

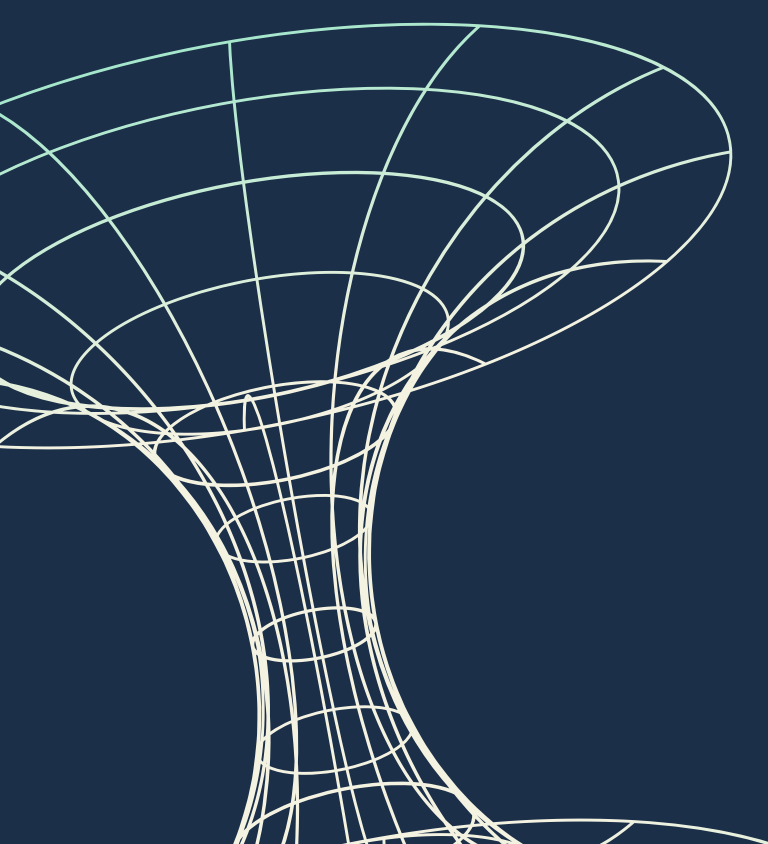


UNDB

# INDUSTRIA 4.0 E MANUTENÇÃO PREDITIVA

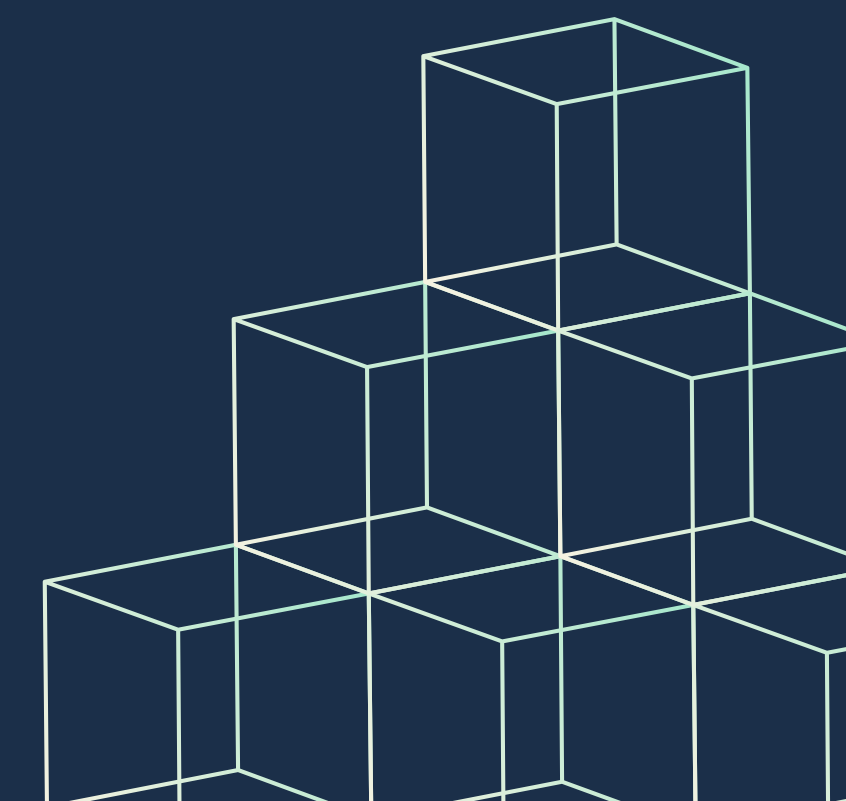


Predição de Troca de Correias com Análise de Dados Operacionais



Nome do projeto:  
Indústria 4.0 e Manutenção  
Preditiva: Predição de Troca de  
Correias com Análise de Dados  
Operacionais

Apresentado por:  
Paulo Roberto dos P. Barbosa





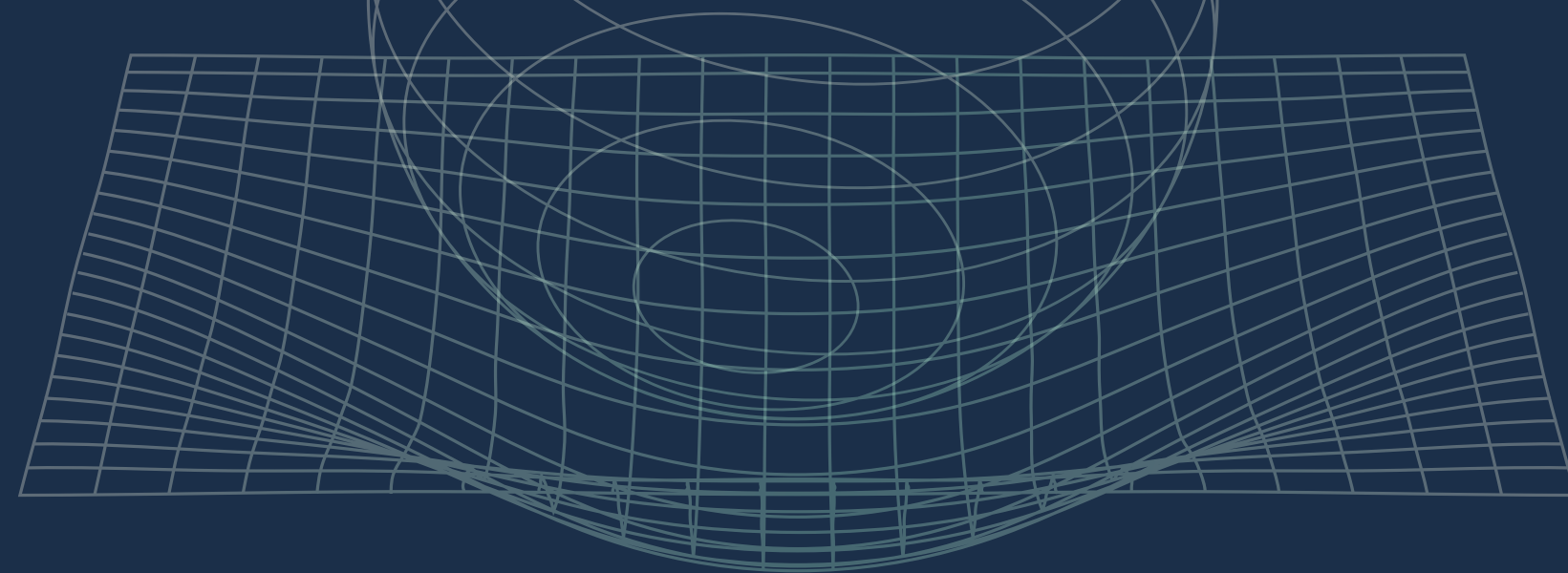
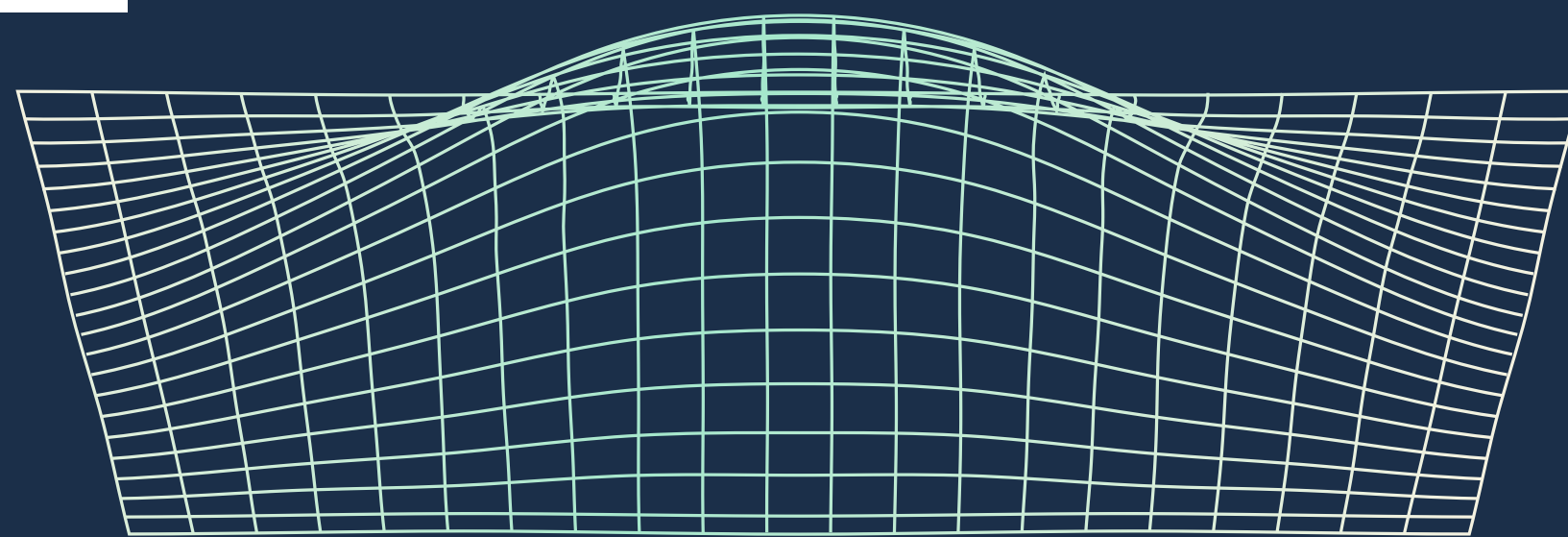


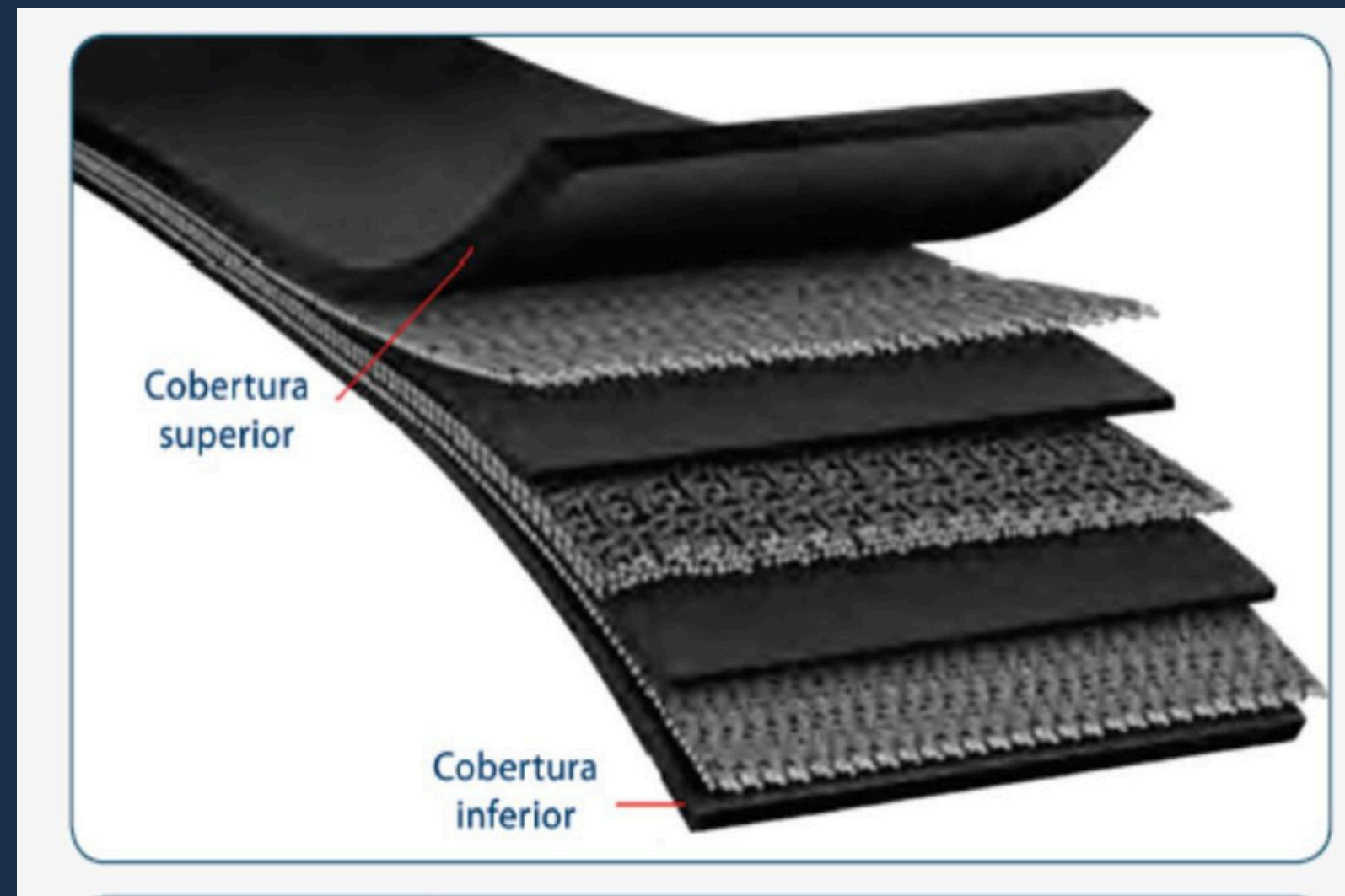
Figura 11 - Medição de espessura de correia



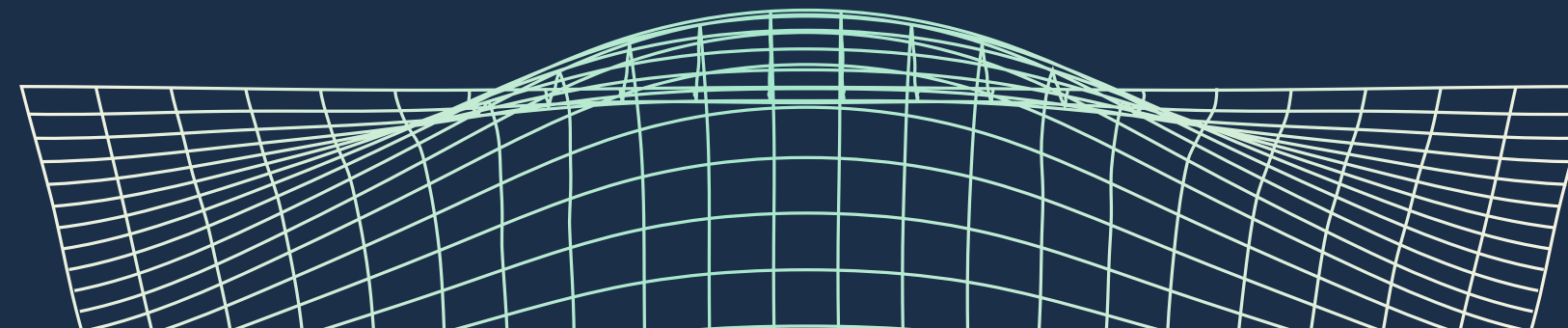
Visão geral





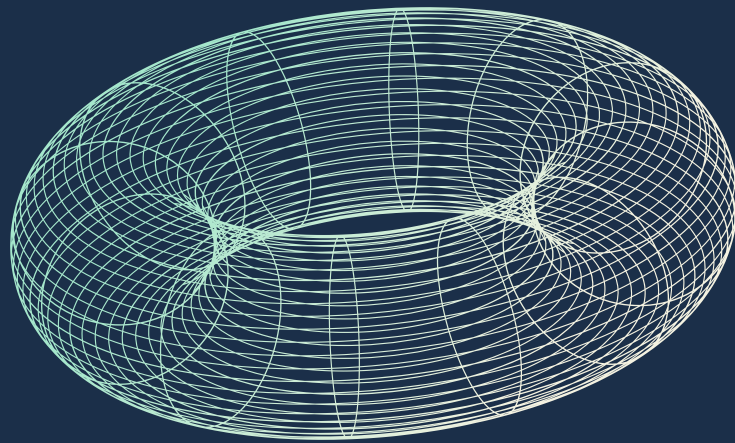


como podemos prever com precisão o momento certo para substituir uma correia transportadora, evitando perdas e melhorando a eficiência operacional?



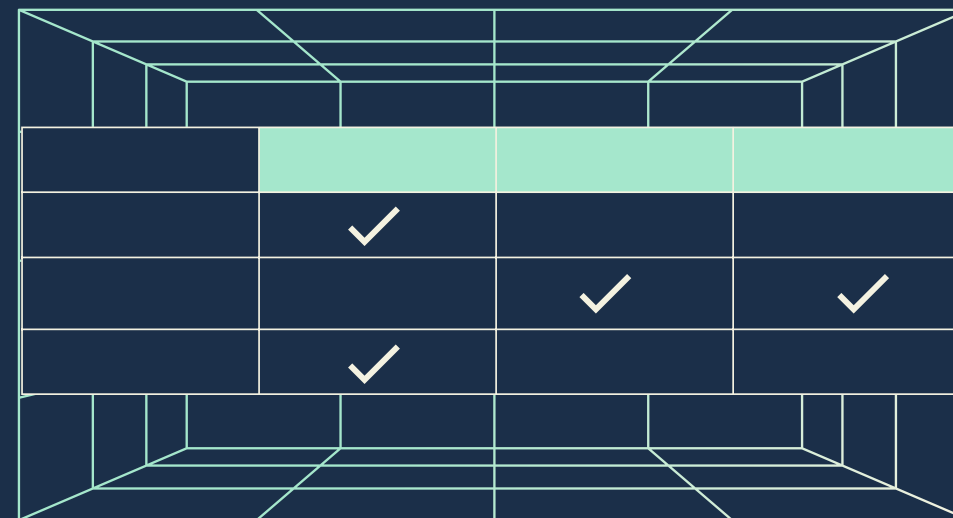
# Objetivos

- Predição de Troca de Correia Transportadora;
- Diminuição de Custos Operacionais
- Aumento da Produtividade



## PipeLine

- Como os dados das Medições São Armazenados
- Como esses dados Serão analisados



## Stakeholder

- Alinhamento
- Entendimento
- Metodologia CRISP-DM



## Algoritmo

- Definição de Framework
- Machine Learning
- Regressão Linear



# Metodologia

## 1. Coleta e Preparação dos Dados

- Coleta de dados por meio de ultrassom ao longo de 4 anos
- Os dados foram processados, limpos e analisados seguindo a metodologia CRISP-DM, utilizando KNIME e Python.

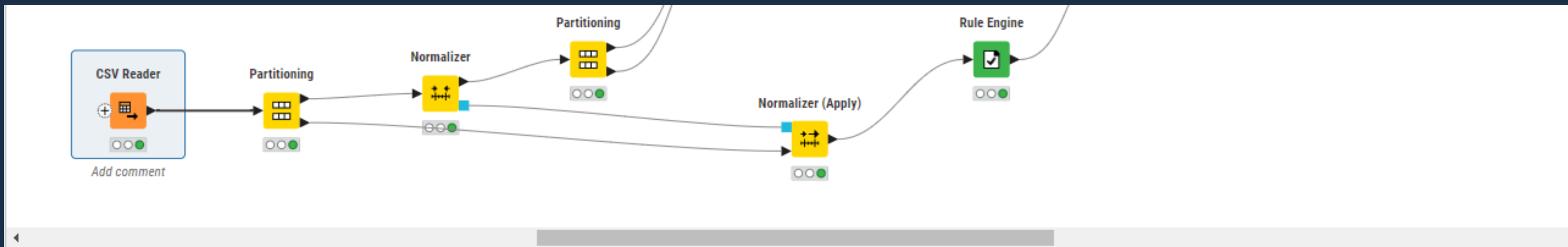


## 2. Construção do Modelo:

- Foram aplicados algoritmos de Regressão Linear e ARIMA para modelar a degradação da camada superior da correia.
- Validação do modelo com métricas de desempenho como MAPE e RMSE.

The image features a central sphere with a grid of latitude and longitude lines. Above and below the sphere are two rectangular frames containing a grid of lines that are warped into a saddle shape, curving upwards in the center and downwards at the edges. The entire composition is set against a dark blue background.

# Correção de Dados como Funciona o Modelo



► 1: File Table    Flow Variables

Rows: 6653 | Columns: 9

Table Statistics

<input type="checkbox"/>	#	RowID	ÁREA <small>String</small>	EQUIPAMENTO <small>String</small>	SISTEMA <small>String</small>	SEÑAL <small>Number (integer)</small>	DATA INSPECCIÓN <small>String</small>	ESPESSURA ... <small>Number (integer)</small>	CRITICIDADE ... <small>String</small>	DANO NA CO... <small>String</small>	OBSERVAÇÃO <small>String</small>
<input type="checkbox"/>	1	Row0	EMBARQUE	CN-325K-02	LANÇADA	1	2023-08-14 00:00:...	16	--	SEM DANO	CORREIA FOI TRO...
<input type="checkbox"/>	2	Row1	PÁTEIO	RP-313K-04	LANÇADA	1	2023-08-14 00:00:...	14	--	SEM DANO	--
<input type="checkbox"/>	3	Row2	EMBARQUE	TR-325K-12	REDLEY	1	2023-08-14 00:00:...	4	--	SEM DANO	REALIZADO A ME...
<input type="checkbox"/>	4	Row3	PÁTEIO	TR-313K-05	TRANSPORTADOR	2	2023-08-11 00:00:...	9	--	SEM DANO	--
<input type="checkbox"/>	5	Row4	DESCARREGAME...	TR-313K-02	TRANSPORTADOR	1	2023-08-10 00:00:...	6	P4 - PREVENTIVA ...	TRINCA	FLEXOL PELO RE...
<input type="checkbox"/>	6	Row5	PÁTEIO	TR-313K-05	TRANSPORTADOR	1	2023-08-10 00:00:...	9	--	SEM DANO	--
<input type="checkbox"/>	7	Row6	DESCARREGAME...	TR-311K-03	TRANSPORTADOR	1	2023-08-09 00:00:...	5	P2 - OPORTUNID...	EMENDA	EMENDA APRESE...
<input type="checkbox"/>	8	Row7	EMBARQUE	AL-314K-03A	ALIMENTADOR	1	2023-08-07 00:00:...	7	--	SEM DANO	--

## Column List

ROWID

ROWINDEX

ROWCOUNT

S ÃREA

S EQUIPAMENTO

S SISTEMA

D SEÃÃfo

S DATA INSPEÃÃfo

D ESPESSURA MÃNIMA

S CRITICIDADE DO DANO

S DANO NA CORREIA

S OBSERVAÃÃES

## Flow Variable List

s knime.workspace

## Category

All

## Description

## Function

? &lt; ?

? &lt;= ?

? = ?

? &gt; ?

? &gt;= ?

? AND ?

? IN ?

? LIKE ?

? MATCHES ?

? OR ?

? XOR ?

FALSE

MISSING ?

NOT ?

## Expression

```
? 1 // enter ordered set of rules, e.g.:
? 2 // $double column name$ > 5.0 => "Large"
? 3 // $string column name$ LIKE "*blue*" => "small and blue"
? 4 // TRUE => "default outcome"
S 5 $ESPESSURA MÃNIMA$ = 2 => "ESPESSURA MÍNIMA"
S 6 TRUE => "trocar correia"
7
```

☒ Append Column:

name\_class

S

☐ Replace Column:

S OBSERVAÃÃES

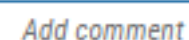
OK

Apply

Cancel

?





## Flow Variables

Table  Statistics 

<input type="checkbox"/>	#	RowID	ÁREA <small>String</small>	EQUIPAMENTO <small>String</small>	SISTEMA <small>String</small>	SEAL <small>Number (integer)</small>	DATA INSPEÇÃO <small>String</small>	ESPESSURA ... <small>Number (integer)</small>	CRITICIDADE ... <small>String</small>	DANO NA CO... <small>String</small>	OBSERVAÇÃO <small>String</small>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	1	Row0	EMBARQUE	CN-325K-02	LANÇA	1	2023-08-14 00:00:...	16	---	SEM DANO	CORREIA FOI TRO...	
<input type="checkbox"/>	2	Row1	PÁLIO	RP-313K-04	LANÇA	1	2023-08-14 00:00:...	14	---	SEM DANO	---	
<input type="checkbox"/>	3	Row2	EMBARQUE	TR-325K-12	REDLEY	1	2023-08-14 00:00:...	4	---	SEM DANO	REALIZADO A ME...	
<input type="checkbox"/>	4	Row3	PÁLIO	TR-313K-05	TRANSPORTADOR	2	2023-08-11 00:00:...	9	---	SEM DANO	---	
<input type="checkbox"/>	5	Row4	DESCARREGAME...	TR-313K-02	TRANSPORTADOR	1	2023-08-10 00:00:...	6	P4 - PREVENTIVA ...	TRINCA	FLEXOL PELO RE...	
<input type="checkbox"/>	6	Row5	PÁLIO	TR-313K-05	TRANSPORTADOR	1	2023-08-10 00:00:...	9	---	SEM DANO	---	
<input type="checkbox"/>	7	Row6	DESCARREGAME...	TR-311K-03	TRANSPORTADOR	1	2023-08-09 00:00:...	5	P2 - OPORTUNID...	EMENDA	EMENDA APRESE...	
<input type="checkbox"/>	8	Row7	EMBARQUE	AL-314K-03A	ALIMENTADOR	1	2023-08-07 00:00:...	7	---	SEM DANO	---	

app.py

db\_predicao.sql X

import\_dados\_db.py

db\_predicao.sql

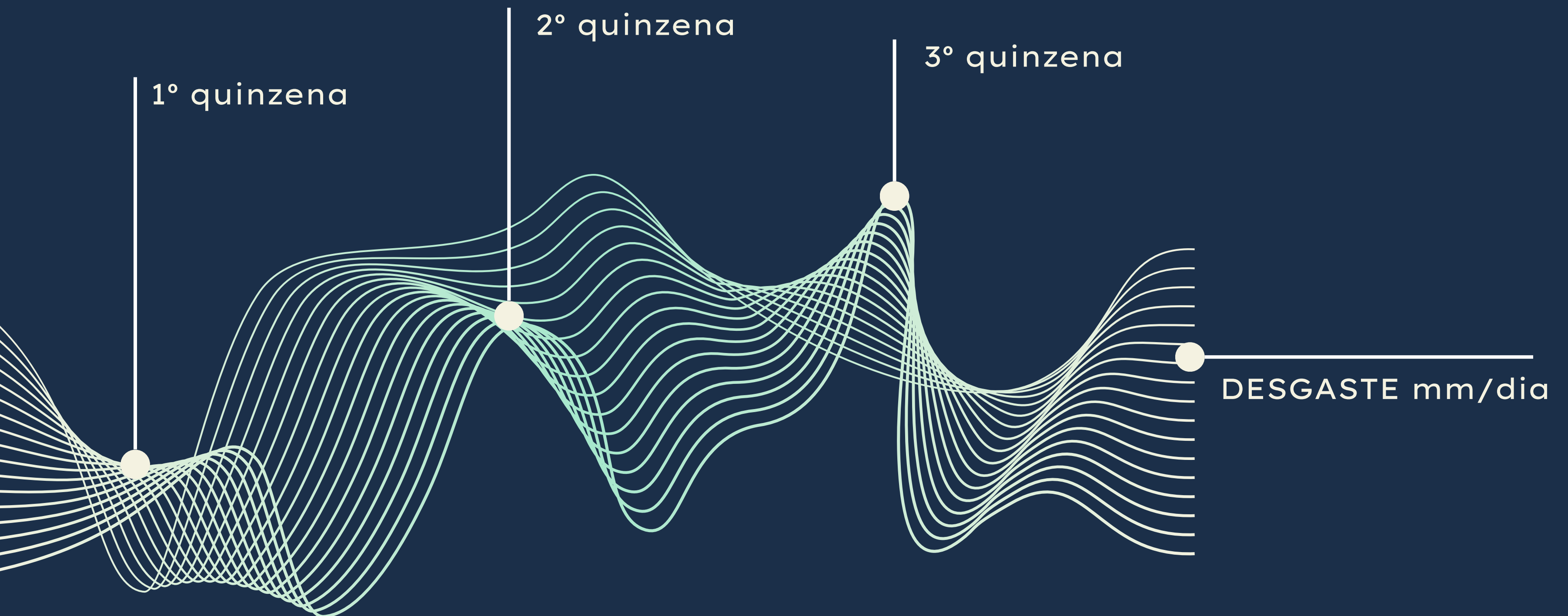
```
1 CREATE DATABASE predicao_manutencao;  
2  
3 USE predicao_manutencao;  
4  
5 CREATE TABLE inspecao_equipamentos (  
6     id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
7     area VARCHAR(100),  
8     equipamento VARCHAR(100),  
9     sistema VARCHAR(100),  
10    secao VARCHAR(100),  
11    data_inspecao DATE,  
12    espessura_minima FLOAT,  
13    criticidade_dano VARCHAR(50),  
14    peso_tkon_h FLOAT,  
15    velocidade_km_h FLOAT,  
16    dano_correia VARCHAR(100),  
17    observacoes TEXT  
18 );  
19
```



```
import_dados_db.py > selecionar_arquivo
1 import pandas as pd
2 from sqlalchemy import create_engine
3 from tkinter import Tk, filedialog
4 import os
5
6 def selecionar_arquivo():
7     """Modo de seleção de onde está a planilha com os dados."""
8     root = Tk()
9     root.withdraw() # Oculta a janela principal do Tkinter
10    arquivo = filedialog.askopenfilename(
11        title="Selecione a planilha",
12        filetypes=[("Arquivos CSV", "*.csv"), ("Arquivos Excel", "*.xlsx"), ("Todos os arquivos", "*.*")]
13    )
14    return arquivo
15
16 def normalizar_colunas(df):
17     """Renomeia as colunas para corresponder aos nomes da tabela MySQL e remove espaços extras."""
18     # PRECISO REMOVER OS ESPAÇOS ENTRE OS NOMES NA COLUNA
19     df.columns = df.columns.str.strip()
20
21     df = df.rename(columns={
22         'ÁREA': 'area',
23         'EQUIPAMENTO': 'equipamento',
24         'SISTEMA': 'sistema',
25         'SEÇÃO': 'secao',
26         'DATA INSPEÇÃO': 'data_inspecao',
27         'ESPESSURA MINIMA': 'espessura_minima',
28         'CRITICIDADE DO DANO': 'criticidade_dano',
29         'PESO_TKON_H': 'peso_tkon_h',
30         'VELOCIDADE_KM_H': 'velocidade_km_h',
31         'DANO NA CORREIA': 'dano_correia',
32         'OBSERVAÇÕES': 'observacoes'
33     })
34
35     # Debugarr para saber os nomes estão corretos
36     print(f"Colunas após renomeação e remoção de espaços: {df.columns.tolist()}")
37
```



# Desgaste ao Longo do Tempo



20 :  $\times$   $\checkmark$   $f_x$  0,019

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Data da Troca	Espessura na Troca (mm)	Data Atual	Espessura Atual (mm)	Dias desde a última troca	Desgaste Ocorrido (mm)	Desgaste Médio Diário (mm/dia)	Data da Medição	Espessura da Última Medição (mm)	Observações
2016-07-15 00:00:00	12,6	2016-08-08 00:00:00	11,82	24	0,78	0,032			Troca
2016-08-08 00:00:00	11,82	2016-09-10 00:00:00	11,5	33	0,32	0,01			Troca
2016-09-10 00:00:00	11,5	2016-11-09 00:00:00	9,21	60	2,29	0,038			M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2017-01-10 00:00:00	3,72	122	7,78	0,064	09/11/2016	9,21	M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2017-04-12 00:00:00	5,74	214	5,76	0,027	10/01/2017	3,72	M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2017-06-19 00:00:00	5,22	282	6,28	0,022	12/04/2017	5,74	M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2017-08-16 00:00:00	4,4	340	7,1	0,021	19/06/2017	5,22	M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2017-11-10 00:00:00	3,72	426	7,78	0,018	16/08/2017	4,4	M
2016-09-10 00:00:00	11,5	2018-03-01 00:00:00	12	537	-0,5	-0,001	10/11/2017	3,72	Troca
2018-03-01 00:00:00	12	2018-05-01 00:00:00	11,36	61	0,64	0,01	10/11/2017	3,72	Troca
2018-05-01 00:00:00	11,36	2018-07-25 00:00:00	8,1	85	3,26	0,038	10/11/2017	3,72	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2018-10-02 00:00:00	7,84	154	3,52	0,023	25/07/2018	8,1	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2019-01-04 00:00:00	7,55	248	3,81	0,015	02/10/2018	7,84	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2019-03-04 00:00:00	6,27	307	5,09	0,017	04/01/2019	7,55	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2019-05-09 00:00:00	5,02	373	6,34	0,017	04/03/2019	6,27	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2019-10-10 00:00:00	1	527	10,36	0,02	09/05/2019	5,02	M
2018-05-01 00:00:00	11,36	2020-03-09 00:00:00	15,4	678	-4,04	-0,006	10/10/2019	1	Troca
2020-03-09 00:00:00	15,4	2020-09-11 00:00:00	10,23	186	5,17	0,028	10/10/2019	1	Troca
2020-09-11 00:00:00	10,23	2021-03-10 00:00:00	6,8	180	3,43	0,019	10/10/2019	1	M
2020-09-11 00:00:00	10,23	2021-10-04 00:00:00	3,51	388	6,72	0,017	10/03/2021	6,8	M
2020-09-11 00:00:00	10,23	2021-12-21 00:00:00	0,01	466	10,22	0,022	04/10/2021	3,51	M
2020-09-11 00:00:00	10,23	2022-06-15 00:00:00	18	642	-7,77	-0,012	21/12/2021	0,01	Troca

```
12 : "2022-10"  
13 : "2022-12"  
14 : "2023-01"  
15 : "2023-02"  
16 : "2023-03"  
17 : "2023-05"  
18 : "2023-06"  
19 : "2023-07"
```

```
]
```

MANTENHA AS ÚLTIMAS INFORMAÇÕES

ADICIONAR NOVA MEDIÇÃO

Taxa média de desgaste (ignorando paradas): 0.0834 mm por dia

Previsão de troca após 161.7 dias: 20/02/2025

## Relatório de Previsão e Análise:

	Última Inserção	Espessura na Última Inserção (mm)	Sugestão de Data para Troca
0	12/09/2024	15.49	20/02/2025



×

app

×

+

lhost8501

it...

 Sign in · GitLab

 Gupy

 CORPO DE BOMBEI...

 Grafana

 ZABBIX

 ADMI ZIMBRA

 My Zimbra

 IDRAC

# Análise de Desgaste da Correia EP-313K-02

Última inserção: 12/09/2024 com espessura de 15.49 mm

Inconsistência detectada na linha 5: 14.0 -> 6.02 (mês: 2020-12)

Inconsistência detectada na linha 6: 12.0 -> 6.02 (mês: 2021-01)

Inconsistência detectada na linha 11: 15.67 -> 1.55 (mês: 2021-08)

Inconsistência detectada na linha 12: 8.39 -> 1.55 (mês: 2021-10)

Inconsistência detectada na linha 13: 5.13 -> 1.55 (mês: 2021-10)

Inconsistência detectada na linha 14: 9.51 -> 1.55 (mês: 2022-02)

Inconsistência detectada na linha 15: 9.51 -> 1.55 (mês: 2022-03)

Inconsistência detectada na linha 16: 3.19 -> 1.55 (mês: 2022-04)

Inconsistência detectada na linha 17: 14.35 -> 1.55 (mês: 2022-05)

×

🐞 app


×


+


📘


localhost:8501


recrutament...


 Sign in · GitLab

 Gupy

 CORPO DE BOMBEI...

 Grafana


 ZABBIX

 ADMI ZIMBRA

Meses interpolados:

▼

[



0 : "2020-12"

1 : "2021-01"

2 : "2021-08"

3 : "2021-10"

4 : "2021-10"

5 : "2022-02"

6 : "2022-03"

7 : "2022-04"

8 : "2022-05"

9 : "2022-06"

10 : "2022-07"

11 : "2022-09"

12 : "2022-10"

13 : "2022-12"

14 : "2023-01"

15 : "2023-02"

16 : "2023-03"

17 : "2023-05"

18 : "2023-06"

19 : "2023-07"

]

MANTENHA AS ÚLTIMAS INFORMAÇÕES

ADICIONAR NOVA MEDIÇÃO

Taxa média de desgaste (ignorando paradas): 0.0834 mm por dia

Previsão de troca após 161.7 dias: 20/02/2025


✕


app


✕


+


host:8501


 Sign in · GitLab


 Gupy


 CORPO DE BOMBEIROS


 Grafana

 ZABBIX

 ADMI ZIMBRA

 My Zimbra

 IDRAC .33

 IDRAC .32

»

|

□

MANTENHA AS ÚLTIMAS INFORMAÇÕES

ADICIONAR NOVA MEDIÇÃO

Preencha as novas informações abaixo:

Data da Inspeção

2025/03/28

Data inserida: 2025-03-28

Data formatada: 28/03/2025

Espessura Mínima (mm)

0,00

Peso (tkon/h)

0,00

Velocidade (km/h)

0,00

Dano na Correla

SEM DANO

Criticidade do Dano

normal

Salvar Nova Medição



8 : "2022-05"  
9 : "2022-06"  
10 : "2022-07"  
11 : "2022-09"  
12 : "2022-10"  
13 : "2022-12"  
14 : "2023-01"  
15 : "2023-02"  
16 : "2023-03"  
17 : "2023-05"  
18 : "2023-06"  
19 : "2023-07"

]

MANTENHA AS ÚLTIMAS INFORMAÇÕES

ADICIONAR NOVA MEDIÇÃO

Taxa média de desgaste (ignorando paradas): 0.0834 mm por dia

Previsão de troca após 161.7 dias: 20/02/2025

## Relatório de Previsão e Análise:

	Última Inserção	Espessura na Última Inserção (mm)	Sugestão de Data para Troca
0	12/09/2024	15.49	20/02/2025



# Resultados e Discussão

## Precisão do Modelo

{O modelo apresentou um MAPE de 15,7%, indicando boa precisão na previsão do desgaste da correia.}

{Dividiu-se o conjunto de dados em 92% para treino e 8% para teste.}

# IMPACTO FINACEIRO

	CUSTOS E GANHOS COM I.A			
Estrategia	trocas/ano	Custo Total (U\$D)	Ganho (U\$D)	R\$
Troca Atual	3	338.528,52		1.692.642,60
Modelo Preditivo	2	225.685,68	112.842,84	650.584,10

	TROCAS/ANO	CUSTOS MATERIAL	CUSTO RECUSOS	CUSTO MÃO DE OBRA	CUSTO TOTAL.
SEM I.A	3	U\$ 190.192,45	U\$57.057,74	U\$91.278,33	U\$338.528,52
COM I.A		U\$126.794,97	U\$ 38.038,49	U\$ 60.852,22	U\$ 225.685,68
Estimativa de Ganhos		U\$ 63.397,48	U\$19019,25	U\$ 30.426,11	U\$ 112.842,84



# Rumo do Modelo

- bibliotecas:
- pandas;
- SQLAlchemy;
- Streamlit; e
- numpy
- scikit-learn (manipulação de dados e cálculo de parâmetros de regressão)

Conecta ao Banco → Carregar  
Dados → Corrigir Erros → Calcular  
Taxa de Desgaste → Predição da  
Trocão → Gerar Relatório.



# Trabalhos Futuros

- Integração de Novos Algoritmos e Técnicas de I.A;
- Escalabilidade e Otimização



# Conclusão

- Redução de Custos Operacionais
- Aumento da Vida útil das Correias Transportadoras;
- Diminuição dos Riscos de paradas não Planejadas.

“ O uso da Inteligência Artificial nesse contexto demonstra como a tecnologia pode ser aplicada para solucionar problemas reais e otimizar processos críticos”





UNDB

# INDUSTRIA 4.0 E MANUTENÇÃO PREDITIVA

Predição de Troca de Correias com Análise de Dados Operacionais

MUITO  
OBRIGADO!