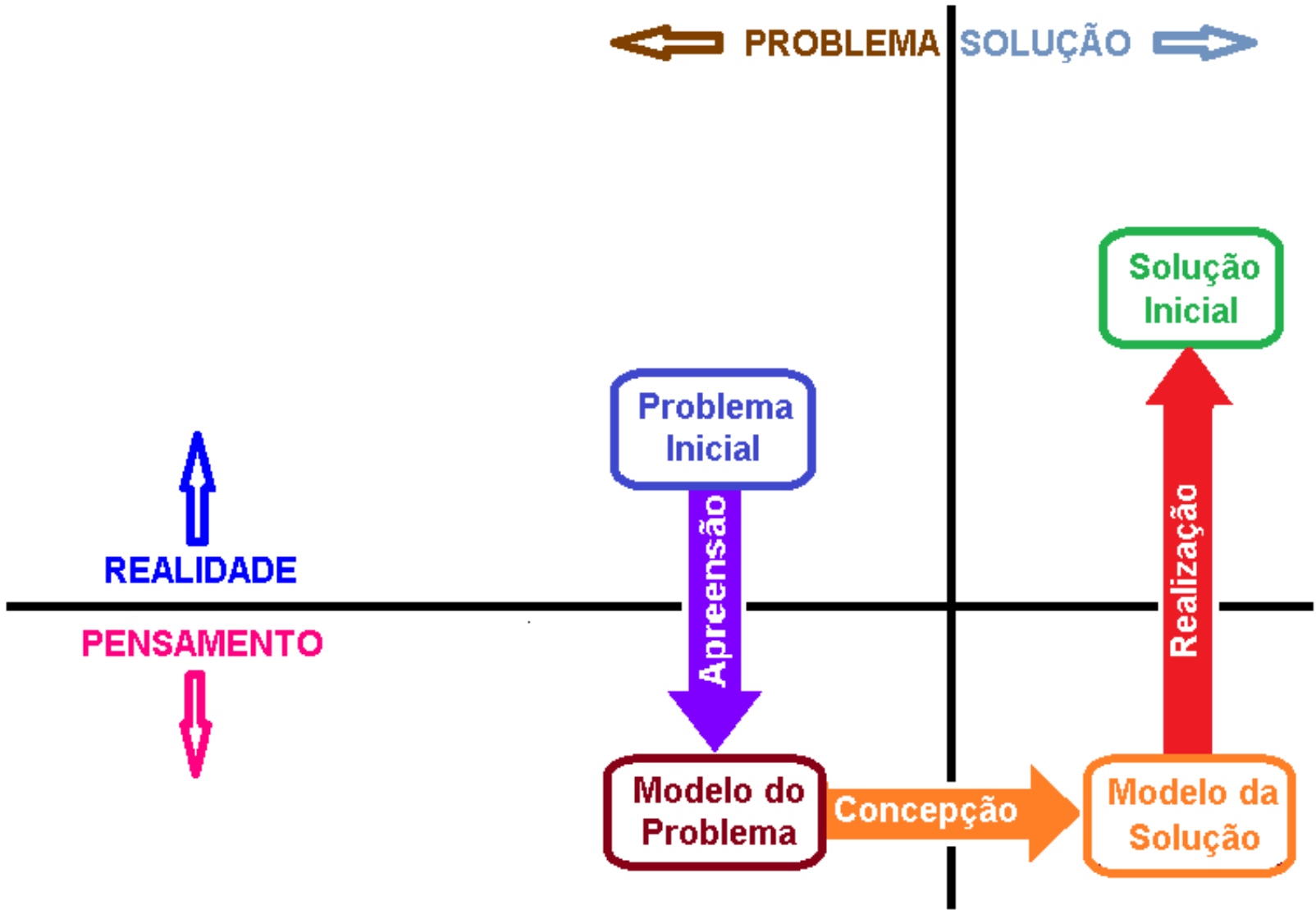
# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas



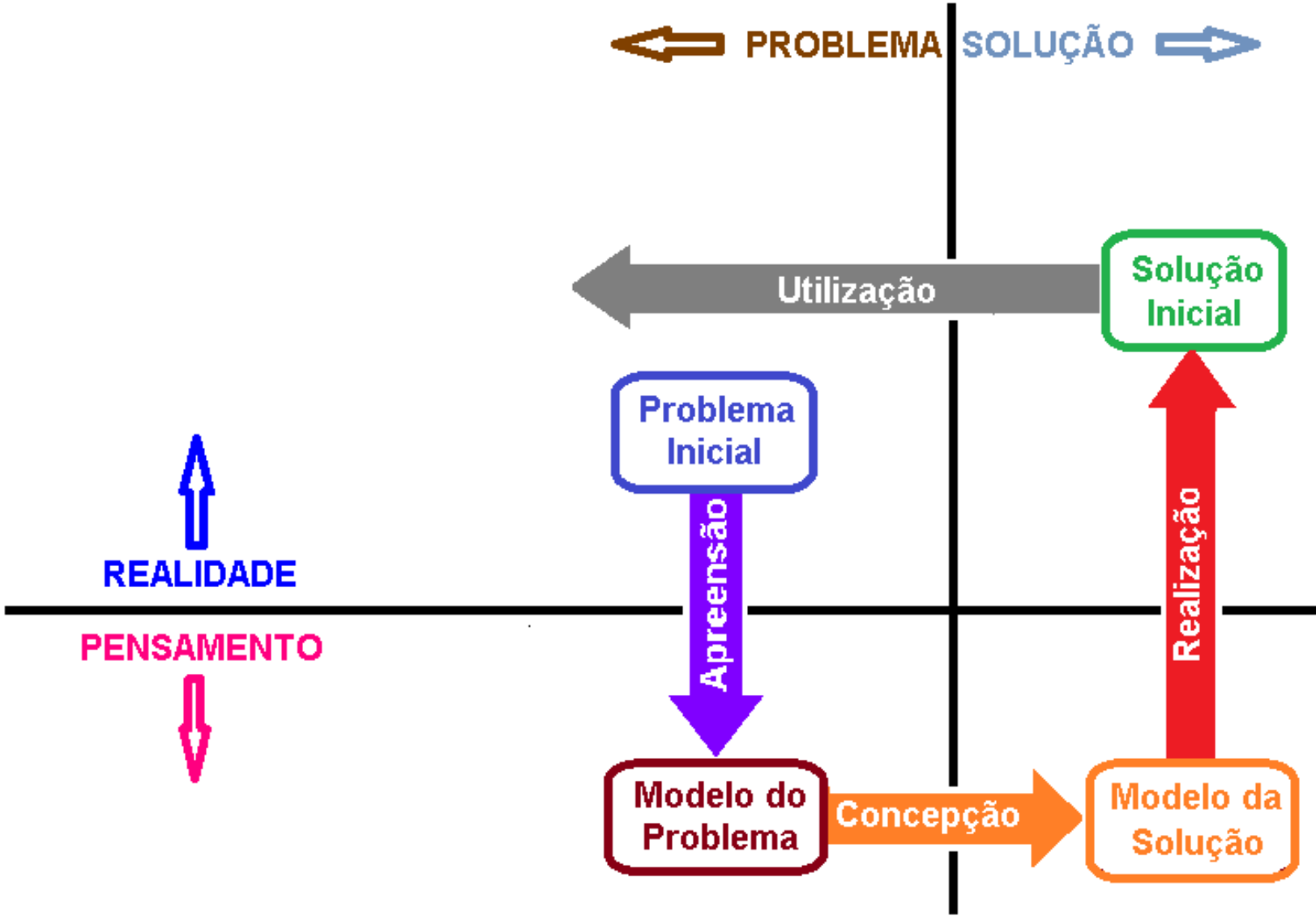
# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas



# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas

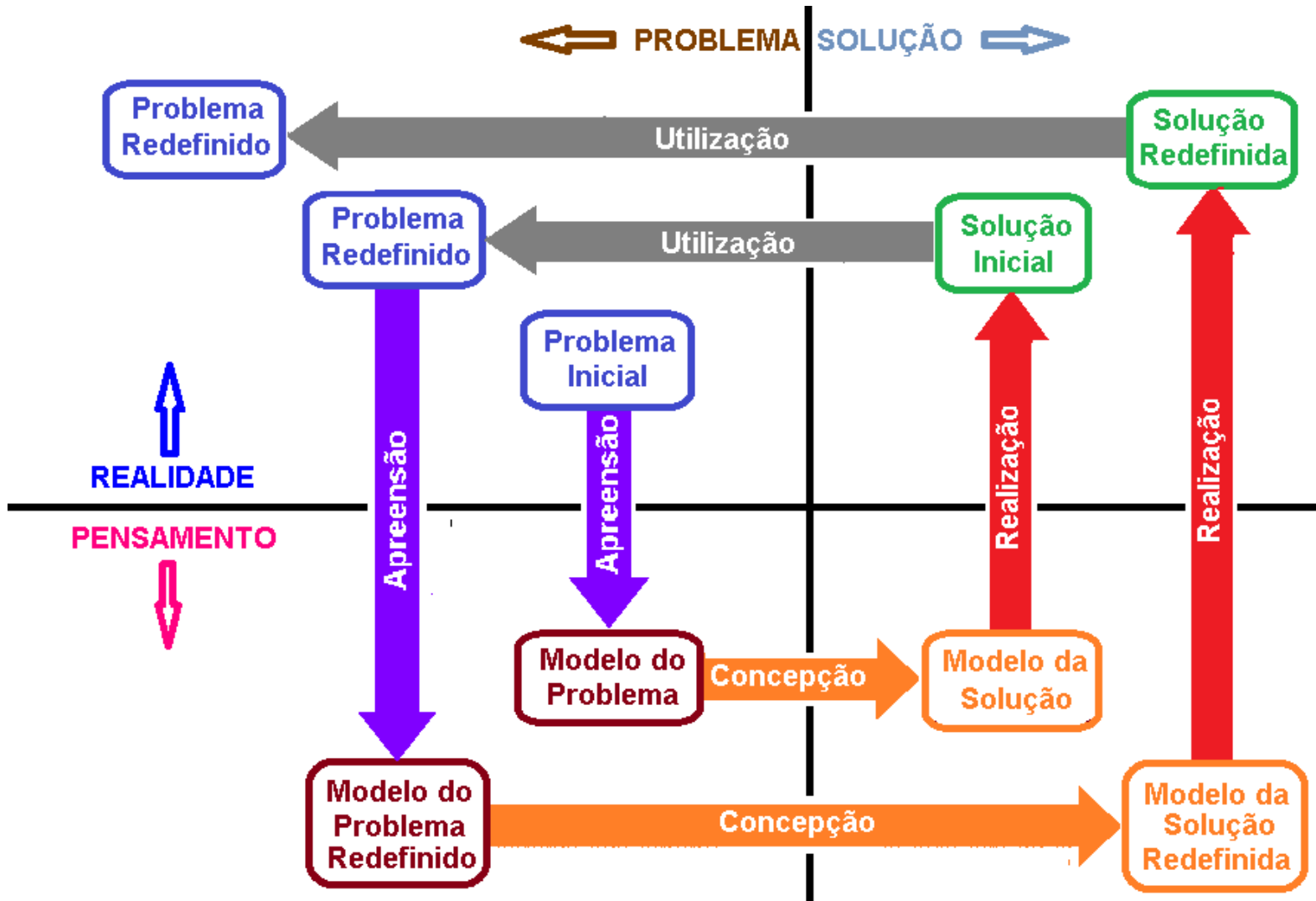


# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas



# Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas

## Espiral Evolucionária





# Uma Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas

*"O conjunto completo de especificações essenciais de um sistema não será descoberto até que o usuário tenha a oportunidade de experimentá-lo."*

CONNEL, J. & BRICE, L.

# Uma Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas

*"O conjunto completo de especificações essenciais de um sistema não será descoberto até que o usuário tenha a oportunidade de experimentá-lo."*

CONNEL, J. & BRICE, L.

*Ciclo de vida dinâmico* de desenvolvimento, envolvendo a *prototipação*:

- após **sucessivas interações** e modificações no protótipo obtêm-se os resultados desejados;
- essa filosofia de desenvolvimento reflete o espírito da engenharia, que procura aplicar os **conhecimentos científicos** e os **procedimentos empíricos** à criação de equipamentos, sistemas, métodos e processos.



**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# Sistemas Embarcados: Segurança

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança

- Dispositivos Eletrônicos, IoT:
  - muitos produtos sendo testados e **ainda não comprovados**.
  - expectativa de **grandes volumes** de vendas.

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança

- Dispositivos Eletrônicos, IoT:
  - muitos produtos sendo testados e **ainda não comprovados**.
  - expectativa de **grandes volumes** de vendas.
  - muitos produtos tem que ser de baixo custo.
  - potencial para produtos de:
    - **baixa qualidade**.
    - **vida curta** – obsolescência precoce.
    - **inseguros**.

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

Casal de Ohio é aterrorizado após hacker assumir câmera de monitoramento de bebês. *Daily News*, 2014.

<https://www.nydailynews.com/news/national/baby-monitoring-camera-hacked-taunts-family-article-1.1771399>

- Hacker **assumiu o controle de um monitor de vídeo** de um bebê de 10 meses e começou a gritar 'Acorde baby!' no meio da noite.
- Intruso gritou obscenidades.
- O casal de Cincinnati sentiu-se "violado" e impotente porque **não conseguia descobrir quem** estava fazendo isso - e não sabia se já tinha feito isso antes.
- A câmera se movia de forma independente (deveria apenas rastrear o bebê ou qualquer movimento na sala).



# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

Casal de Ohio é aterrorizado após hacker assumir câmera de monitoramento de bebês

O que os especialistas dizem:

- Hackers não visam apenas webcams, mas **qualquer dispositivo conectado à Internet**.
- Usam brechas cibernéticas para obter acesso para roubar ID ou lançar ataques maliciosos.
- **Conselhos:**
- alterar as senhas (Wi-Fi e câmera), garantindo que sejam diferentes e verificando se há **atualizações nos sites** do seu equipamento técnico, pois podem não aparecer nos dispositivos:
  - a câmera Foscam tem uma **vulnerabilidade** conhecida e os fabricantes lançaram uma atualização que os **usuários desconheciam**:
    - deveria haver um **recall**.



# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

Shodan: o mecanismo de pesquisa de câmeras na Internet. 26/01/2016.

<https://www.zdnet.com/article/shodan-the-iot-search-engine-which-shows-us-sleeping-kids-and-how-we-throw-away-our-privacy/>

- **Ferramenta perigosa:**
  - permite localizar câmeras na Internet instaladas em qualquer lugar, público ou não, incluindo imagens de quem não sabe dessa exposição.





# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

- **Ferramenta perigosa (versões paga e gratuita):**
  - rastreia a Internet aleatoriamente em busca de endereços IP com portas abertas sem autenticação que transmitem vídeo.
- **Vulnerabilidade das câmeras:**
  - usam o Real Time Streaming Protocol (RTSP, porta 554) para compartilhar vídeo, mas não possuem autenticação de senha.
  - muitos consumidores não percebem valor na segurança e privacidade e não estão dispostos a pagar por ela:
    - muitos fabricantes **reduzem custos de projeto** para maximizar lucros e **não consideram a segurança adequada** nos projetos.

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

Samsung adverte: Cuidado com o que você diz em frente a sua TV inteligente. 09/02/2015.

<https://oglobo.globo.com/economia/samsung-adverte-cuidado-com-que-voce-diz-em-frente-sua-tv-inteligente-15286181/>

- Fabricante alerta que televisão pode **gravar conversas** e **transmitir diálogos a terceiros**:
  - Política de privacidade:
    - alerta para o **risco** de captura e transmissão de dados sensíveis para terceiros caso a função esteja ligada.
  - *“O reconhecimento de voz, que permite aos usuário comandar a TV usando comandos de voz, é uma função da Smart TV, que pode ser ativada ou desativada pelo usuário. **O dono da TV também pode desconectar o aparelho da rede Wi-Fi**”.*
  - *“Por favor, esteja ciente que se suas palavras incluírem dados pessoais ou outras informações sensíveis, essa informação estará entre os dados capturados e transmitidos para terceiros pelo uso do reconhecimento de voz”*

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

465 mil pacientes tiveram que visitar o médico para corrigir a vulnerabilidade crítica do marcapasso. 30/08/2017.

<https://arstechnica.com/information-technology/2017/08/465k-patients-need-a-firmware-update-to-prevent-serious-pacemaker-hacks/>

- Os marcapassos cardíacos são implantados na parte superior do tórax. São equipados com dispositivos de comunicação (radiofrequência) para ajustes remotos.
- Novas cirurgias não são necessárias depois da implantação.
- **Porém:**
  - comunicação contém **falhas críticas** que permitem que os sequestradores dentro do alcance do rádio assumam o controle enquanto os marcapassos estão funcionando.

# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

465 mil pacientes tiveram que visitar o médico para corrigir a vulnerabilidade crítica do marcapasso.

- *Recall* de marcapassos.
- A atualização exigirá que os pacientes visitem uma clínica onde os médicos colocarão os marcapassos no modo de *backup* enquanto o *firmware* é corrigido.
- **465.000** marcapassos só nos Estados Unidos foram afetados.



# Projeto de Sistema Embarcados e a Segurança: Exemplos

## *O que fazer?*

- **Educação** em segurança em TIC para o usuário.
- **Legislação** com penalidades civis para empresas que não implementam segurança razoável em seus produtos:
  - mas, excesso de legislação pode desencorajar a inovação.
- Órgão governamental ou da indústria, confiável, para avaliar a segurança dos dispositivos:
  - **classificação – 1, 2, ... 5 estrelas, para auxiliar consumidores leigos.**

# Segurança para IoT

Alguns critérios para **umentar a segurança** da IoT:

- **Seguro por padrão:**
  - Nenhuma senha padrão compartilhada entre dispositivos ou **senhas fracas prontas para usar (como nas câmeras)**.
  - Todas as **senhas** devem ser **criadas aleatoriamente** usando geradores de números aleatórios de alta qualidade.
  - Recursos avançados usados por uma pequena porcentagem de usuários devem ser desligados (VPN, **Administração Remota**, etc.).

# Segurança para IoT

Alguns critérios para aumentar a segurança da IoT:

- **Seguro por Projeto:**
  - O *firmware* deve ser **bloqueado** para que o acesso serial não esteja disponível, e o seu acesso deve ser protegido.
  - Todas as **interfaces** GPIO, UART e JTAG no hardware devem ser **desabilitadas** para versões de produção (usadas, p.ex., em **desenvolvimento e testes** – canais de serviço).
  - Memórias (**NAND**, etc.) devem ser protegidas com epóxi, soquetes esféricos (para que **não possam ser removidas** e substituída) para prevenir ataques físicos:
    - como supostamente ocorreu em um caso do iphone usado por terroristas nos EUA.

# Segurança para IoT

Alguns critérios para aumentar a segurança da IoT:

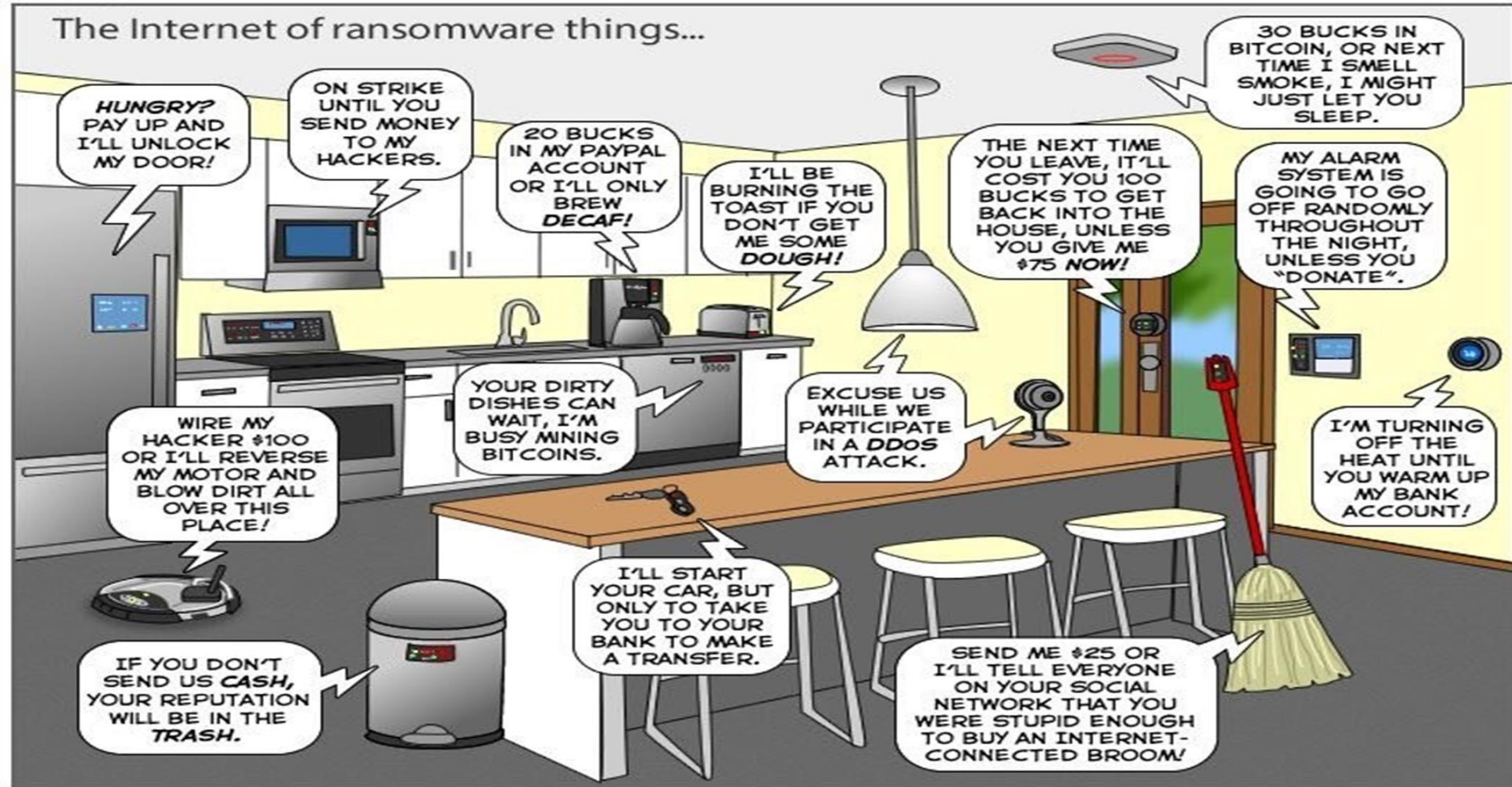
- **Segurança independente:**
  - Os dispositivos **não devem depender da rede** para fornecer segurança:
    - modelo de segurança do dispositivo deve assumir que a rede está comprometida e ainda manter os métodos de proteção.
  - A comunicação entre os dispositivos deve ser **criptografada** para evitar ataques.



# Segurança para IoT

The Joy of Tech™ by Nitrozac & Snaggy

The Internet of ransomware things...



You can help us keep the comics coming by becoming a patron!  
[www.patreon.com/joyoftech](http://www.patreon.com/joyoftech)

[joyoftech.com](http://joyoftech.com)



**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



# Sistemas Embarcados: Sustentabilidade

# Projeto de Sistema Embarcados e a Sustentabilidade

- Demanda crescente por sistemas embarcados:
  - estão cada vez mais presentes nos produtos.
  - novos produtos:
    - em especial devido à **Internet das Coisas (IoT)**.

# Projeto de Sistema Embarcados

- **IoT:**
  - paradigma relativamente novo.
  - muitos produtos sendo testados e **ainda não totalmente comprovados.**

# Projeto de Sistema Embarcados

- **IoT:**
  - paradigma relativamente novo.
  - muitos produtos sendo testados e **ainda não totalmente comprovados.**
  - expectativa de **grandes volumes** de vendas
  - potencial para produtos de
    - **baixa qualidade.**
    - **vida curta** – obsolescência precoce.
    - geração de grandes volumes de **lixo eletrônico.**

# Projeto de Sistema Embarcados

- Últimos 75 anos:
  - Práticas **não sustentáveis**.
  - Produção em **massa**.
  - Estratégias de iteração (**repetição**) de produtos.
  - **Obsolescência planejada** para aumentar os lucros e a participação de mercado.

# Dispositivos para IoT

- **IoT:**
  - Muitos elogios, pois tem bom potencial para ajudar:
    - na redução o uso de energia.
    - no sequestro de carbono.
    - etc.
  - Porém, os próprio dispositivos de IoT devem ser **projetados e fabricados** visando a **sustentabilidade**.

# Dispositivos para IoT

- IoT:
  - Realidade:
    - não se pode ignorar a “insustentabilidade” da maioria das “coisas” que vêm sendo desenvolvidas.



# Dispositivos para IoT

- **Em geral**, dispositivos de IoT:
  - Utilizam **materiais baratos** e são facilmente quebráveis.
  - **Sem** possibilidade de **reparo**.
  - **Sem** possibilidade atualizações do *firmware*.
  - **Sem** possibilidade de **troca de baterias**.

# Dispositivos para IoT

- **Em geral**, dispositivos de IoT:
  - Utilizam **materiais baratos** e são facilmente quebráveis.
  - **Sem** possibilidade de **reparo**.
  - **Sem** possibilidade atualizações do *firmware*.
  - **Sem** possibilidade de **troca de baterias**.
  - **Sem** grandes **proteções** para operar com **segurança** na Internet.
  - **Sem** plano claro de **reciclagem**.
  - Expectativa de **vida útil reduzida**.
  - Novos dispositivos tornam os antigos **obsoletos**, que se tornam **lixo eletrônico**.

# Projeto de Dispositivos para IoT

- Dispositivos de IoT:
  - Muitos resolvem problemas que de fato “não existem” – “**utilidade discutível**”.
  - Sob uma fachada de inovação, os projetistas da IoT estão preocupados em produzir e comercializar objetos conectados, **sem preocupação com segurança e sustentabilidade**.

# Projeto de Dispositivos para IoT

- Dispositivos de IoT do futuro:
  - O projeto deve considerar a sustentabilidade na sua concepção:
    - **Projeto (*Design*) Sustentável.**

# Projeto de Dispositivos para IoT

- Bruce Sterling:
  - *Shaping Things*, Bruce Sterling. MIT Press, 2005.
  - [http://wtf.tw/ref/sterling\\_shaping\\_things.pdf](http://wtf.tw/ref/sterling_shaping_things.pdf)

*“New forms of design and manufacture are appearing that lack historical precedent.”*

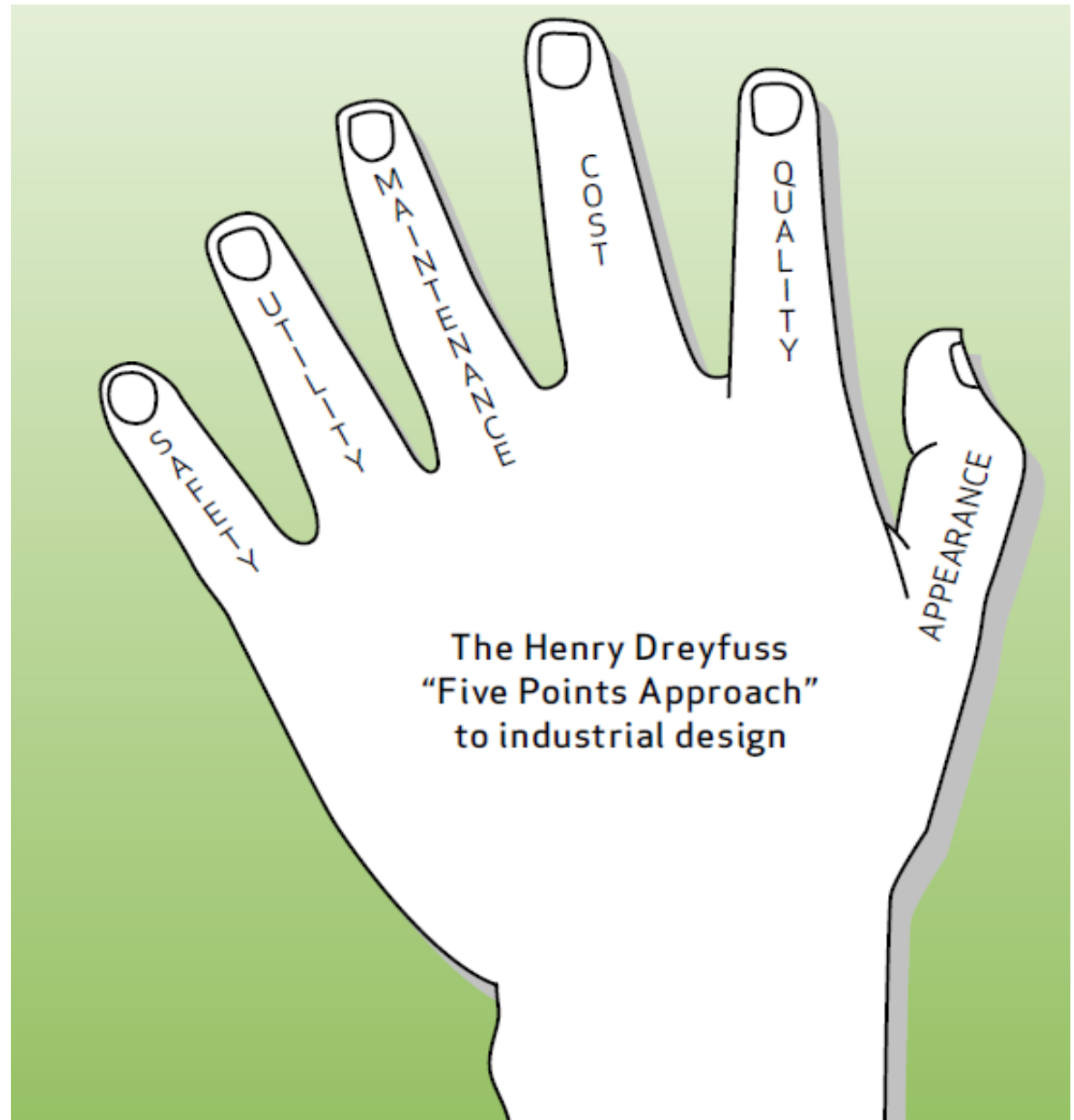
*“Our current scale/methods of manufacturing and consumption are **not sustainable**.”*

*“**Everyone can't be a designer**.”*

*“**Design is not science**.”*

*“Obsolescência é inovação ao contrário.”*

# Projeto de Dispositivos para IoT



Extraído de: *Shaping Things*, Bruce Sterling.  
MIT Press, 2005.

# Spime – “Space Time”

- Termo criado por Bruce Sterling.
- **Objeto futurista hipotético** característico da IoT, que pode ser **rastreado** através do **espaço** e do **tempo** ao longo de sua vida útil.

# Spime – “Space Time”

- Um objeto pode ser considerado um spime quando todas as suas **informações essenciais são armazenadas na nuvem.**
- Convergência de 6 tecnologias emergentes, relacionadas ao processo de **fabricação** de bens de consumo e às tecnologias de **identificação e localização.**



# As 6 Facetas dos Spimes

1. Meios pequenos e baratos de **identificação remota** e exclusiva de objetos em curtos intervalos (p.ex., RFID).
2. Um mecanismo para **localizar com precisão** algo na Terra, como um sistema de posicionamento global (p.ex., GPS).
3. Uma maneira de **extrair grandes quantidades de dados** para coisas que atendam a determinados critérios, como mecanismos de pesquisa na Internet.

# As 6 Facetas dos Spimes

4. Ferramentas para **construir** praticamente **qualquer tipo de objeto** - design assistido por computador.
5. Maneiras de prototipar rapidamente **objetos virtuais** em objetos reais:
6. **Fabricação sofisticada** e automatizada de uma especificação para um objeto, através de "impressoras tridimensionais".

Tempo de vida do "berço ao berço" para objetos.  
**Reciclagem barata e eficaz.**

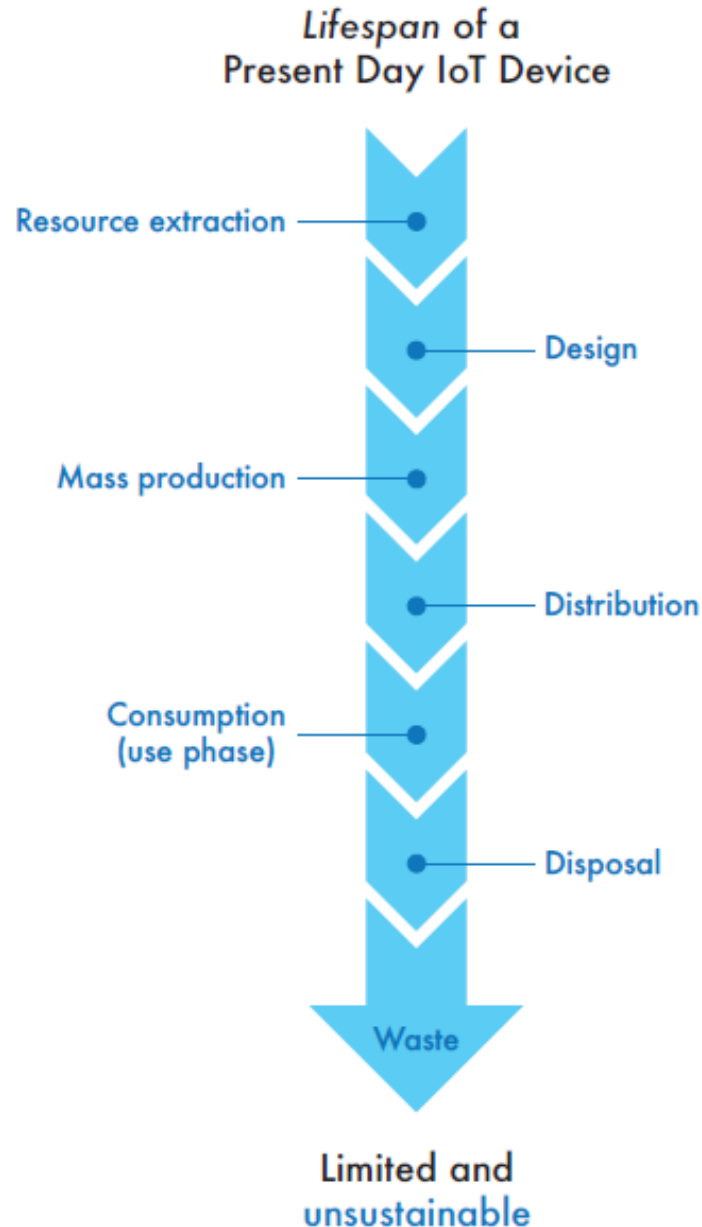
# As 6 Facetas dos Spimes

- Será possível rastrear toda a existência de um objeto:
  - desde antes de ser feito (sua representação virtual).
  - através de sua fabricação.
  - histórico de propriedade.
  - localização física.

# As 6 Facetas dos Spimes

- Será possível rastrear toda a existência de um objeto:
  - desde antes de ser feito (sua representação virtual),
  - através de sua fabricação,
  - histórico de propriedade,
  - localização física,
  - até sua eventual obsolescência e decomposição em material a ser usado para novas instanciações de objetos.
- Se registrado, o tempo de vida do objeto pode ser arquivado e consultado.

# Projeto de Dispositivos para IoT



Extraído de: The Little Book of Sustainability for the Internet of Things. Michael Stead, Paul Coulton, Joseph Lindley and Claire Coulton. Imagination Lancaster, 2019.

# Projeto de Dispositivos para IoT

## Lifecycle of a Potential Near Future Spime Object



Extraído de: The Little Book of Sustainability for the Internet of Things. Michael Stead, Paul Coulton, Joseph Lindley and Claire Coulton. Imagination Lancaster, 2019.

Cyclical and sustainable



**Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**



**Obrigado**

**Carlos Eduardo Cugnasca**

carlos.cugnasca@usp.br