

14 a 17
setembro
2021

27ª SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

TRILHOS PARA UM
FUTURO SUSTENTÁVEL

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO
METROFERROVIÁRIA

TRANSFORMANDO DADOS EM INFORMAÇÕES DE ALTO VALOR

Eduardo Augusto Campos

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ



EDUARDO AUGUSTO CAMPOS

Engenheiro em Eletrônica pela Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP; Técnico em eletrônica pela ETE Aprígio Gonzaga; Mestrando em Engenharia de Operações pela Universidade Nove de Julho.

Atua em Engenharia há mais de 20 anos, com passagens pela indústria automobilística, aeroespacial e metalúrgica, atualmente é engenheiro no Departamento de Engenharia da Operação da CMSP.



27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

INTRODUÇÃO

Definição de Inteligência Artificial (IA):

A IA possui diversas definições na academia, dado que o próprio conceito de “inteligência” não é simples; definições mais complexas também incluem a linguística, emoções e a autoconsciência como parte da IA.

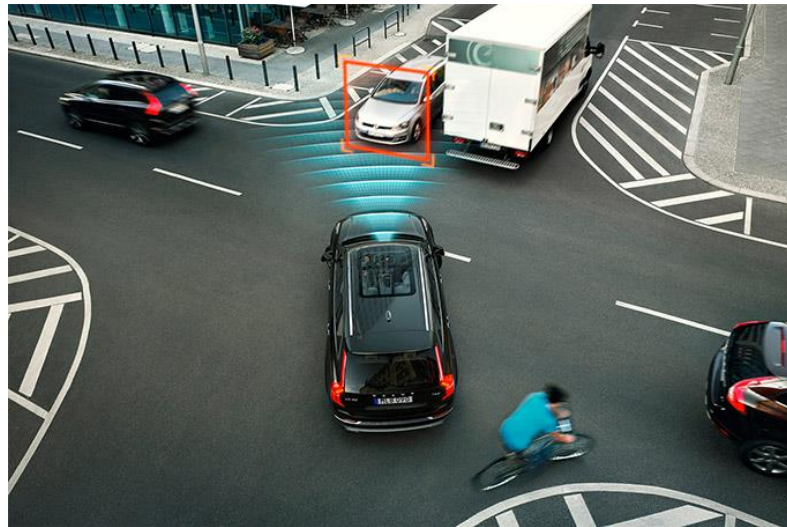


27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

EXEMPLOS DE USO DA IA

Reconhecimento de imagens



Carros autônomos



27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

No escopo deste trabalho, o que é Inteligência Artificial?

“A inteligência artificial é um campo que combina a ciência da computação a conjuntos de dados robustos para permitir a resolução de problemas.”

Fonte: <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>

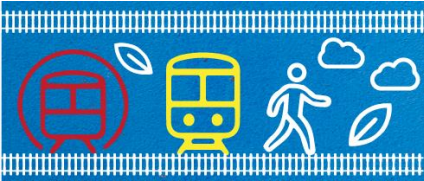
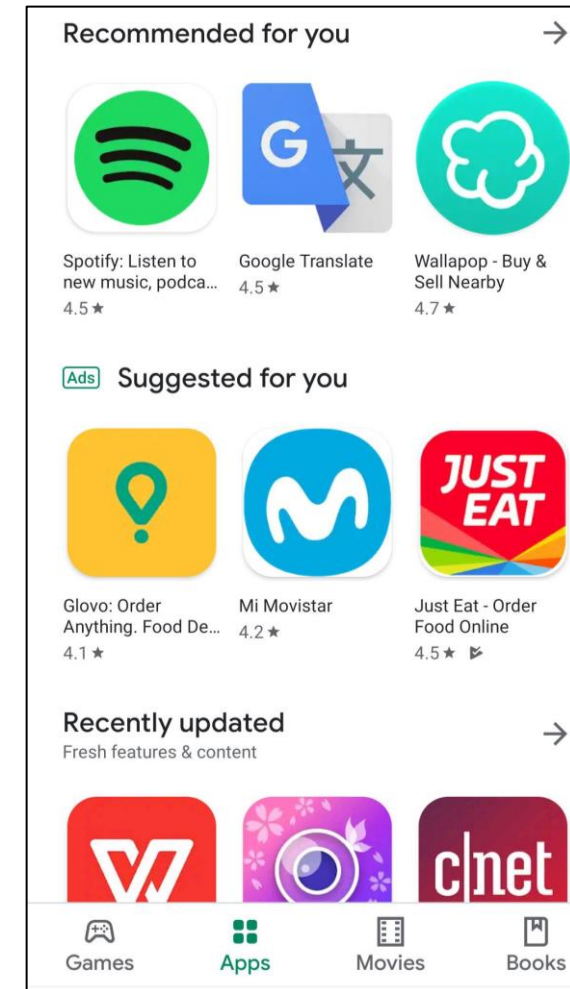


27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

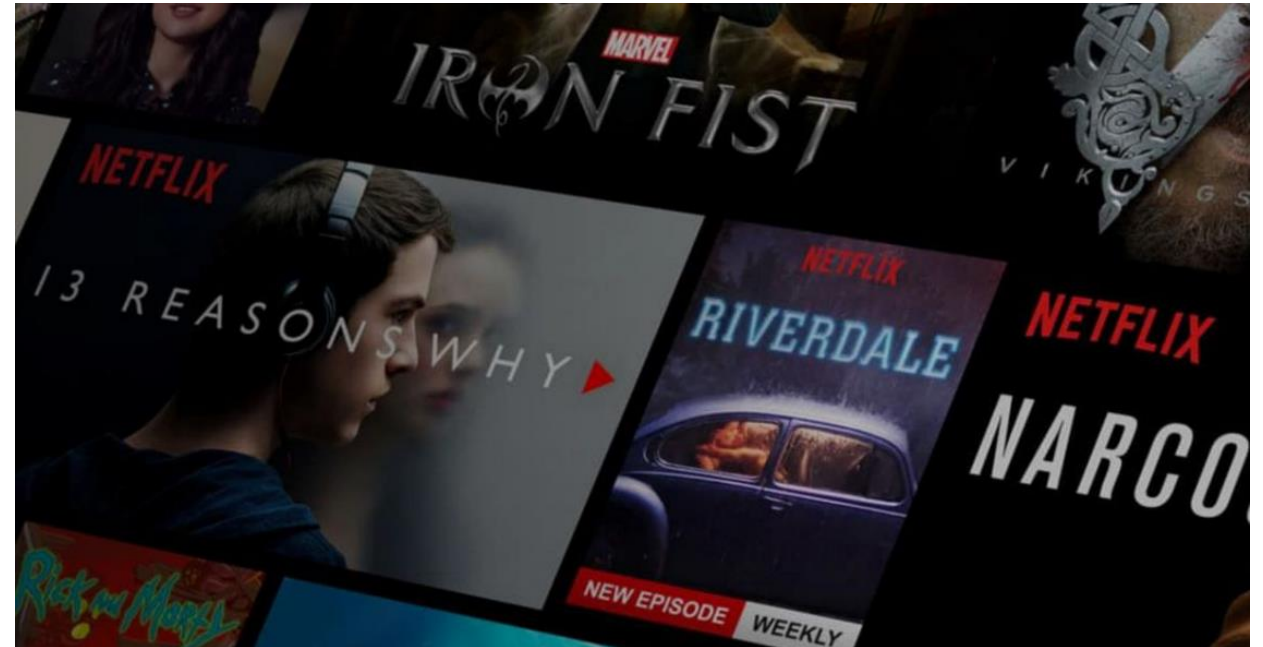
EXEMPLOS DE USO DE IA

- Recomendações da Play Store



EXEMPLOS DE USO DE IA

- Recomendações da Netflix



SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO

Um sistema de suporte a decisão é uma ferramenta baseada em **informação** e/ou **conhecimento**, que analisa um grande número de variáveis e possibilita o posicionamento em relação a determinada questão.



CONHECIMENTO

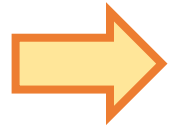
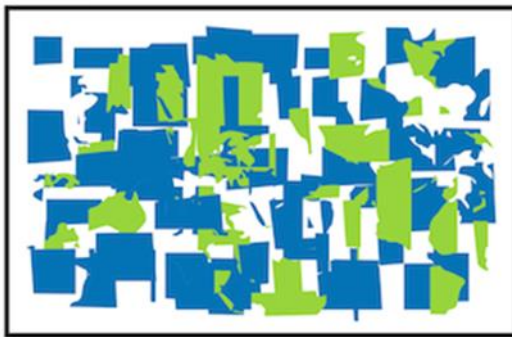
- **Conhecimento** no contexto do suporte a decisão é o conjunto de conhecimento teórico, experiências e habilidades adquiridos por determinada empresa ou operação.



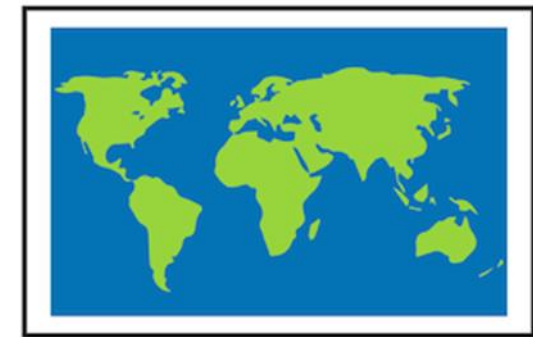
INFORMAÇÃO

- **Informação** é a reunião ou o conjunto de dados organizados, que possam constituir referências sobre um determinado fato ou fenômeno.

DADOS



INFORMAÇÃO



DADOS x INFORMAÇÃO



CONTEXTO

Inter-relação de circunstâncias que acompanham um fato, situação ou fenômeno.



DADOS x INFORMAÇÃO



Alto valor – Baixo volume



Alto volume – Baixo valor



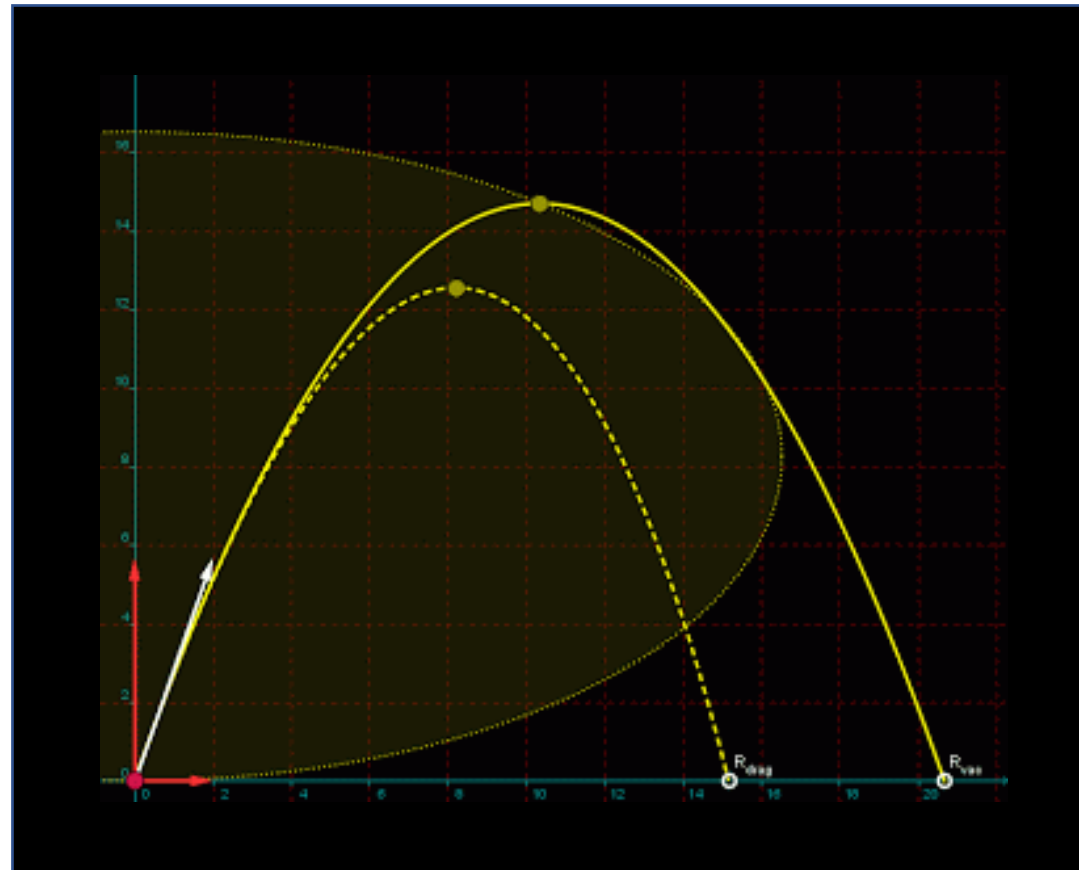
MODELAGEM MATEMÁTICA

- A modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento destes, numa tentativa de descrever matematicamente um fenômeno.

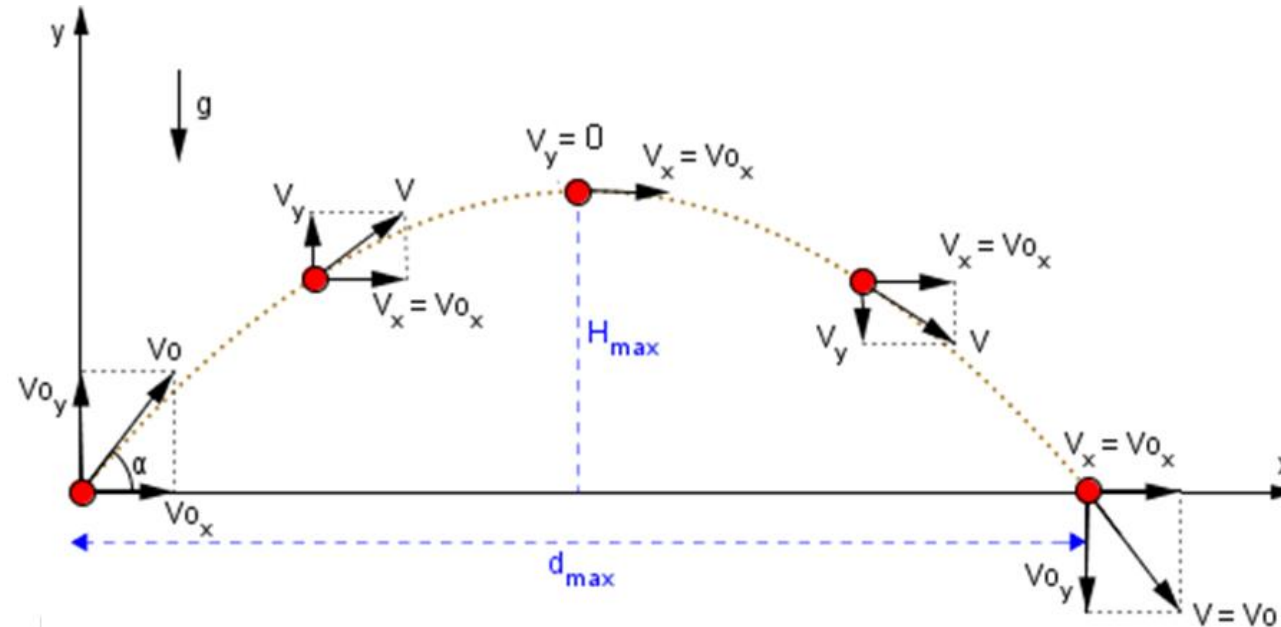


MODELAGEM MATEMÁTICA

- Exemplo: lançamento oblíquo (tiro de canhão)



MODELAGEM MATEMÁTICA

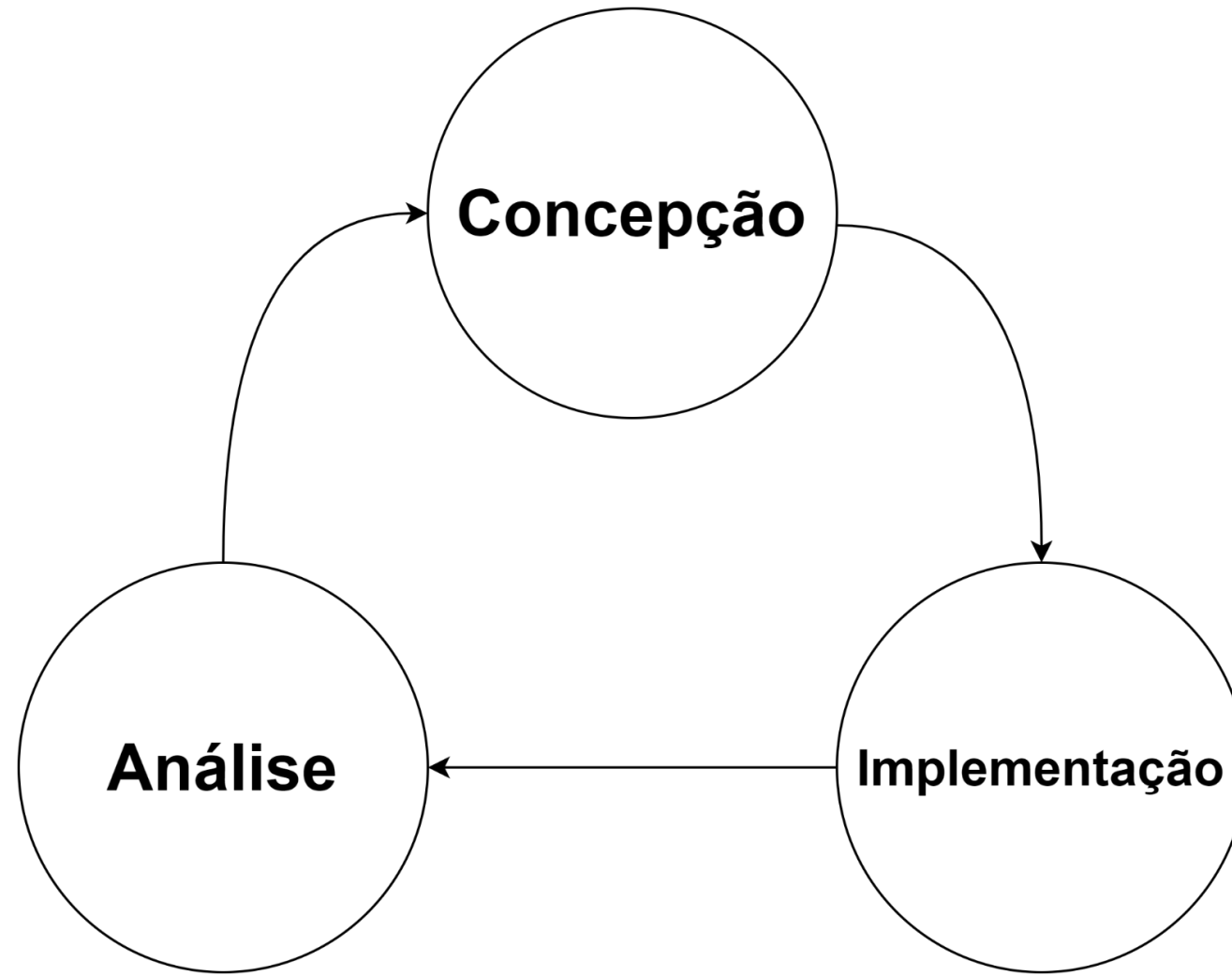


Quando $t = t_f$, o valor de x é a distância máxima. Então $d_{max} = \frac{V_0^2 \cdot \text{sen}(2\alpha)}{g}$

Podemos observar que a distância máxima é obtida quando $\text{sen}(2\alpha) = 1 \Rightarrow 2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$



METÓDO CIA



METÓDO CIA



Objetivos e definição do sistema

Modelo abstrato

Modelo conceitual

METÓDO CIA



Modelo computacional

Modelo operacional

METÓDO CIA



Análise

Resultados experimentais

CONCEPÇÃO

Objetivos e definição do sistema:

- Prever e estimar impactos operacionais a partir de dados de falha
- Sistema escolhido: Portas do trem
- Impactos: Custos de manutenção e Interferências operacionais



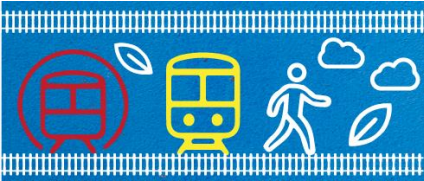
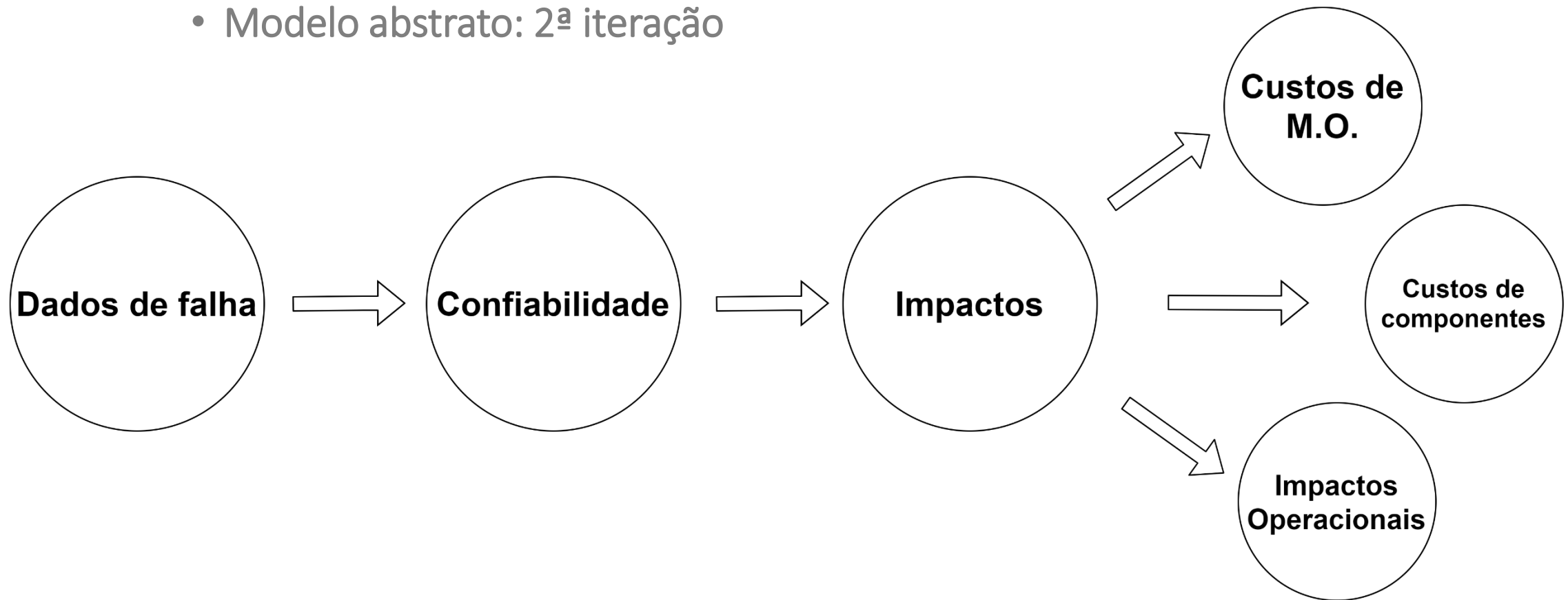
CONCEPÇÃO

- Modelo abstrato



CONCEPÇÃO

- Modelo abstrato: 2ª iteração



MODELAGEM MATEMÁTICA

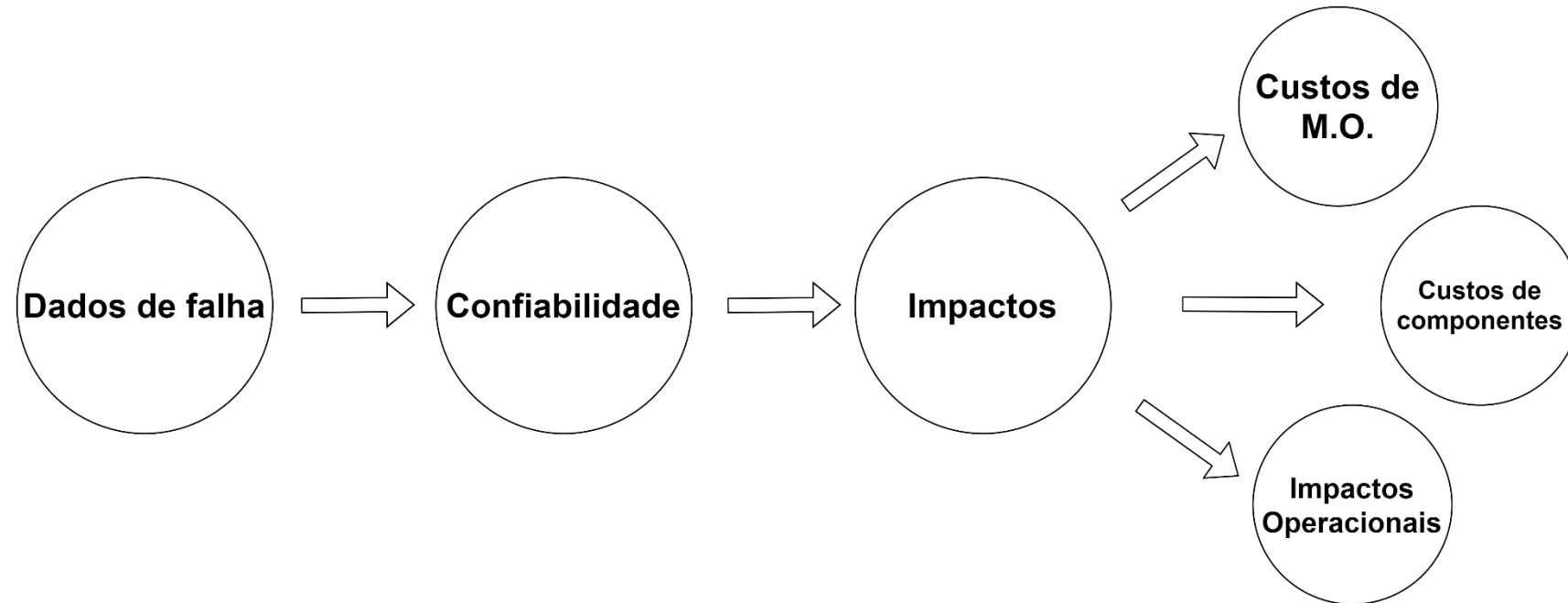
Modelo conceitual

- Confiabilidade
- Distribuição de Weibull
- Probabilidades
- Opinião de especialistas

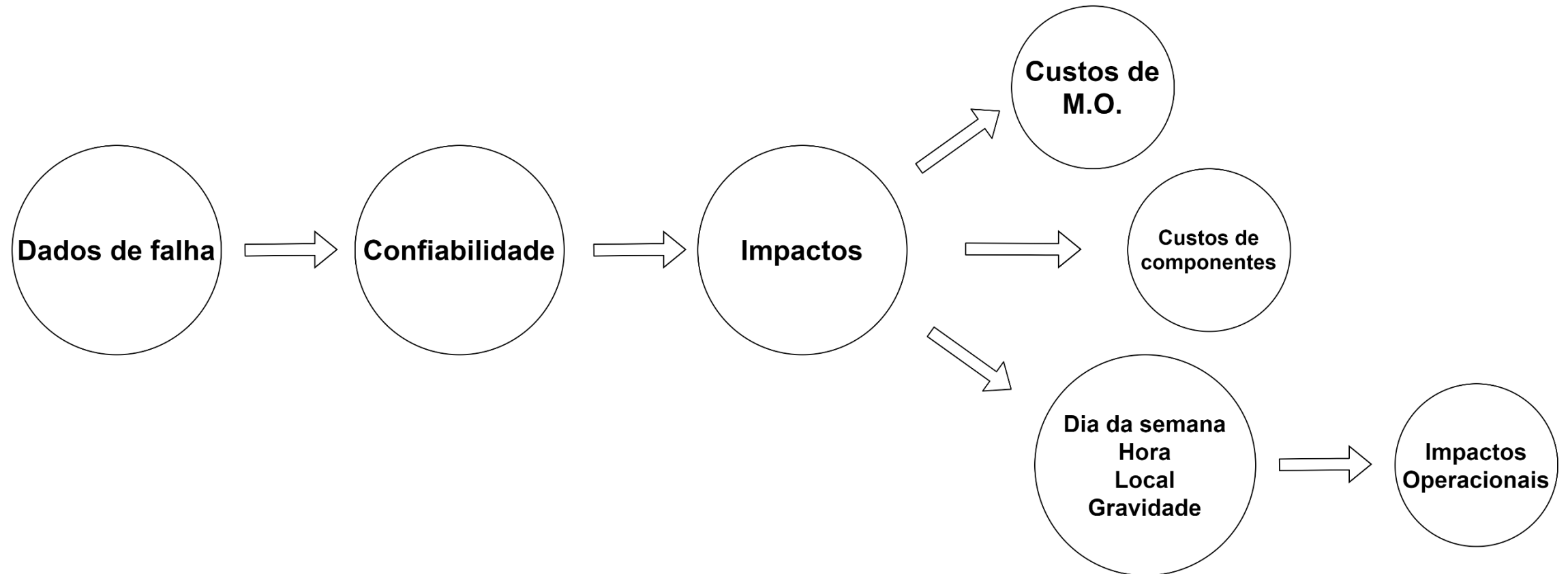


CONCEPÇÃO

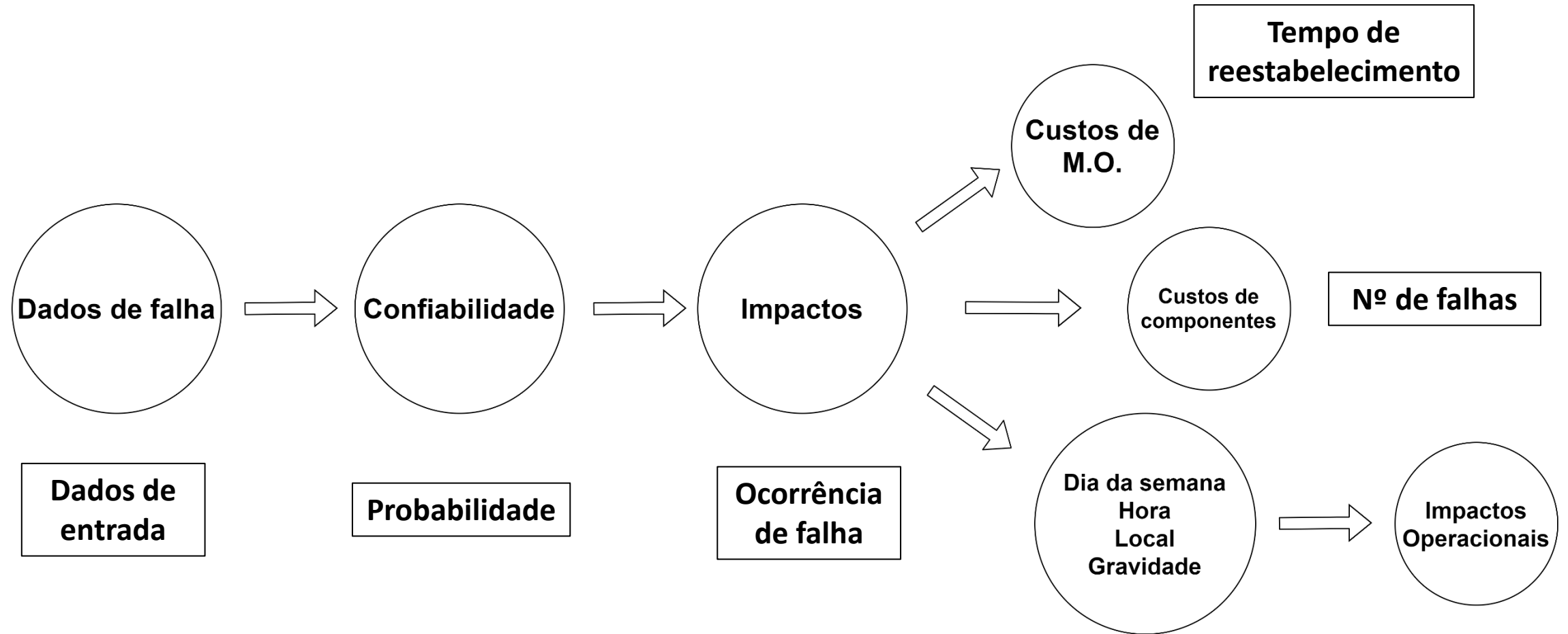
- Modelo conceitual



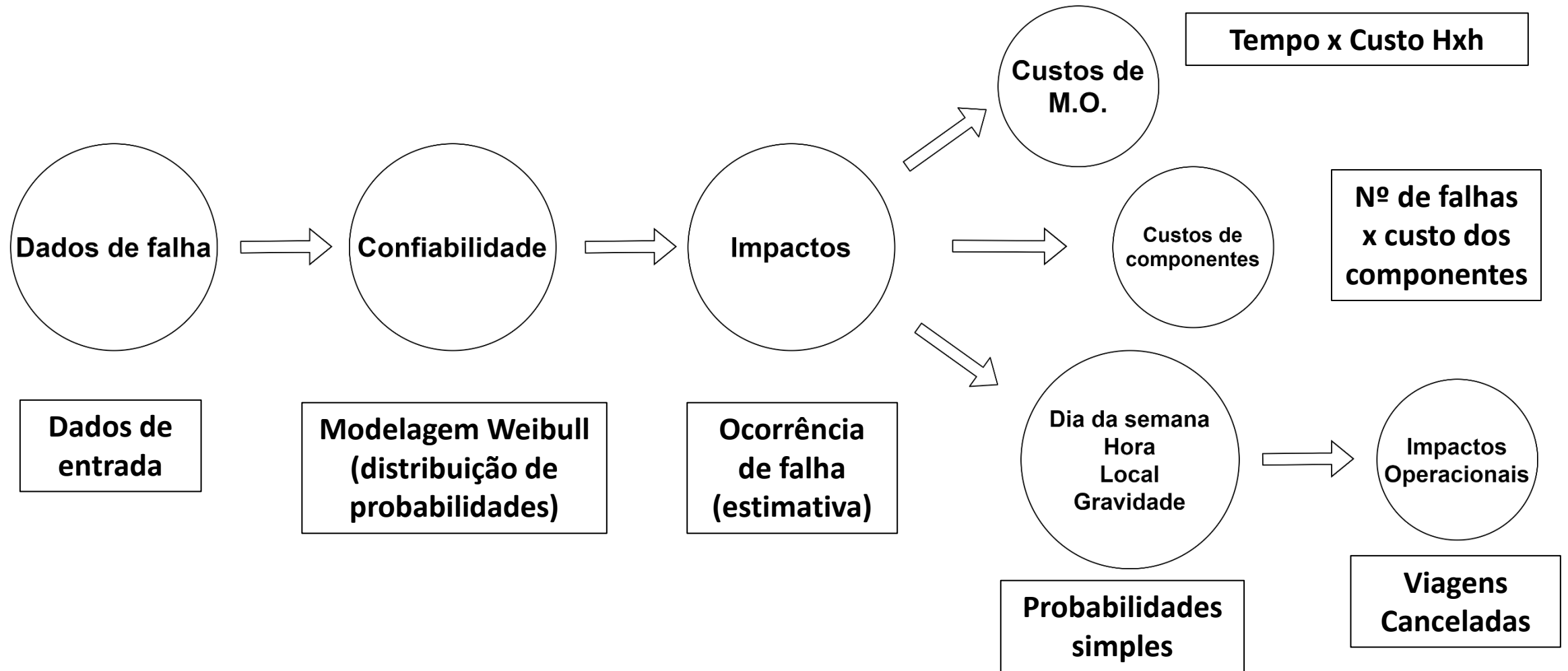
Modelo Abstrato – 3ª iteração



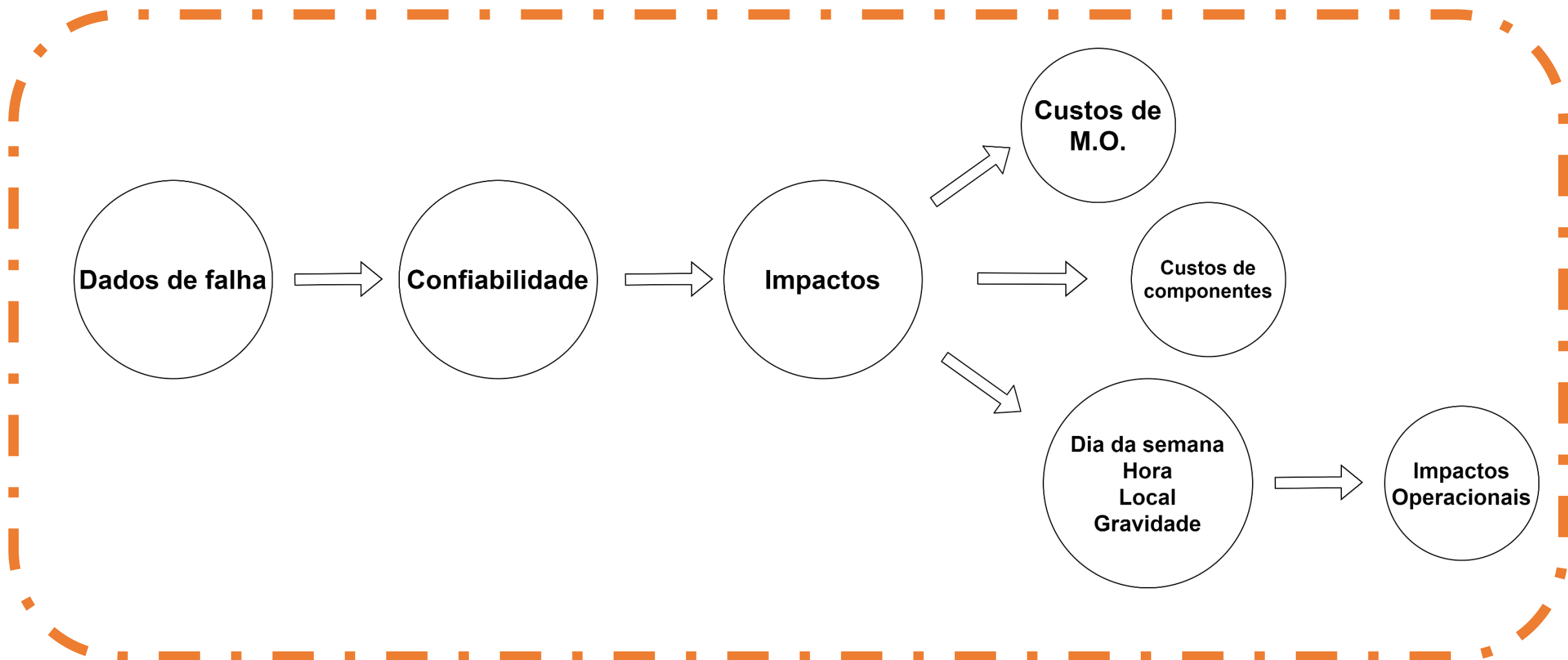
Modelo Conceitual – 2ª iteração



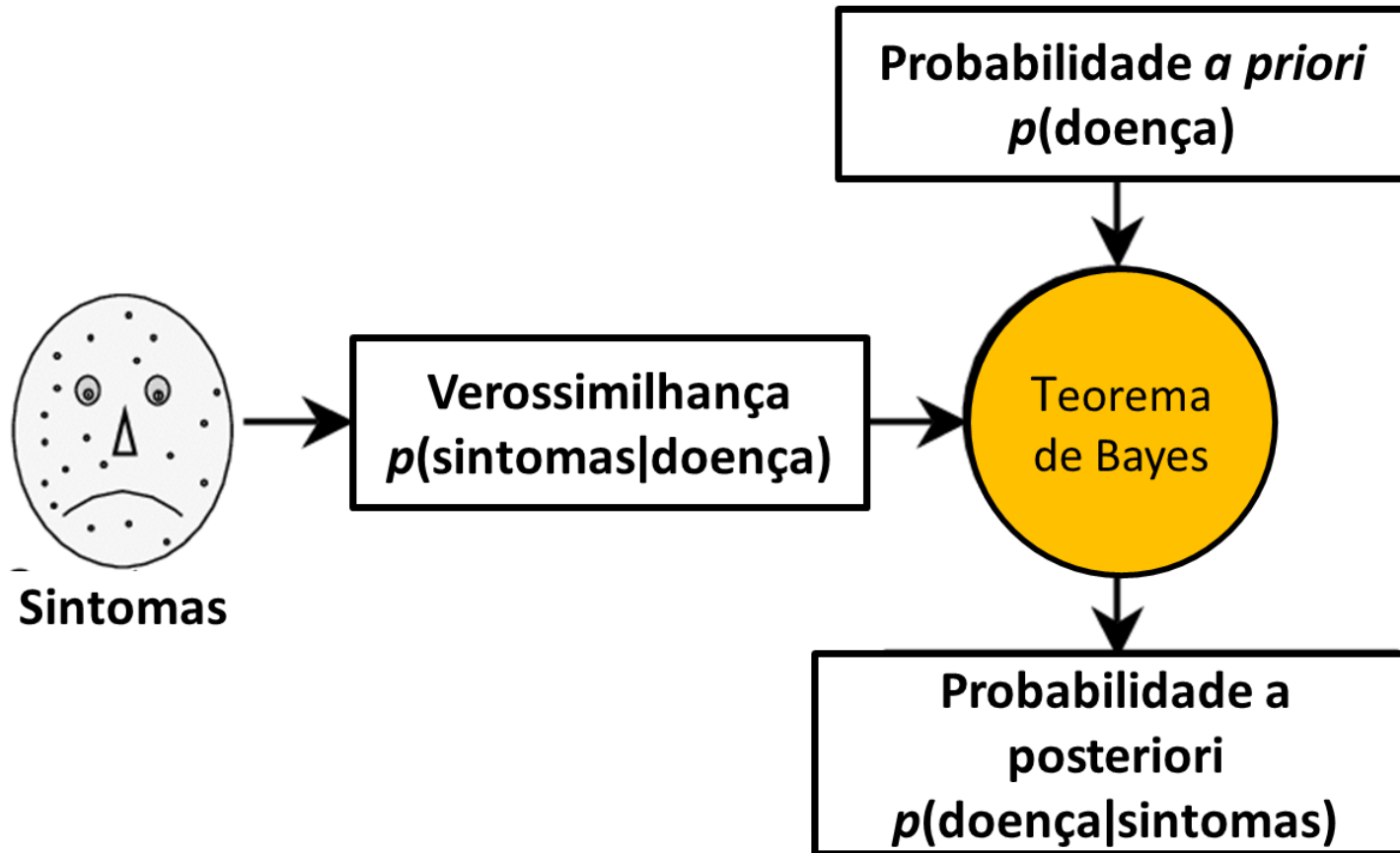
Modelo Conceitual – 2ª iteração



IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO



REDES BAYESIANAS



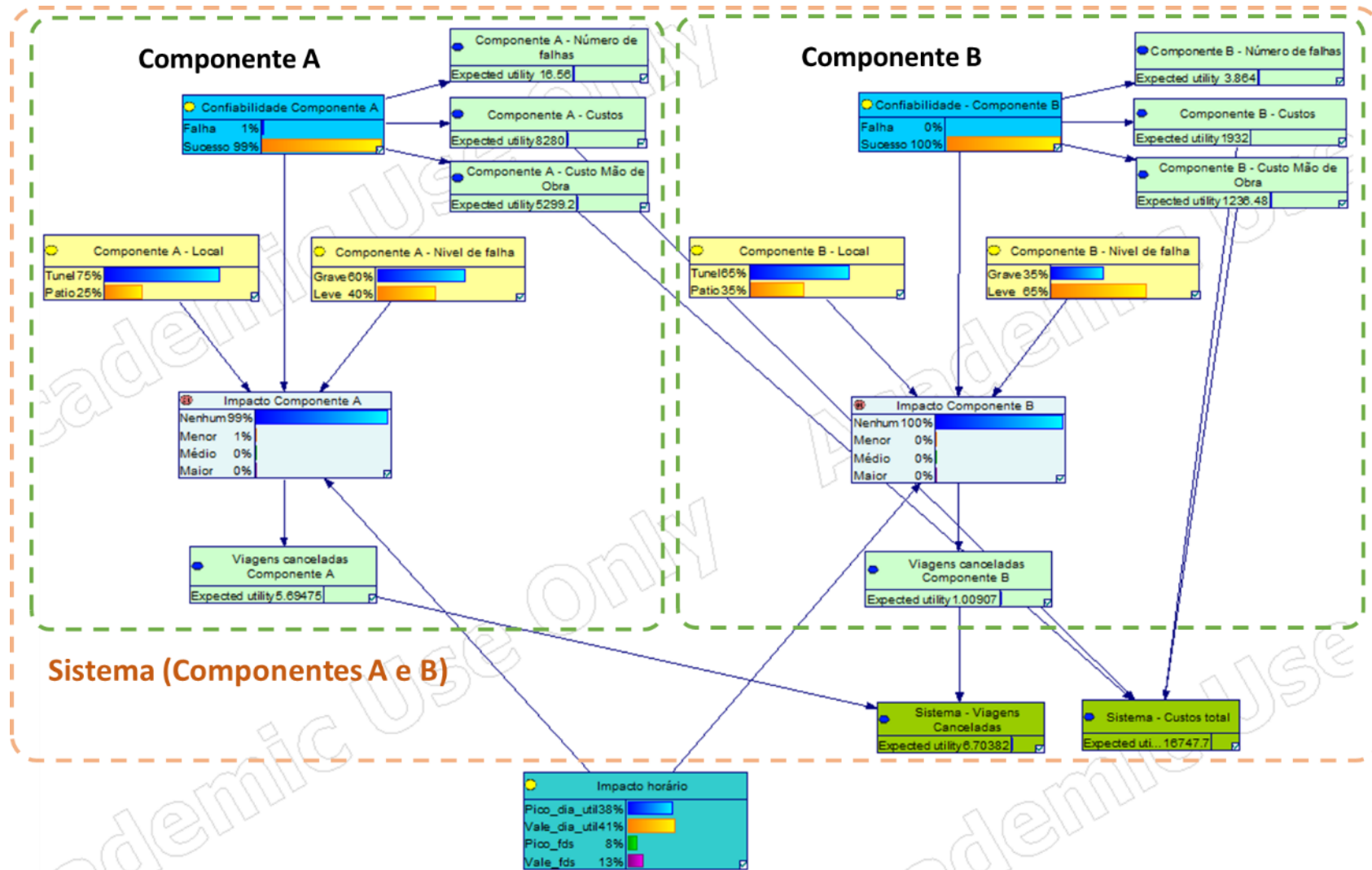
Fonte: STONE, 2015



27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

MODELO COMPUTACIONAL / OPERACIONAL



Componente A

● **Confiabilidade Componente A**

Falha	1%
Sucesso	99%

● **Número de falhas**

Expected utility 16.56

● **Custos Componente A**

Expected utility 8280

● **Custo Mão de Obra**

Expected utility 5299.2

● **Componente A - Local**

Tune	175%
Patio	25%

● **Componente A - Nivel de falha**

Grave	60%
Leve	40%

● **Impacto horário**

Pico_dia_util	38%
Vale_dia_util	41%
Pico_fds	8%
Vale_fds	13%

Ⓜ **Impacto Componente A**

Nenhum	99%
Menor	1%
Médio	0%
Maior	0%

● **Viagens canceladas Componente A**

Expected utility 5.69475

ANÁLISE – SUPORTE A DECISÃO

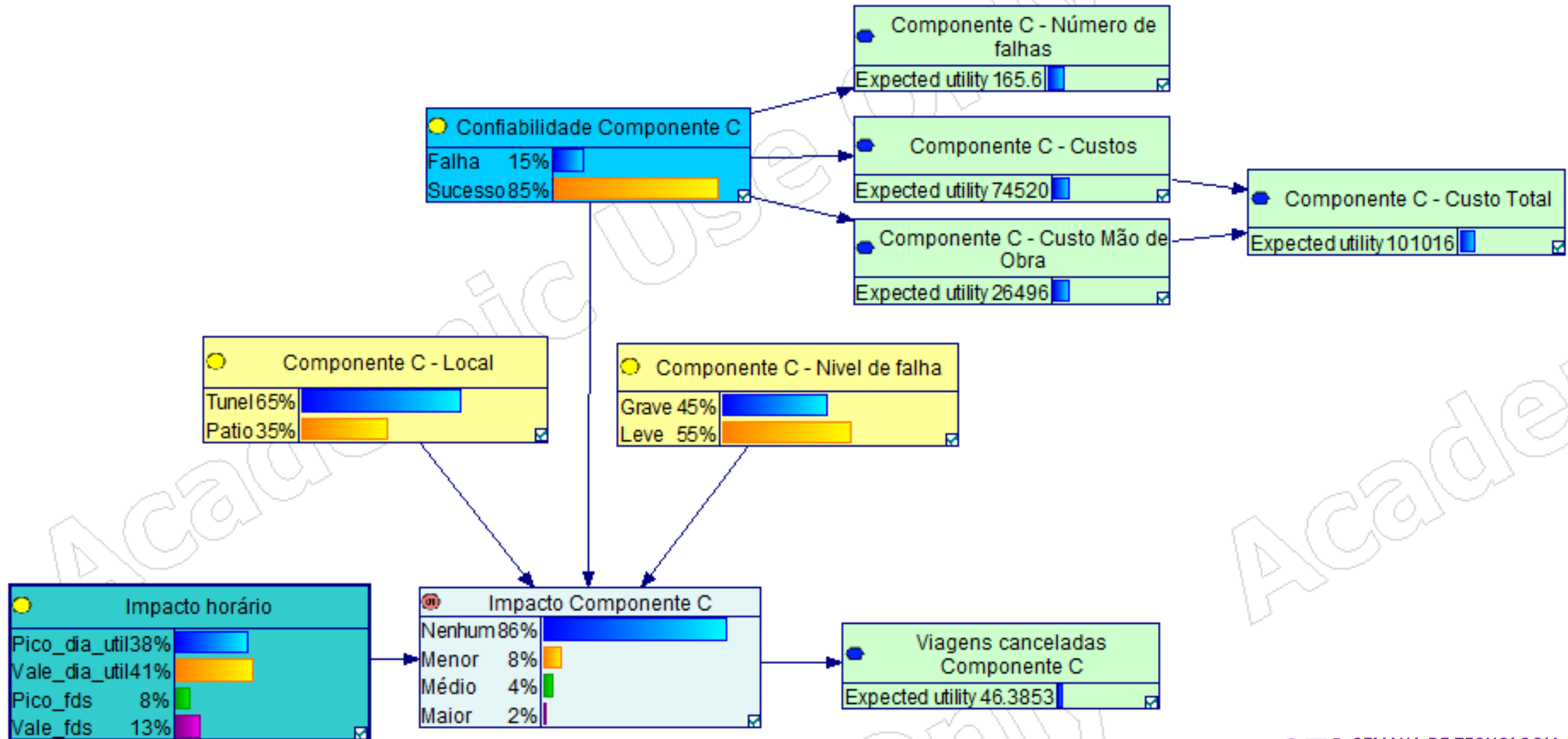
Hipótese: componente em fase senil, com 15% de chance de falhar durante a missão de 1 ano

Informações geradas pelo modelo:

- 165 falhas em 1 ano
- Custo total de manutenção: R\$ 100,1 mil
- Viagens canceladas: 46



ANÁLISE – SUPORTE A DECISÃO



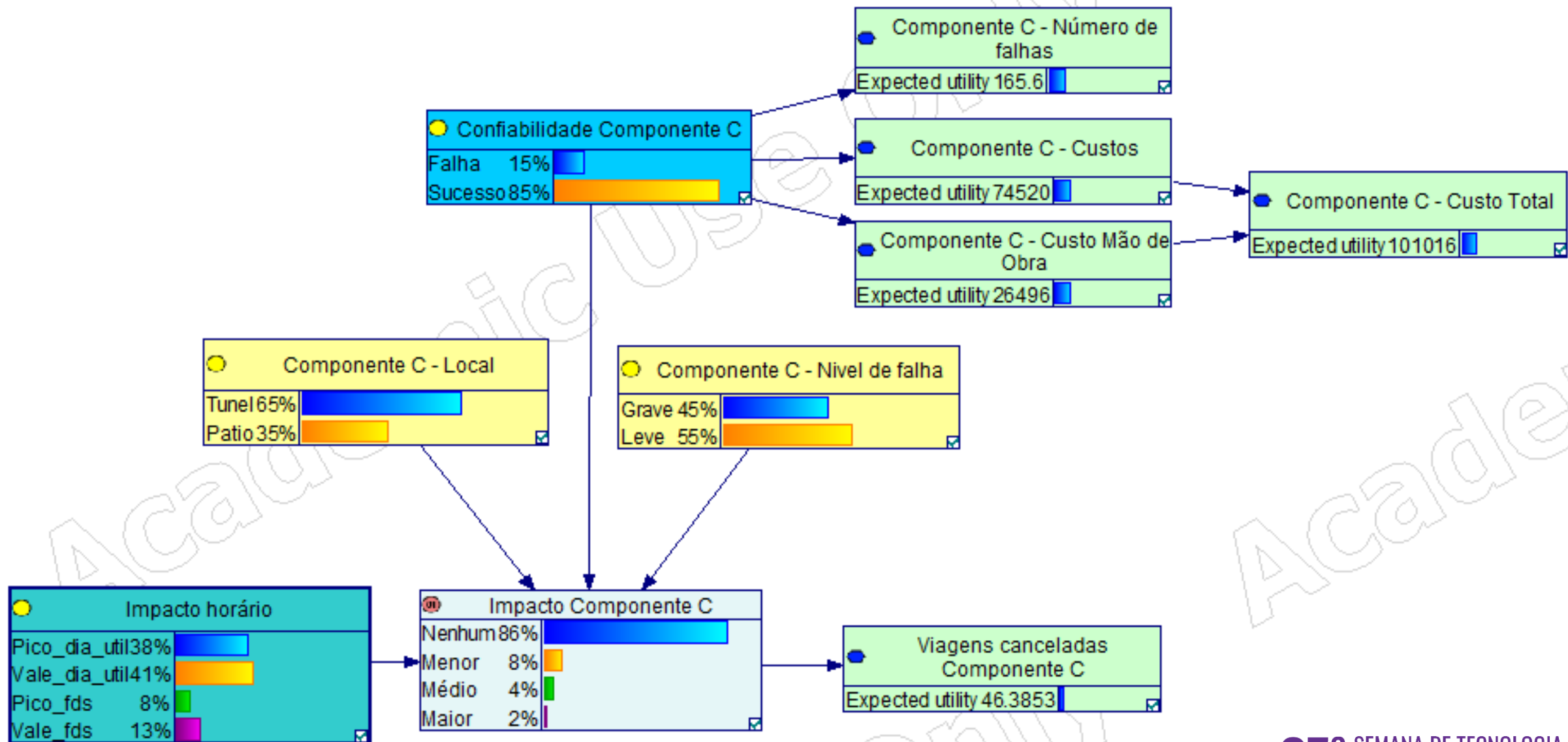
ANÁLISE – SUPORTE A DECISÃO

Solução proposta	Investimento	Melhoria de desempenho
Melhorar lubrificação	R\$ 10 mil	Redução de 5% nas falhas
Modernização	R\$ 130 mil	Redução de 10% nas falhas
Novos Procedimentos operacionais	R\$ 30 mil	Redução de 25% nas falhas ocorridas na via

Tabela 1 – Propostas para aumento de performance



ANÁLISE – SUPORTE A DECISÃO



ANÁLISE – SUPORTE A DECISÃO

Solução	Nº de Falhas	Custos Totais (R\$ mil)	Interferências operacionais (viagens canceladas)
Situação atual	165	100,1	46
Lubrificação	110 (-33%)	67,3 (-33%)	30,9 (-32%)
Modernização	55 (-66%)	33,6 (-66%)	15,4 (-67%)
Novos Procedimentos operacionais	165 (N/A)	100,1 (N/A)	11,2 (-75%)

Tabela 2 – Tabela comparativa das propostas utilizando informações geradas pelo modelo proposto



CONCLUSÕES – EFICÁCIA DO MODELO PROPOSTO

Comparação dos dados gerados pelo modelo com dados reais do sistema

- Precisão entre 80% e 95% na previsão de falhas
- Precisão entre 70% e 80% na previsão de interferências operacionais



CONCLUSÕES – SUPORTE A DECISÃO

- O desempenho do modelo no suporte a decisão foi satisfatório, permitindo avaliar de forma prática diferentes decisões de investimento.



TRABALHOS FUTUROS

- Adicionar dados de sensores para atualizar o modelo em tempo real
- Criação de gêmeos digitais



Obrigado!

eacampos@metrosp.com.br



27^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

14 a 17
setembro
2021

27ª SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

TRILHOS PARA UM
FUTURO SUSTENTÁVEL

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO
METROFERROVIÁRIA: TRANSFORMANDO
DADOS EM INFORMAÇÕES DE ALTO VALOR

Eduardo Augusto Campos

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ

