
Automação e sensores

Fundamentos e exemplos

— LEB1571 - Irrigação —

Prof. Roberto Fray da Silva
roberto.fray.silva@usp.br

Objetivos

1. **Automação:** o que é, importância, hardware + software
2. **Sensores:** utilidade, exemplos, variações
3. **Diversas tecnologias** coleta de dados no campo: **trade-off custo x precisão**
4. **Tendências**



Parte 1 - Automação



Automação?

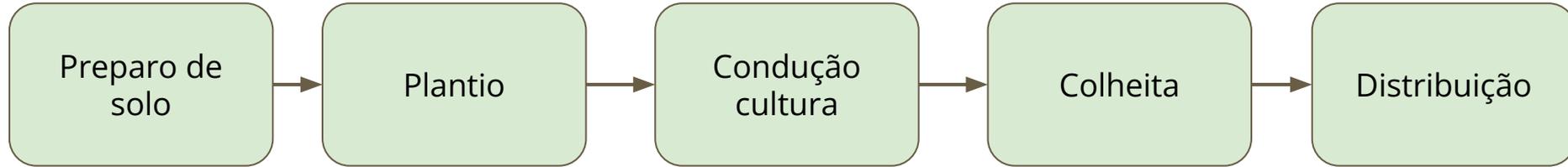


Automação: definição

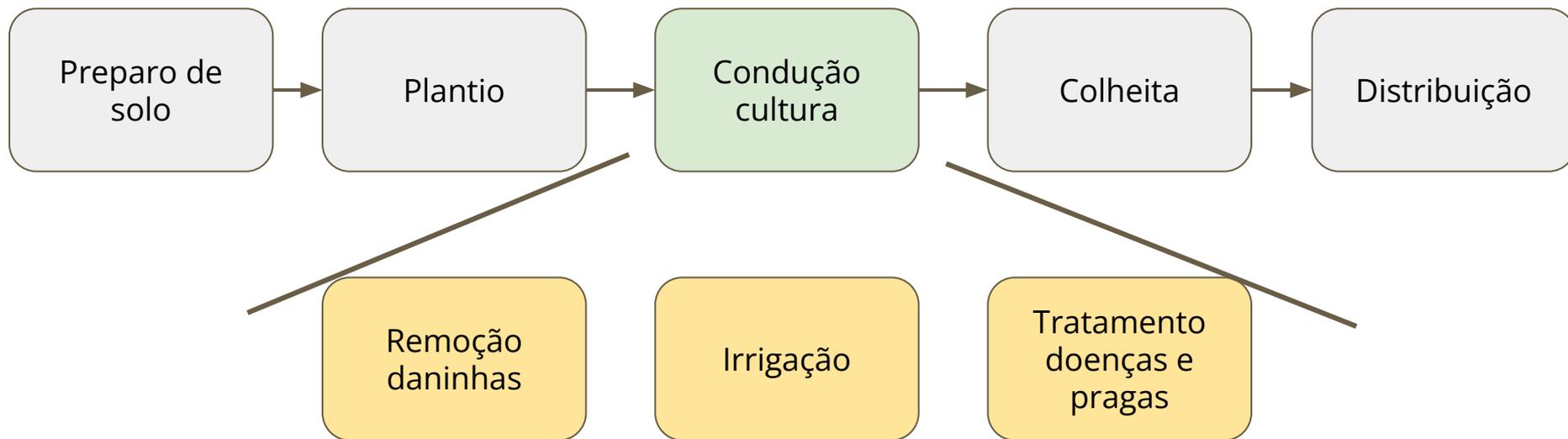
- **Reduzir mão de obra** necessária para realizar uma tarefa
- Uso de **tecnologia**
- Ligação direta com **industrialização**
- Diferentes **níveis**:
 - Sistemas
 - **Processos**
 - **Atividades específicas**



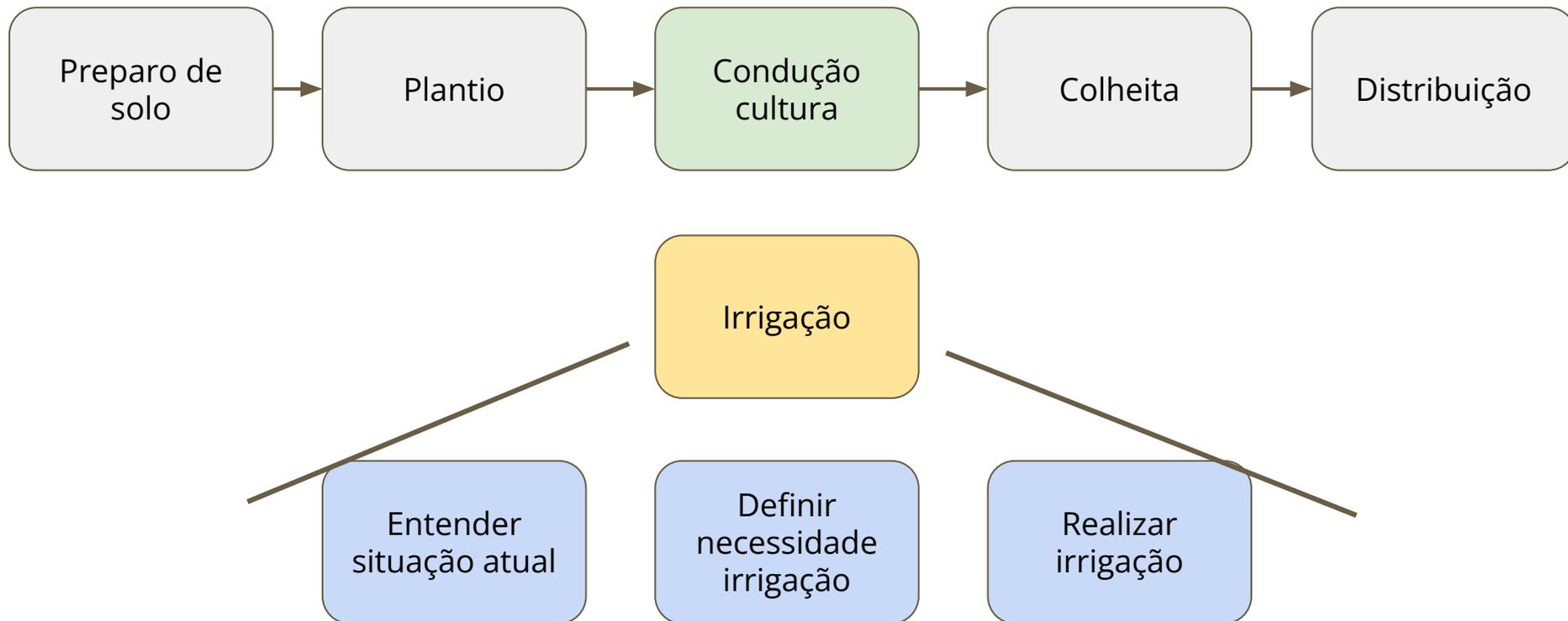
Níveis de automação - Sistemas



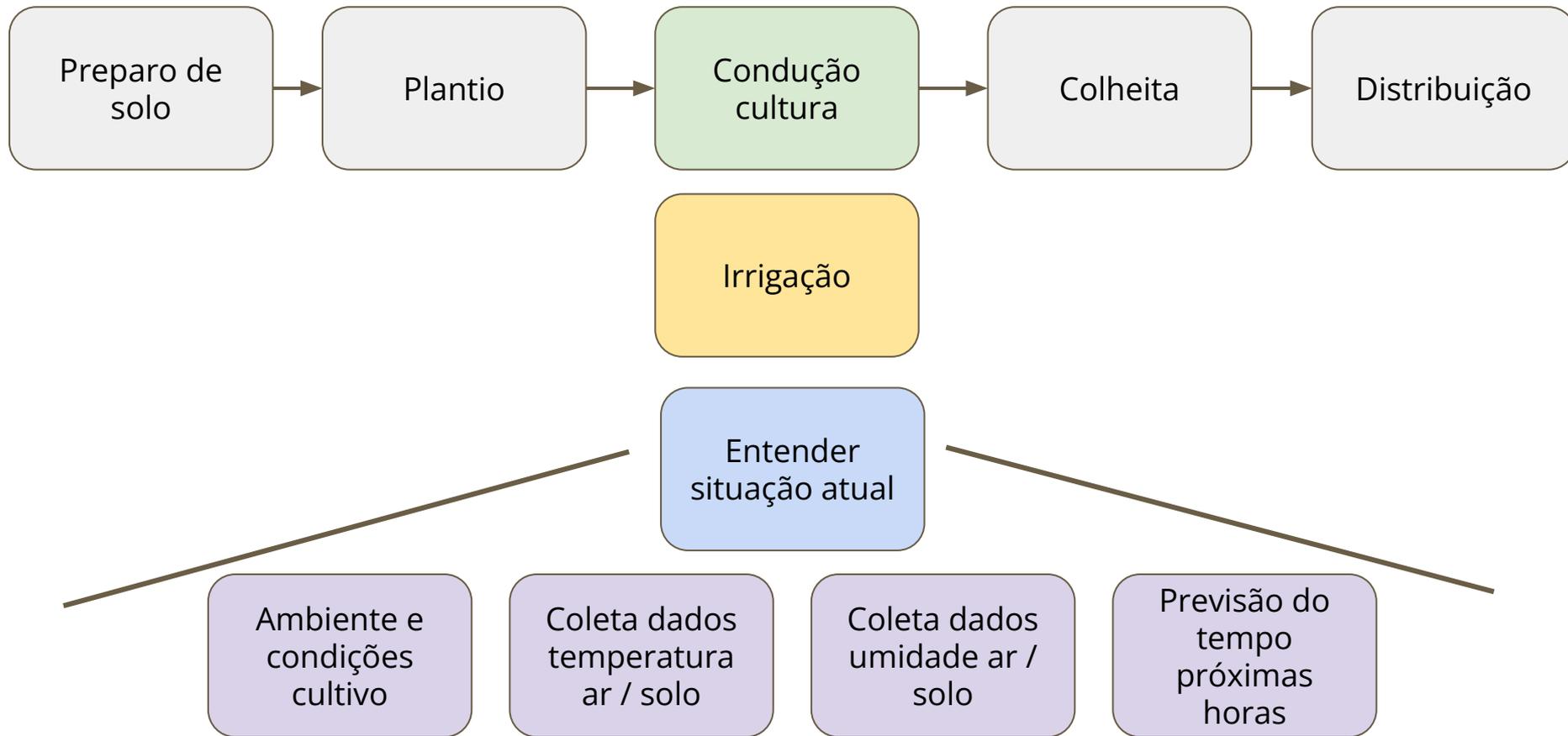
Níveis de automação - Processos



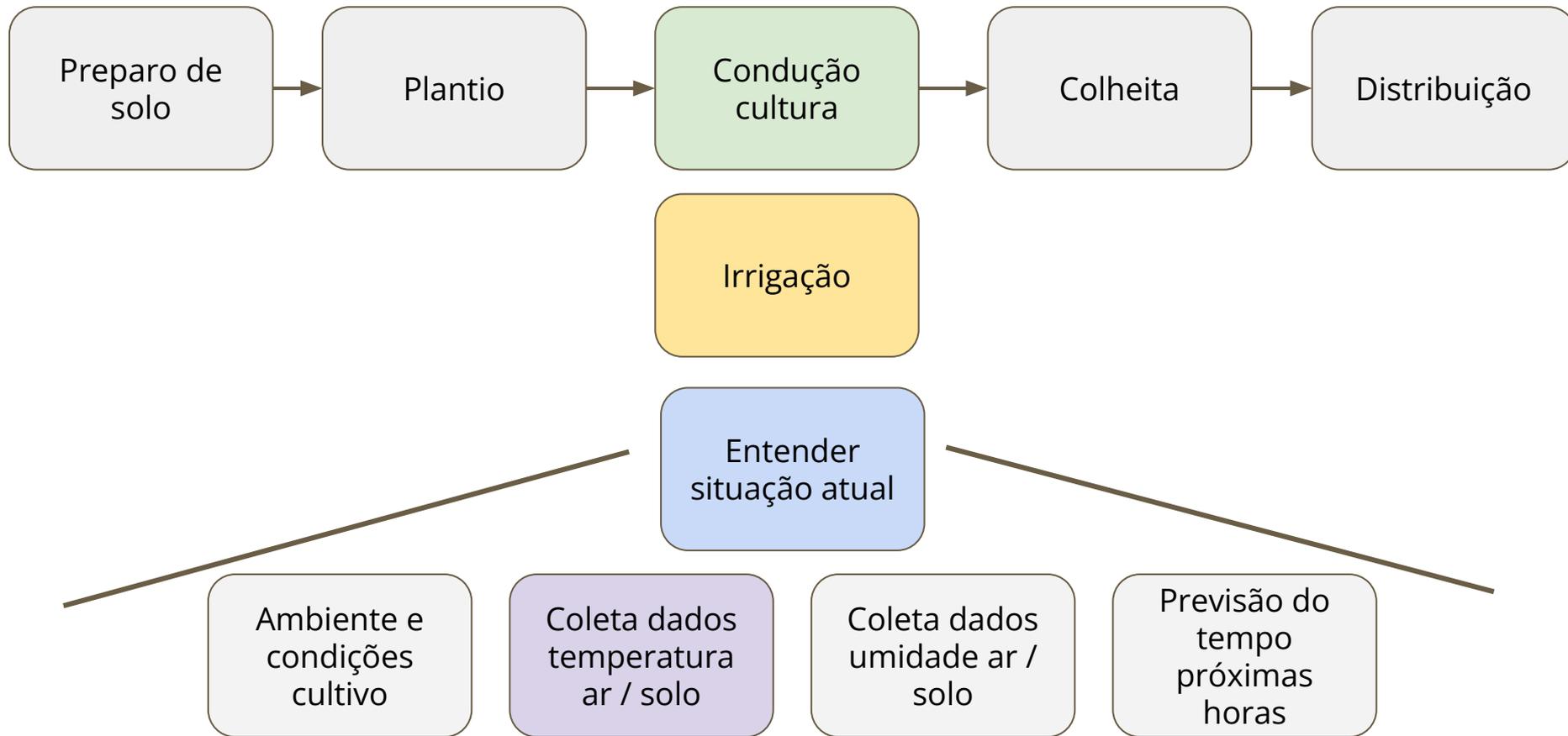
Níveis de automação - Atividades específicas



Níveis de automação - Parâmetros / tecnologias

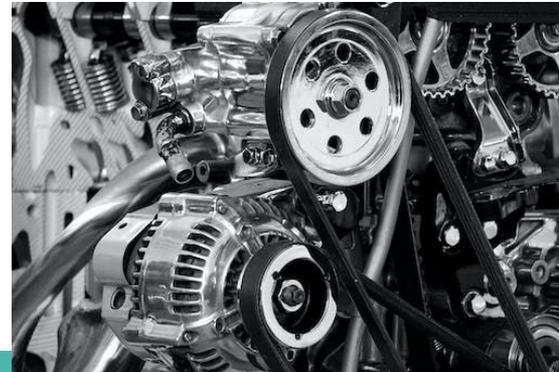


Níveis de automação - Parâmetros / tecnologias



Automação: importância

- Aumentar **produtividade**
- Reduzir **uso de recursos**
- **Sustentabilidade**
- Reduzir **impactos trabalhadores**
- Atividades **repetitivas**
- **3D**: Dull, Dirty, Dangerous



Usos de automação em irrigação

- Sensoriamento (**percepção**) do **ambiente**: **ar, solo**, qualidade água, plantas
- **Monitoramento remoto de estados** de bombas, reservatórios, etc
- **Operação remota** de equipamentos



Usos de automação em irrigação

- Identificação de **necessidade de irrigação** (automática)
- **Compartilhamento de informações** com sistemas / fazendas / governo / etc
- **Previsão de necessidade futura** de irrigação (próximas horas?)
- **Identificação de falhas** (irrigação por pivô)



Usos de automação em irrigação

- **Visualização de dados** coletados em campo / **ambientes fechados** (estufa)
- **Emissão de alertas** (SMS, email)
- **Interpolação** de dados para previsão
- **Fornecimento de relatórios** gestão da irrigação / da fazenda



Automação: contínuo / gradiente

100% mão
de obra

100%
autônomo



Hardware? Software? Ambos?

- **Depende do problema e contexto**
- **Só hardware: processos simples**, atuação física
- **Só software: processos digitais** (ciclo vida dos dados), **sem atuação física**
- Hardware + software: problemas mais **complexos**, **autonomia**



Pontos de atenção!

- **Levantamento requisitos:** funcionais, não funcionais
- **Condições** ambiente e estrutura (**mudanças, previsibilidade**)
- Desenhar e **entender processos atuais antes** de pensar em automação
- Automação **nem sempre é a solução** (processos errados)



Referências - Automação e agricultura

- Agrawal, A., Gans, J.S. and Goldfarb, A., 2023. Do we want less automation?. **Science**, 381(6654), pp.155-158.
- Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X. and Li, Y., 2020. Computer vision technology in agricultural automation—A review. **Information Processing in Agriculture**, 7(1), pp.1-19.
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P. and Shah, M., 2019. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2, pp.1-12.
- Khan, N., Ray, R.L., Sargani, G.R., Ihtisham, M., Khayyam, M. and Ismail, S., 2021. Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. **Sustainability**, 13(9), p.4883.





Parte 2 - Sensores



Sensor?

Importância?



Sensores: definição e importância

- **Coletar dados** para entender o **ambiente** e **fenômenos relevantes**
- **Maior conhecimento = Melhor tomada decisões**
- **Externos**
 - Associados a: **ambiente** (clima, solo), **desenvolvimento cultura, produtividade**
- **Internos: estado** de máquinas, essencial para robôs



Sensores: definição e importância

- **Frequência** coleta
- **Múltiplas** estações de coleta: **comparação e calibração**
- **Tipo de sensor e plataforma**
- **Coleta automática** vs manual (**acessibilidade**)



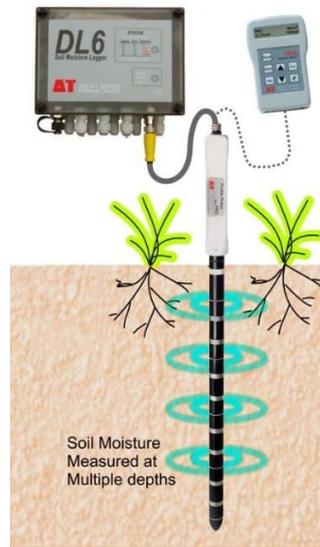
Diferentes tipos de sensores



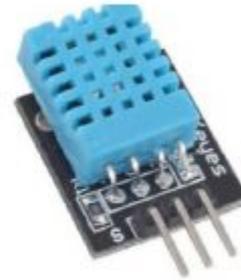
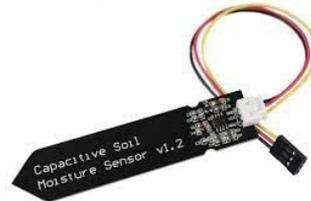
Metano



CO



Umidade do solo



Umidade e Temperatura



Diferentes tipos de sensores

- Diferentes **custos, precisão, durabilidade**
- Uso **depende** de **atividade específica**
- **Remotos** (áreas de difícil acesso, grandes áreas)
 - Satélites, drones
- **Inteligentes**
 - Processamento local (**sistema?**)
 - Sensor + RFID (**logística**)



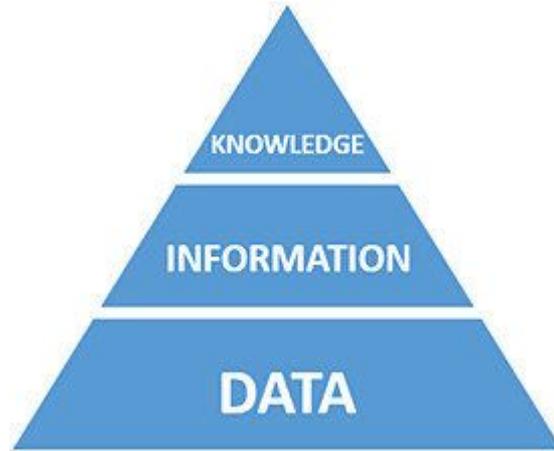
Vantagens uso múltiplos sensores

- **Melhor cobertura** da área (precisão?)
- **Redundância** (manutenção? identificação outliers?)
- **Complementar dados** observados (clima, solo, etc)
- Avaliar **qualidade dados**
- **Modelos de IA** que precisam de grande volume de dados



Dados precisam se tornar conhecimento

- **Excesso de dados:** pode gerar dúvidas, custos, não são úteis se não geram **conhecimento**



Qualidade de dados

- **Baixa → conclusões erradas, decisões ruins**
- **Diferentes formas de avaliação**



Qualidade de dados - Opção 5 dimensões

- **Precisão** (proximidade com valor real)
- **Validez** (para o tomador de decisões ou problema específico)
- **Consistência** (com relação a outras observações e conjuntos de dados)
- **Frequência** (adequada ao problema?)
- **Completude** (possui todo o necessário para o problema?)



Diferentes formas de uso de sensores no campo - exemplos

A close-up photograph of a green leaf with several water droplets on its surface. The leaf is the central focus, with its veins clearly visible. The background is blurred, showing more green foliage. The text is overlaid on the top left of the image.

CR1000

- Datalogger científico
- Bastante preciso
- Todos os tipos de sensores
- Estações com CR:
alto custo (pesquisa)
- **Software próprio,**
servidor
- **Multiplexer:** aumentar
número de sensores



Exemplo coleta de dados CR1000



FieldPro

- **Serviço** (coleta de dados, transmissão, previsões)
- **Estação compacta**
- **Menor custo**
- **Teoricamente, menos preciso**
- **Integração com software e app**



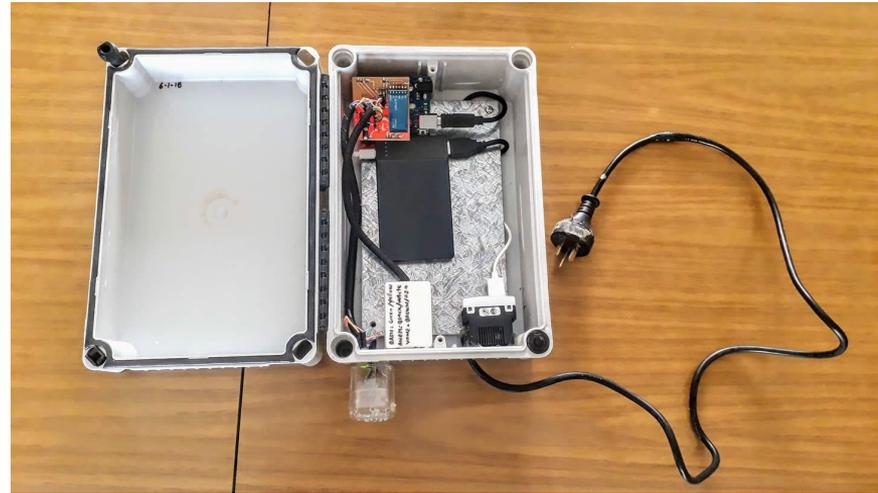
Clima V3

- **Kit para montagem** (todas as peças + manual)
- **Estação compacta (sem medições no solo)**
- Maker → **produto final**
- **Teoricamente**, menor precisão
- **Possível adicionar sensores**



Open weather station

- **Projeto DIY** (maker)
- Solução de **baixo custo** (menor precisão)
- Sensores e peças **fáceis de adquirir**
- **Open source** (código e hardware)
- **Diversas possibilidades de customização**

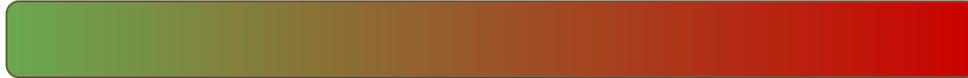


Trade-offs importantes

Custo



Precisão



Trade-offs importantes

Customização



Dificuldade manutenção



Trade-offs importantes

Serviços adicionais







FRESHLY BREWED
COFFEE
• The perfect blend •

Parte 3 - Coleta de dados e automação



Revisão: Automação

- **Tecnologia para reduzir mão de obra**
- **Produtividade, uso de recursos, sustentabilidade**
- **Hardware, software, ou ambos**
- **Soluções específicas para problemas específicos**

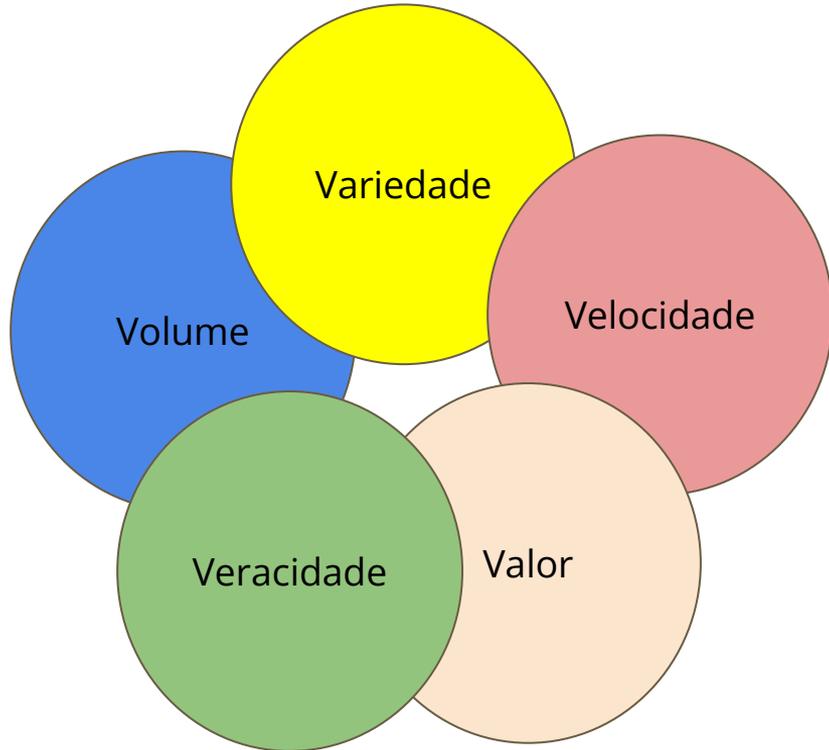


Revisão: Sensores

- **Medir ambiente externo** (clima, solo, planta) **e interno** (máquinas)
- Permite tomar **melhores decisões** (planejamento, operação)
- Várias **formas de uso**
- **Trade-offs**: custo, precisão...

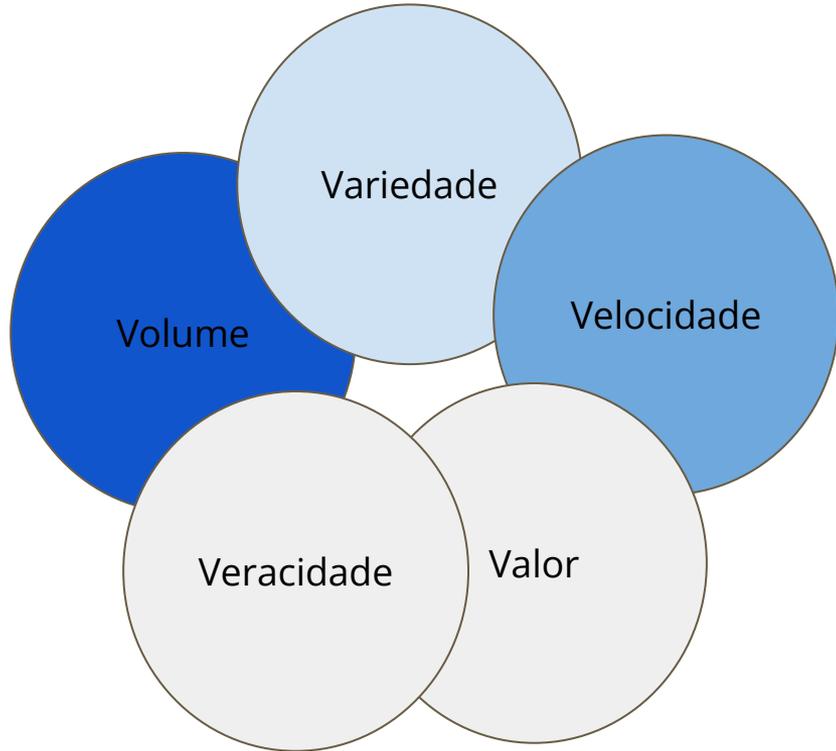


Big data e automação



- **Geração** de dados
- **Coleta**
- **Processamento**
- Detecção anomalias (**outliers**)
- Análise **exploratória**
- **Modelos preditivos**

Big data e automação



- **Automação:**
Volume >
Velocidade >
Variedade
- Veracidade e valor:
análise

Automação e programação?

- **Programação: chave** para desenhar, prototipagem, **implementação** automação
- Diferentes **níveis de abstração** → trade-off **facilidade de programação vs eficiência** de código
- **Como começar?**
 - **Bases de programação e lógica**
 - **Python** e C (arduino e raspberry)



**Exemplo de quando
utilizar hardware de
menor custo?**



Referências - Sensores e agricultura

- Tenzin, S., Siyang, S., Pobkrut, T. and Kerdcharoen, T., 2017, February. Low cost weather station for climate-smart agriculture. **In 2017 9th international conference on knowledge and smart technology (KST)** (pp. 172-177). IEEE.
- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S. and Bhattacharya, S., 2023. Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. **Journal of Agriculture and Food Research**, 14, p.100776.







Parte 4 - Tendências

**Tendências em
coleta de dados e
automação?**



Importantes tendências - Automação e sensores

Foco

Software

1. IA e
previsão

Infraestrutura

6. Aumento
acessibilidade

Hardware

2. Maker e
protótipos
baixo custo

Ambos

3. Prestação
serviços

4. Automação
completa
tarefas

5. Robótica

Tendência 1 - IA e soluções para previsão

- **Diversidade de métodos e soluções** para **identificar** relações entre variáveis, **analisar** problemas, **prever** valores de variáveis
- **Dados!!!**
- Aplicável a **todos os tipos de problemas e dados**
- **Demanda de hardware (tempo real, imagens, volume)**



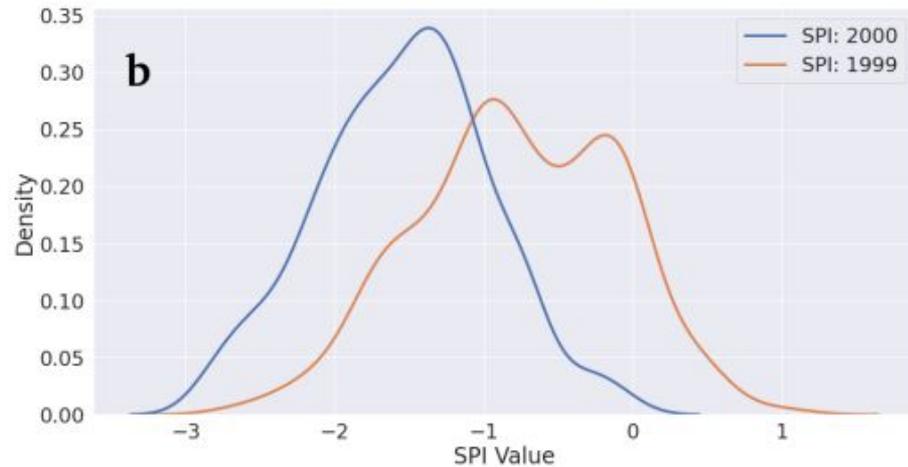
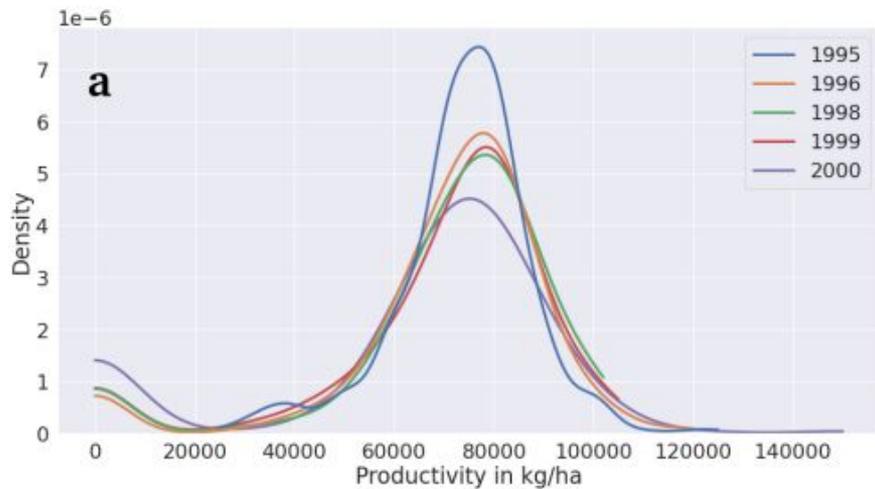
IA e soluções para previsão - Exemplo I

- **Objetivo**
 - **Propor uma metodologia para prever zonas de produtividade agrícola com ênfase em detecção de áreas mais afetadas por secas**
- Modelo **não supervisionado** (clustering)
- Cenários de **correlação temporal e espacial**
- **Estudo de caso** para cana-de-açúcar nos municípios de SP em 1995-2000

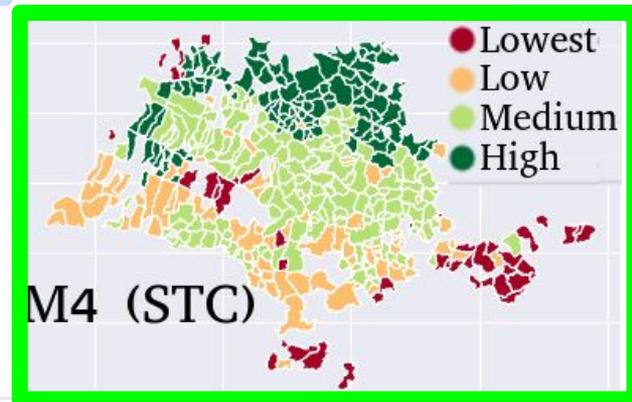
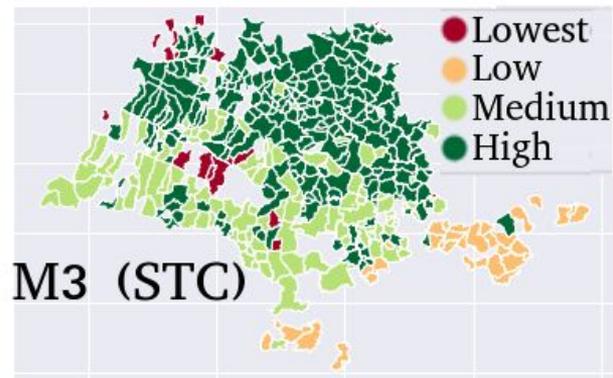
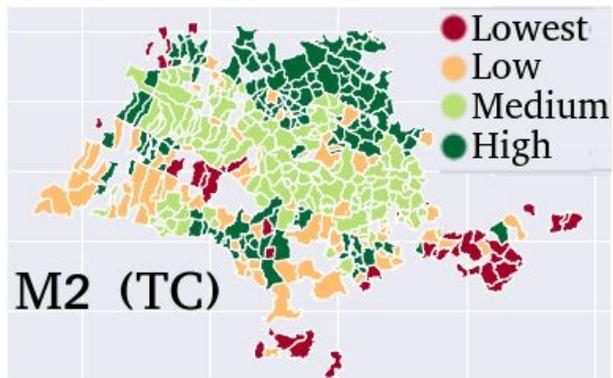
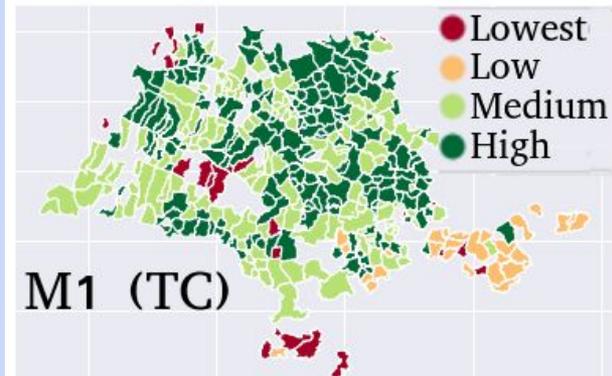
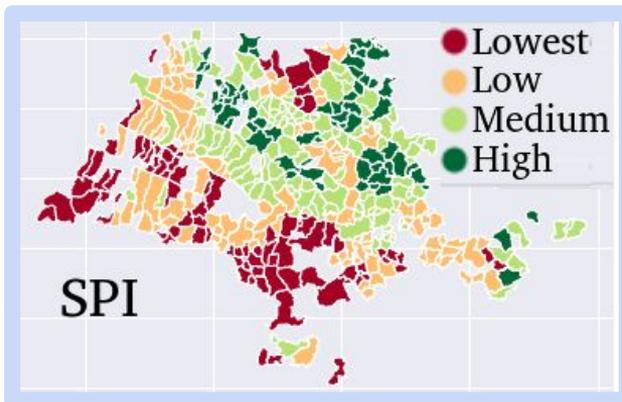
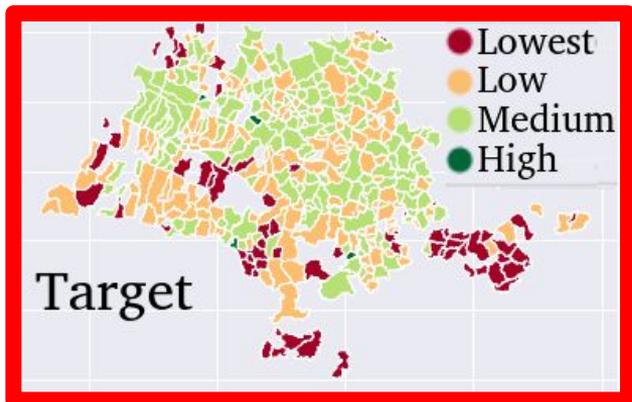
Fonte: Silva, R.F. et al. A data-driven framework for identifying productivity zones and the impact of agricultural droughts in sugarcane using SPI and unsupervised learning. In 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor) (pp. 226-231). IEEE.



IA e soluções para previsão - Exemplo I



Resultados finais dos cenários

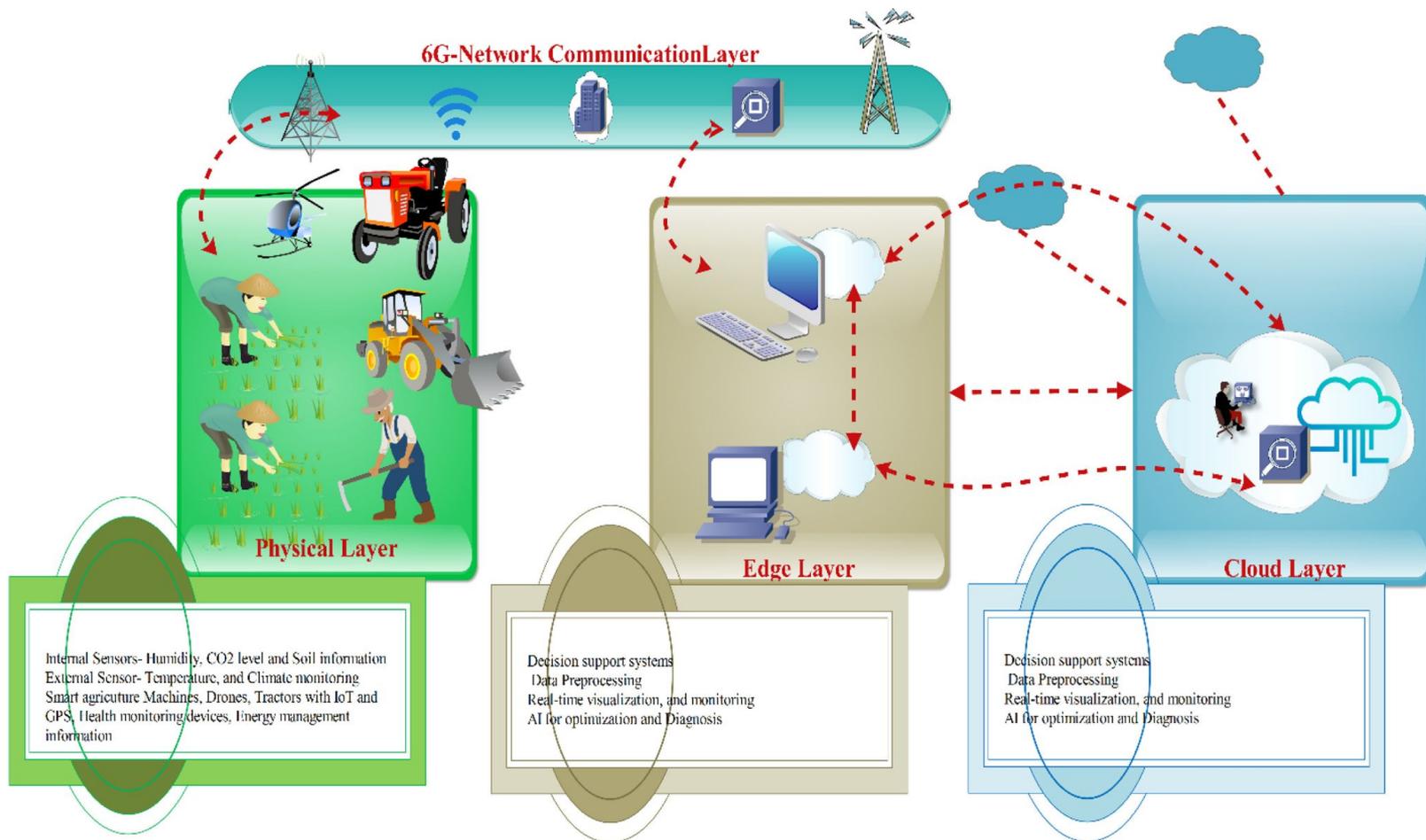


Resultados finais dos cenários

Models	F1 for each cluster				F1-weighted
	<i>Lowest</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	
M1	0.54	0.09	0.26	0.03	0.25
M2	0.68	0.46	0.52	0.03	0.52
M3	0.42	0.09	0.18	0.03	0.19
M4	0.69	0.42	0.54	0.00	0.52
SPI	0.30	0.32	0.44	0.03	0.37

Legend: in bold: best value for each column and best overall model.

IA e soluções para previsão - Exemplo II



Fonte:
Sitharthan, R.
et al. 2023. A
novel
autonomous
irrigation
system for
smart
agriculture
using AI and
6G enabled IoT
network.
Microprocesso
rs and
Microsystems,
101, p.104905.

Tendência 2 - Maker e desenvolvimento baixo custo

- Novas **ferramentas para prototipagem** (arduino, raspberry, **sensores baratos**)
- **Interação** com computação em **nuvem**
- **Curva de aprendizado**
- Transformação **produto final**
- **Problemas: manutenção, durabilidade**



Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo I

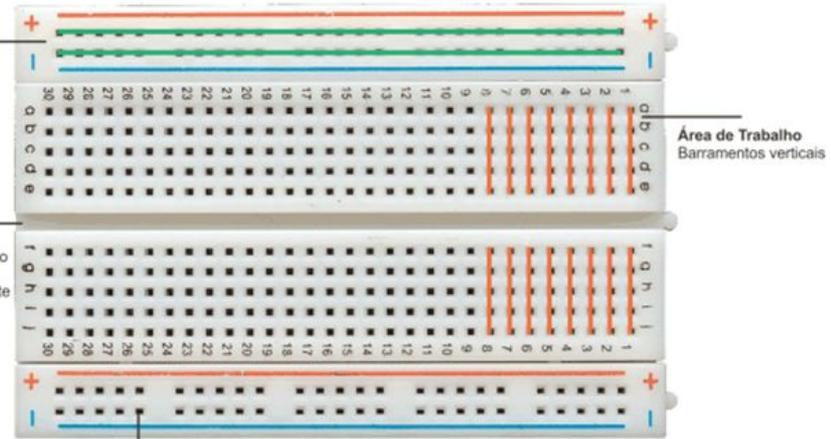


Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo I



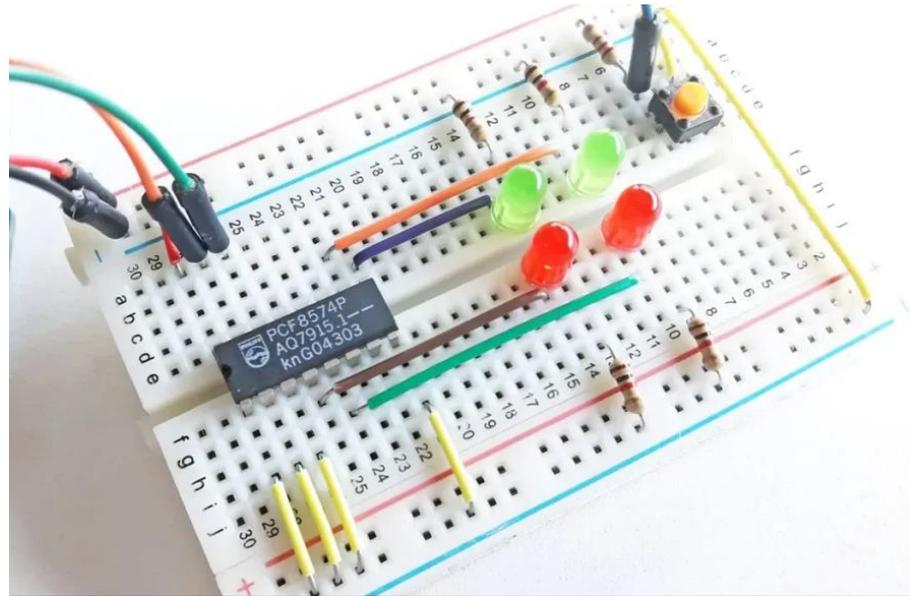
Alimentação
Barramentos
horizontais

Protoboard
Placa de ensaio
produzida em
material isolante



Furos ou pontos
Furos para encaixe
dos componentes

Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo I

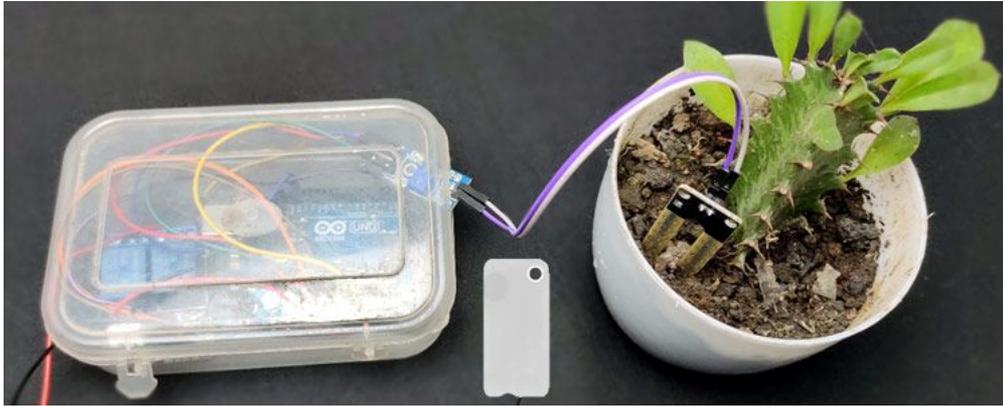


Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo I



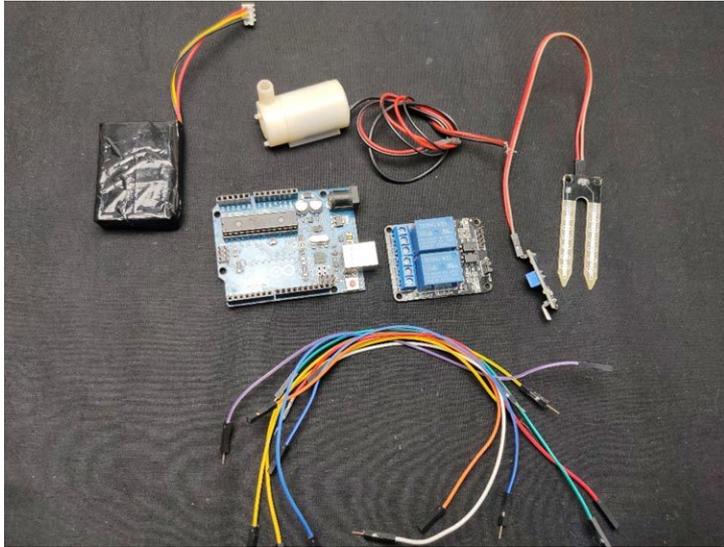
Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo II

- Sistema irrigação vaso



Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo II

- Sistema irrigação vaso

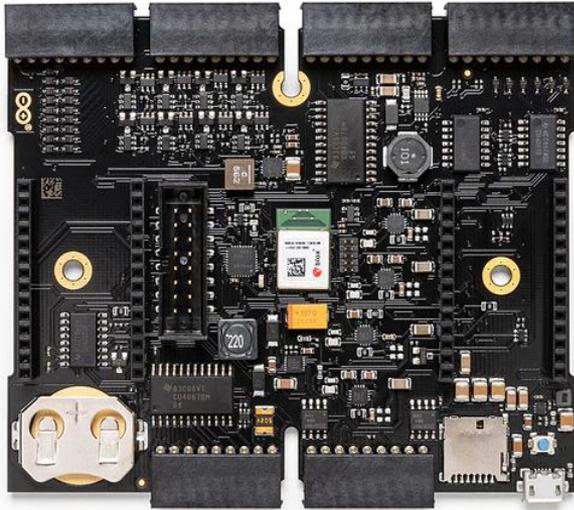


```
If (percentage < 10)
{
  Serial.println(" pump on");
  digitalWrite(3,LOW);
}
```

```
if (percentage > 80)
{
  Serial.println("pump off");
  digitalWrite(3,HIGH);
}
}
```

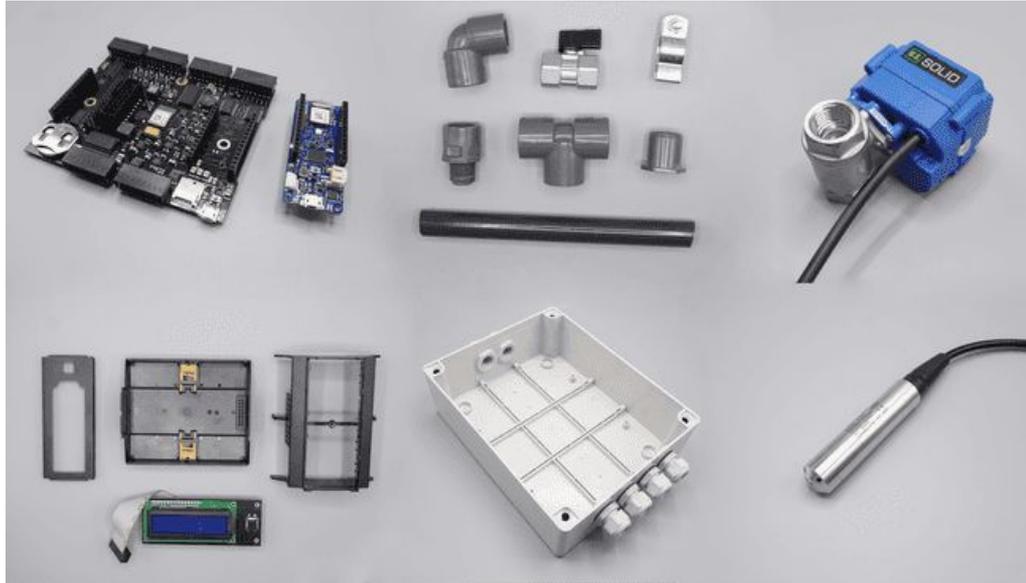
Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo III

- Arduino Edge Control para sistema irrigação



Maker e desenvolvimento baixo custo - Exemplo III

- Arduino Edge Control para sistema irrigação





Fonte: <https://docs.arduino.cc/tutorials/edge-control/smart-irrigation-system/>

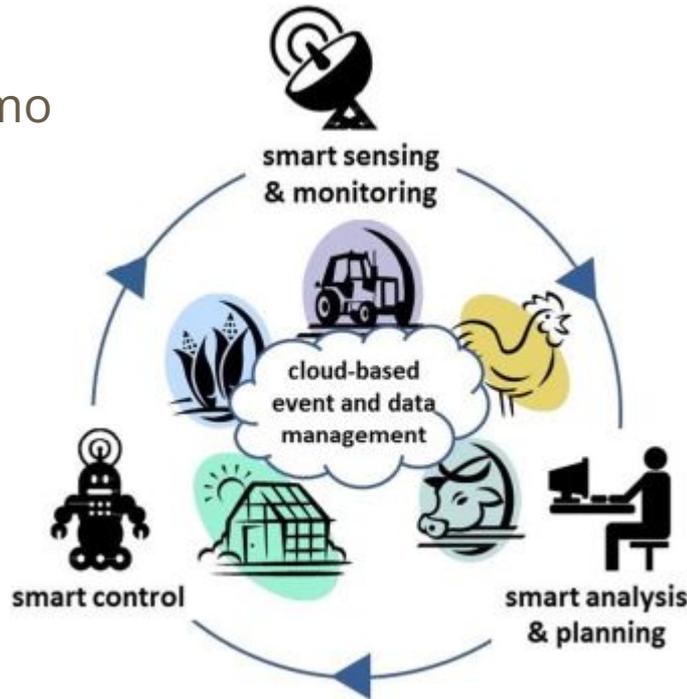
Tendência 3 - Prestação de serviços

- **Serviço completo** (equipamento, consultoria, manutenção)
- **Previsão** como serviço adicional (ex: previsão **clima** ou evapotranspiração)
- **Disponibilização dos dados** (privacidade, segurança)



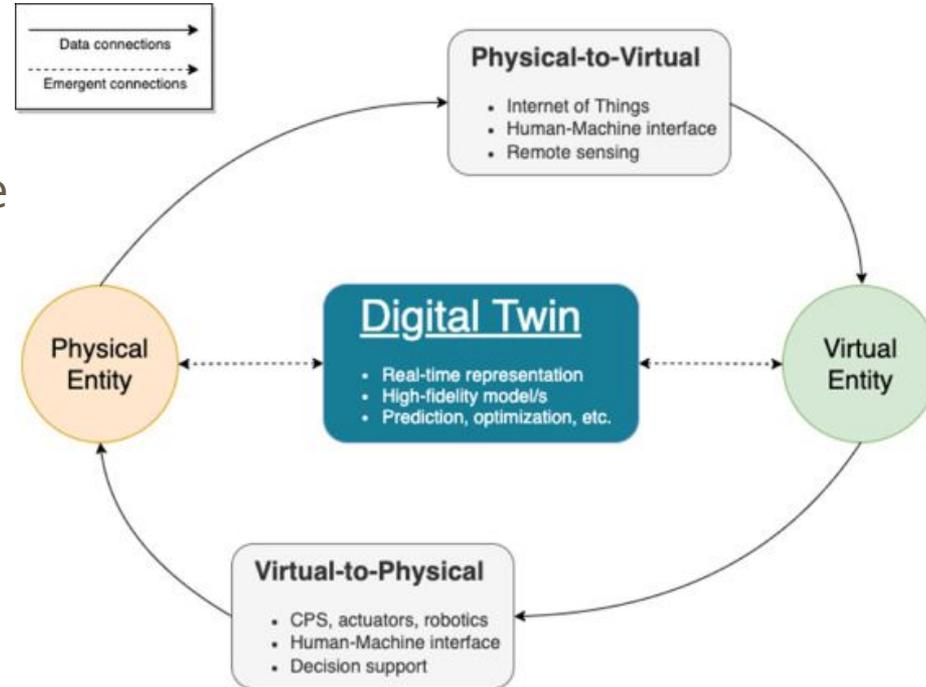
Tendência 4 - Automação completa de tarefas

- Reduzir ao máximo mão de obra
- **Smart farming**



Tendência 4 - Automação completa de tarefas

- **Digital twins**
(versões digitais de objetos físicos)
- Sensoriamento E atuação



Tendência 5 - Robótica agrícola

- **Robôs**: estado da arte em **automação**
 - **Máquina reprogramável** que **executa tarefas** no **mundo físico** de forma **automática** com **base em objetivos**
 - **Percepção + pensamento + atuação**
- Diferentes **níveis de autonomia**
- **Possibilidade de interação** humanos
- **Atualmente: monitoramento, plantio, eliminação daninhas, colheita**



AgBot II

- **4 rodas** (tração 4x2)
- **Plataforma central:**
movimentação
- **Implemento: identificar e controlar daninhas**
(mecânica, química)
- **Identificação: câmera RGB + visão computacional**



An aerial photograph of a field with alternating green and brown stripes. A tractor is visible in the upper left, and a sensor or probe is shown emitting a signal towards the center of the field.

TO NAVIGATE FIELDS, DETECT WEEDS AND

Movimentação

- **Planejamento prévio** da trajetória
- **Durante a movimentação: coleta de dados, evitar colisões**



Identificação daninhas

- Atingir o objetivo demanda **processamento rápido**:
segmentação cores + **algoritmo detecção** + **classificação**



Eliminação plantas daninhas

- Também pode ser utilizado para **aplicação de fertilizantes localizados** (mesmos princípios)



Tendência 6 - Aumento de acessibilidade

- Atualmente: **falta de conectividade e infraestrutura computacional** em fazendas
- **Com 5G** implementado:
 - **Acesso à nuvem (processamento, armazenamento)**
 - Melhor **acompanhamento e controle remoto de tarefas**
 - Possibilidade de **automação completa (teoria)**



Referências - Tendências em automação agrícola

- Jha, K., Doshi, A., Patel, P. and Shah, M., 2019. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2, pp.1-12.
- Khan, N., Ray, R.L., Sargani, G.R., Ihtisham, M., Khayyam, M. and Ismail, S., 2021. Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. **Sustainability**, 13(9), p.4883.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. and Bogaardt, M.J., 2017. Big data in smart farming—a review. **Agricultural Systems**, 153, pp.69-80.
- Purcell, W. and Neubauer, T., 2023. Digital Twins in Agriculture: A State-of-the-art review. **Smart Agricultural Technology**, 3, p.100094.



Conclusões

- O **futuro da produção agrícola** está diretamente conectado à **automação**
- **Sensores** são essenciais para **percepção do ambiente**
- **Trade-offs de custo, precisão, outros**
- **Tendências** em coleta de dados, processamento, **extração conhecimento, atuação**



Recapitulando - Objetivos

1. **Automação:** o que é, importância, hardware + software
2. **Sensores:** utilidade, exemplos, variações
3. **Diversas tecnologias** coleta de dados no campo:
diferentes trade-offs
4. **Tendências:**
 - a. **IA** e soluções para previsão
 - b. Maker e desenvolvimento de **baixo custo**
 - c. Prestação de **serviços**
 - d. **Automação completa**
 - e. **Robótica agrícola**
 - f. Aumento de **acessibilidade**



Curiosidades

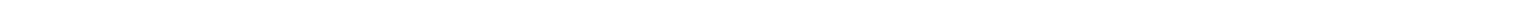


Dúvidas

Muito obrigado pela atenção

LEB1571 - Irrigação

Prof. Roberto Fray da Silva
roberto.fray.silva@usp.br



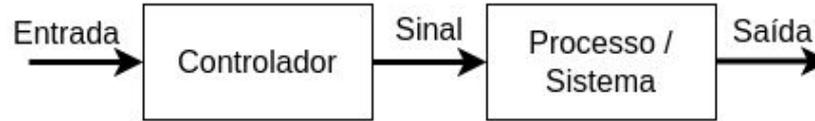
Sugestão disciplina optativa

- **LEB2150** - Agricultura Digital: Princípios e aplicações
 - **Automação e robótica:** fundamentos, maior aprofundamento, exemplos
 - **Ciclo de vida dos dados**
 - Evolução **coleta dados** agro



Controle malha aberta vs. fechada

Sistema com controle de malha aberta



Sistema com controle de malha fechada

