

# Identificação da Relação de Conexão Transformador-Consumidor utilizando dados de medição inteligente: estudo de caso na Celesc Distribuição – ID 8063

**Autores:** *Matheus M. Ricardo; Edison A. C. Aranha Neto*

**Coautor:** *Pierry M. Reinaldo*

**Empresas:** *Celesc Distribuição S.A. e Instituto Federal de Santa Catarina.*

Realization:

instituto  
**abradee**



Host Company:

**CEMIG**



XXV Seminário  
Nacional de  
Distribuição de  
Energia Elétrica

**SENDI**  
**2025**  
BELO HORIZONTE



# SUMÁRIO

- Introdução;
- Celesc Distribuição – Projeto AMI Araranguá;
- Descrição da Metodologia (Algoritmo);
- Estudo de Caso:
  - Verificação em Campo;
  - Implementação e Resultados;
- Conclusões.



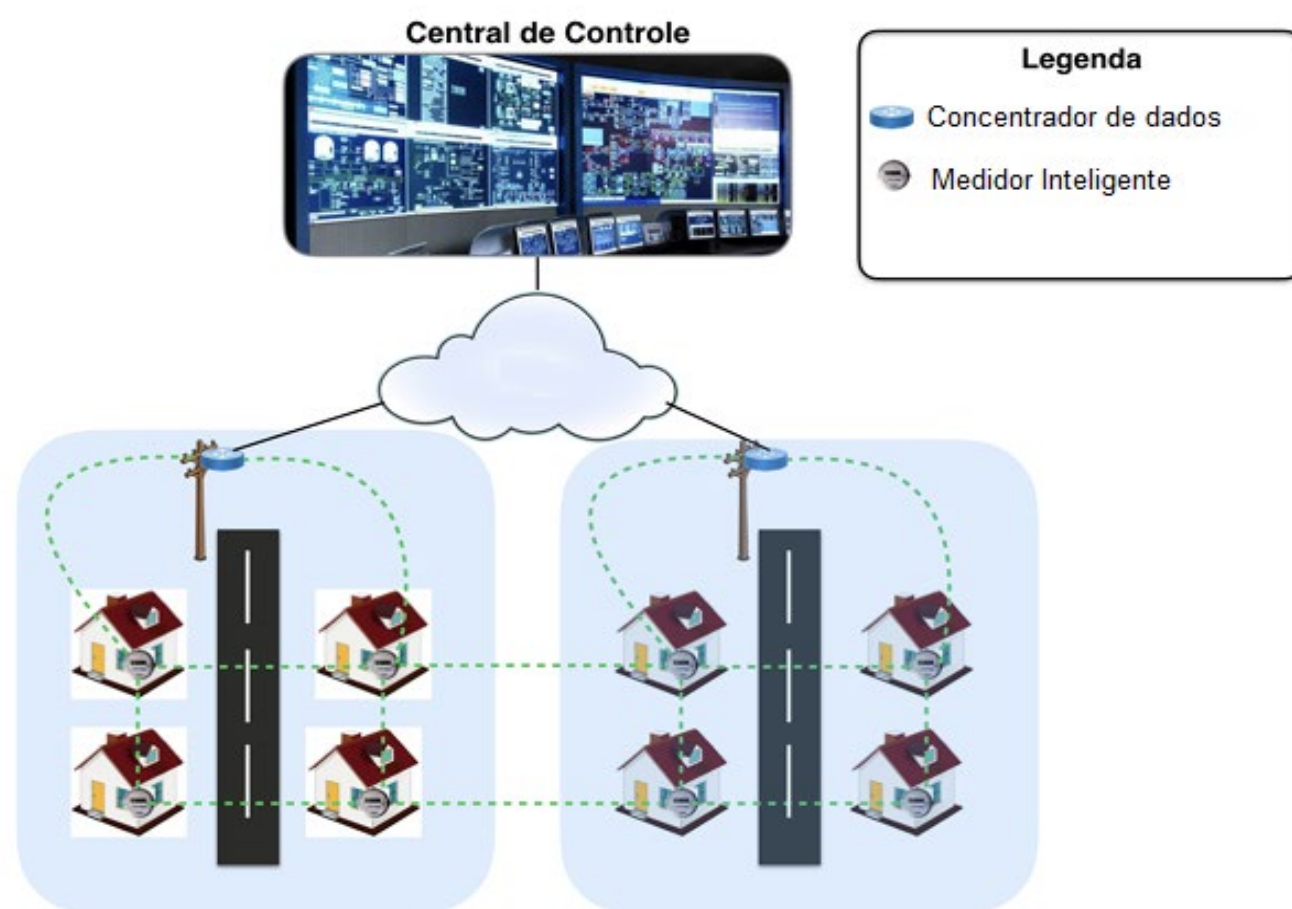
# CELESC D

- Atende, total ou parcialmente, 285 municípios: Santa Catarina e Paraná.
- Mais de 3,4 milhões de unidades consumidoras.





# INTRODUÇÃO

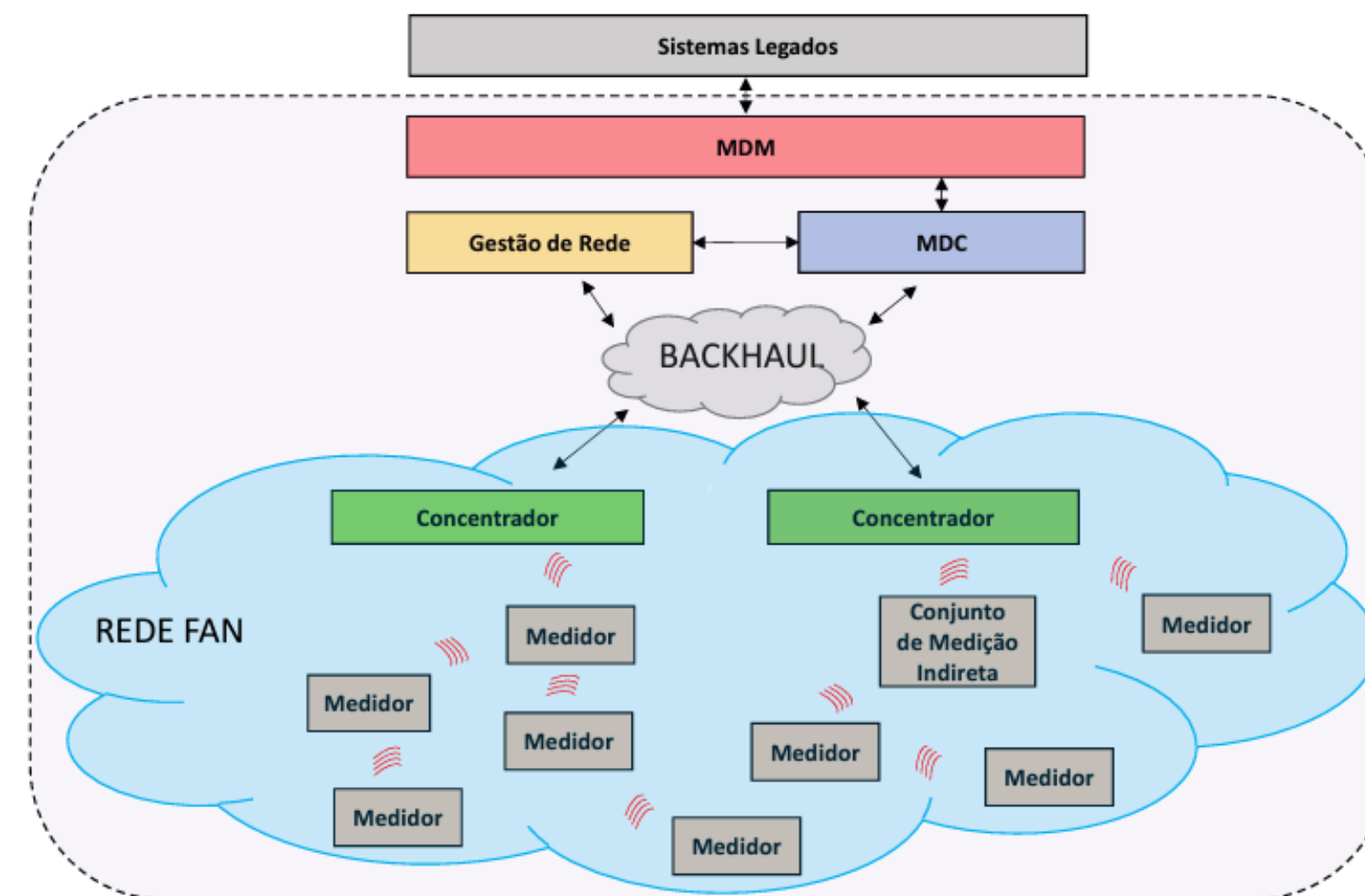


- Infraestrutura de Medição Avançada (AMI): base de uma rede mais moderna.
- Aplicações da implementação de um projeto AMI:
  - Automação de leituras para faturamento;
  - Corte-religa remoto;
  - Melhora de resposta a interrupções / faltas de energia;
  - Cálculo / Identificação de Perdas Não-Técnicas.

# PROJETO AMI ARARANGUÁ



- Celesc possui um projeto AMI em Araranguá – SC;
- Mais de 30 mil UCs e 1000 TDs;
- Registros de tensão e corrente de 5 em 5 minutos;
- Inclui a medição em transformadores de distribuição – *Balance Meter*.

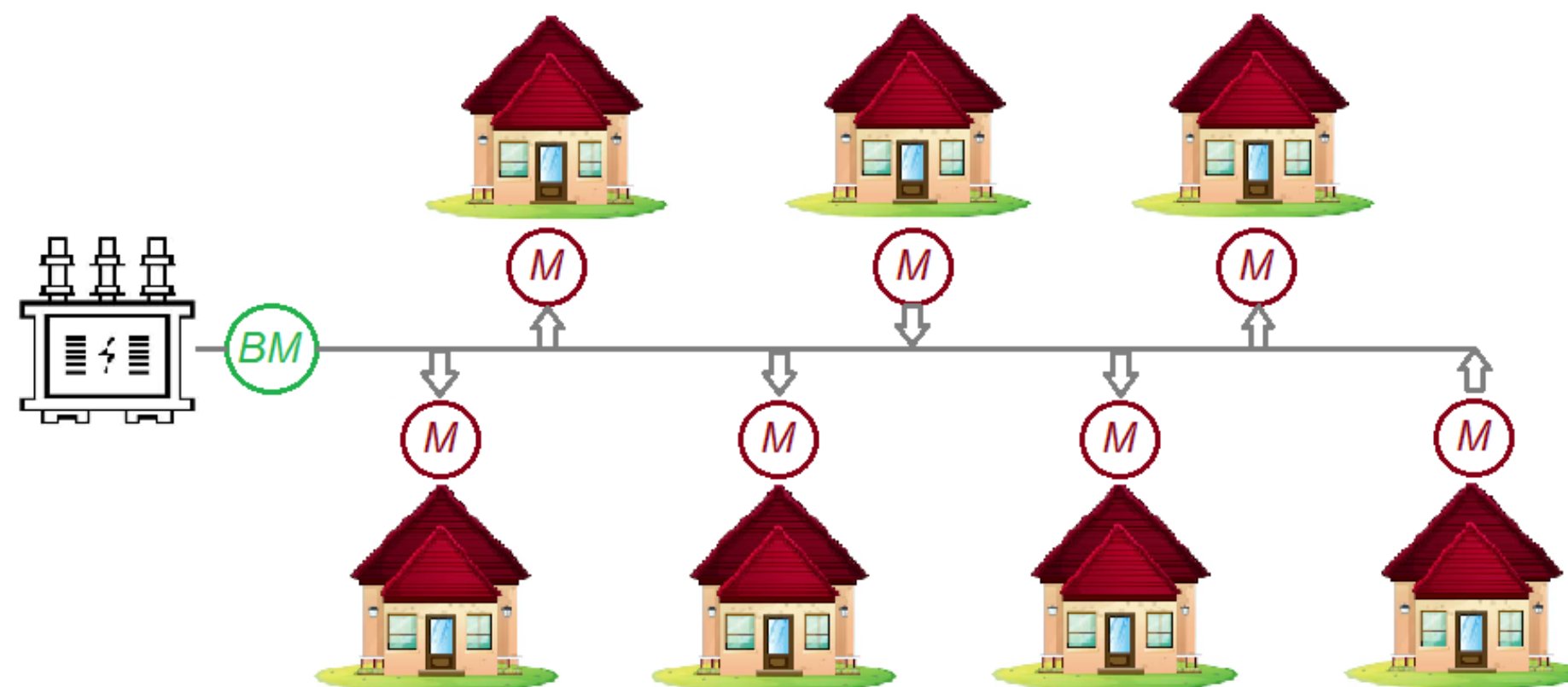


Realization:



HostCompany:

# BALANCE METER



- Possibilidade do cálculo preciso do balanço energético;
- Dependente de um Banco de Dados assertivo: correta relação de conexão Transformador-Consumidor (TD-UC);
- Informação importante para diversos processos (manutenções, balanceamento de carga, localização de faltas de energia), com um cadastro difícil de manter atualizado.







# DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA (ALGORITMO)

Motivação para a seleção:

- Distribuidoras já possuem base georreferenciada;
- Não utilizar dados de potência / corrente, por conta das perdas comerciais.

Adaptação de metodologia apresentada por Zhou et al. (2022)\*:

- Utiliza os conhecimentos prévios e tem como base fundamental a correlação entre as tensões dos consumidores e TDs.



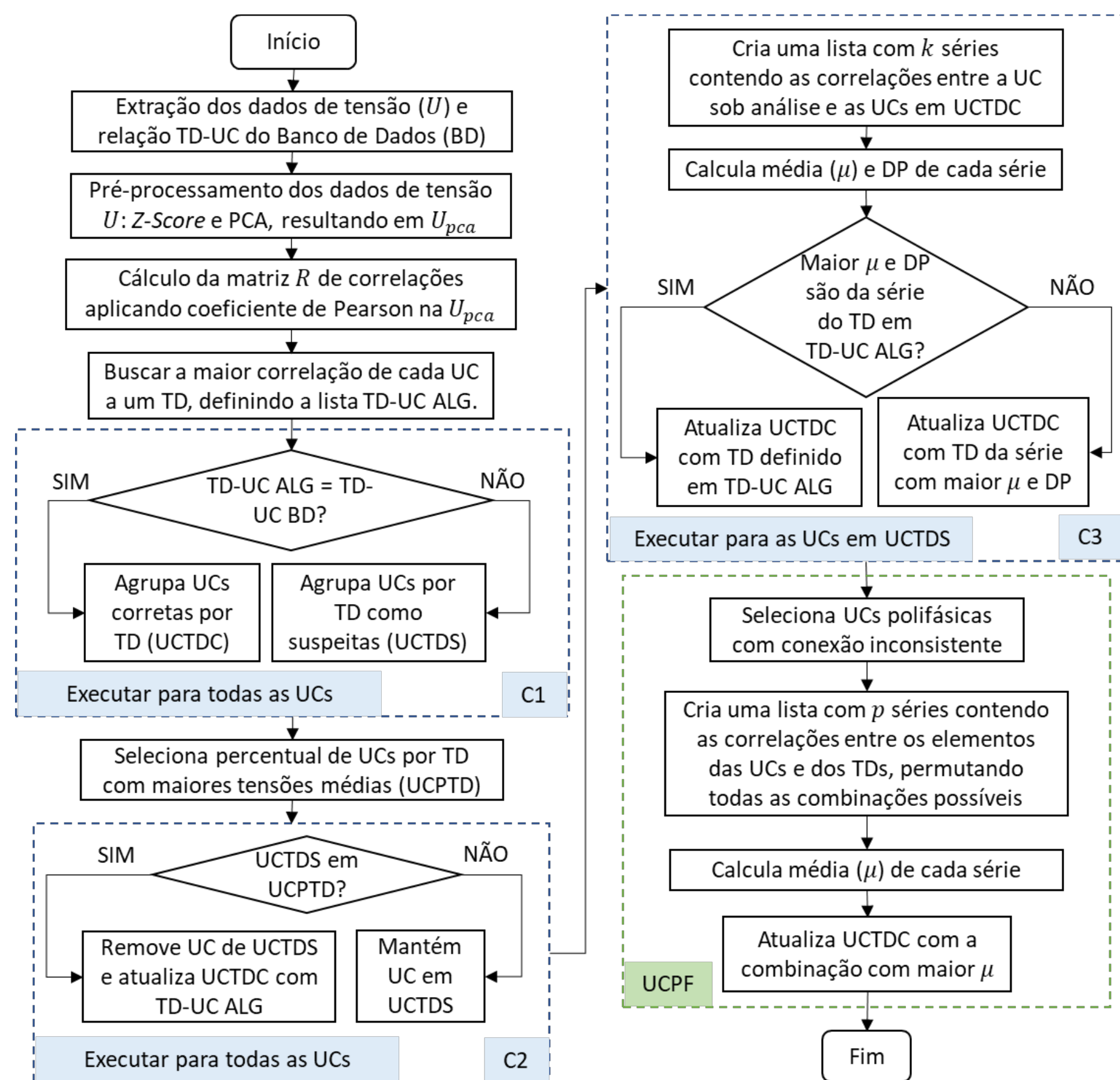
# DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA (ALGORITMO)

- Extração dos dados de tensão das UCs e TDs do circuito alvo e dos circuitos vizinhos;
- Dispor das relações de conexão TD-UC cadastradas no Banco de Dados;
- Pré-processamento: algoritmo PCA;
- Cálculo da correlação: coeficiente de Pearson;
- Correção da base através de sequência de comparações, que leva em conta um percentual ( $\tau$ ) de UCs próximas ao TD.





# DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA (ALGORITMO)



# ESTUDO DE CASO

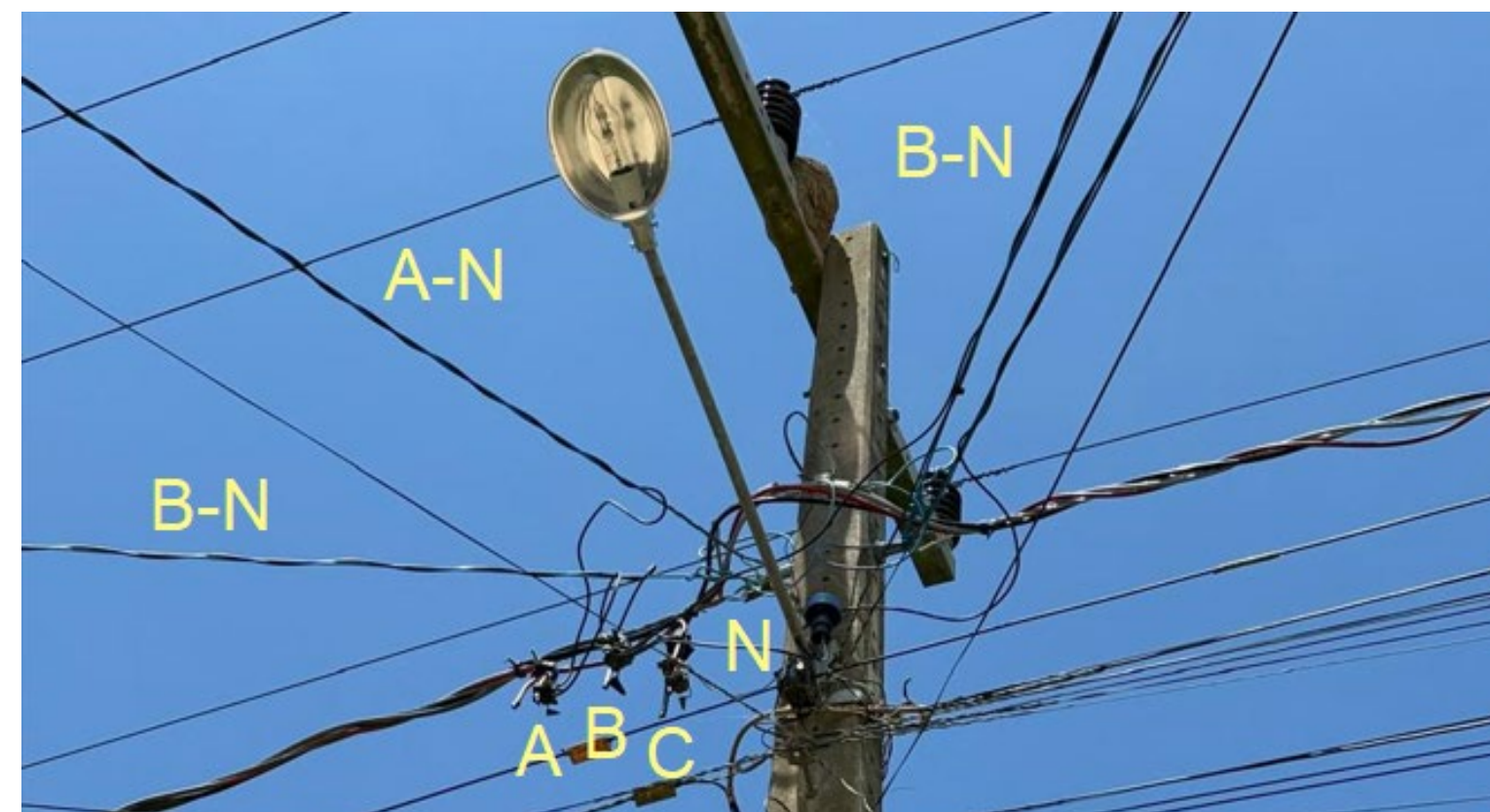
- Selecionados 4 circuitos com diferentes características elétricas e de balanço energético.

TD	UCs por fase								Vizinhos	
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Total	TDs	UCs
6138	18	29	17	3	1	1	8	77	6	398
8032	12	12	11	1	2	1	8	47	5	324
8671	1	1	-	-	-	-	48	50	4	193
10117	4	-	1	-	-	-	-	5	4	46



# VERIFICAÇÃO EM CAMPO

- Realizada inspeção visual em redes nuas, redes multiplexadas e quadros de medição de uso coletivo.





# VERIFICAÇÃO EM CAMPO

- Utilizada medição de corrente ou detector de circuito para circuitos com cabos não padronizados.





# VERIFICAÇÃO EM CAMPO

- Elevado percentual de modificação.
- Resultados consideram a ordem das fases.

TD	Elementos iguais	Elementos com troca de fase	Elementos ausentes ao TD	Elementos adicionados pela inspeção	Elementos adicionados de TDs vizinhos	Percentual de modificação
6138	66	27	5	15	2	74%
8032	37	26	4	3	0	89%
8671	79	67	0	8	11	109%
10117	3	2	0	0	11	433%





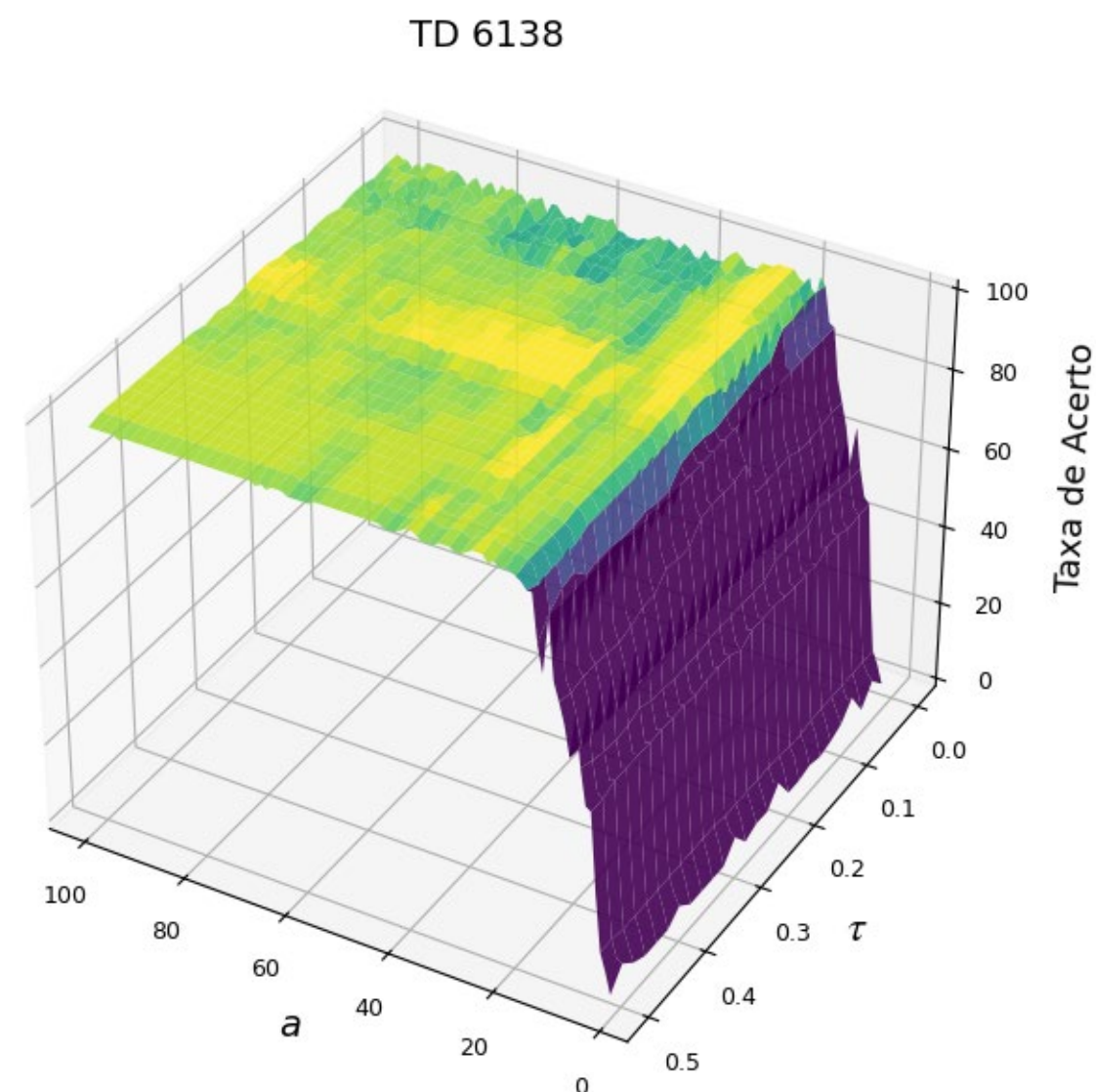
# IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

- Extração dos dados de tensão de 22 a 24 dias (conforme disponibilidade);
- Mais de 6000 pontos por elemento;
- Tratamento dos dados e implementação em *Python*;
- PCA: *scikit-learn*;
- Taxa de Acerto: proporção entre elementos em comum com relação ao total (inspeção + algoritmo);
- Variação dos dados de entrada ( $\alpha$  e  $\tau$ ).

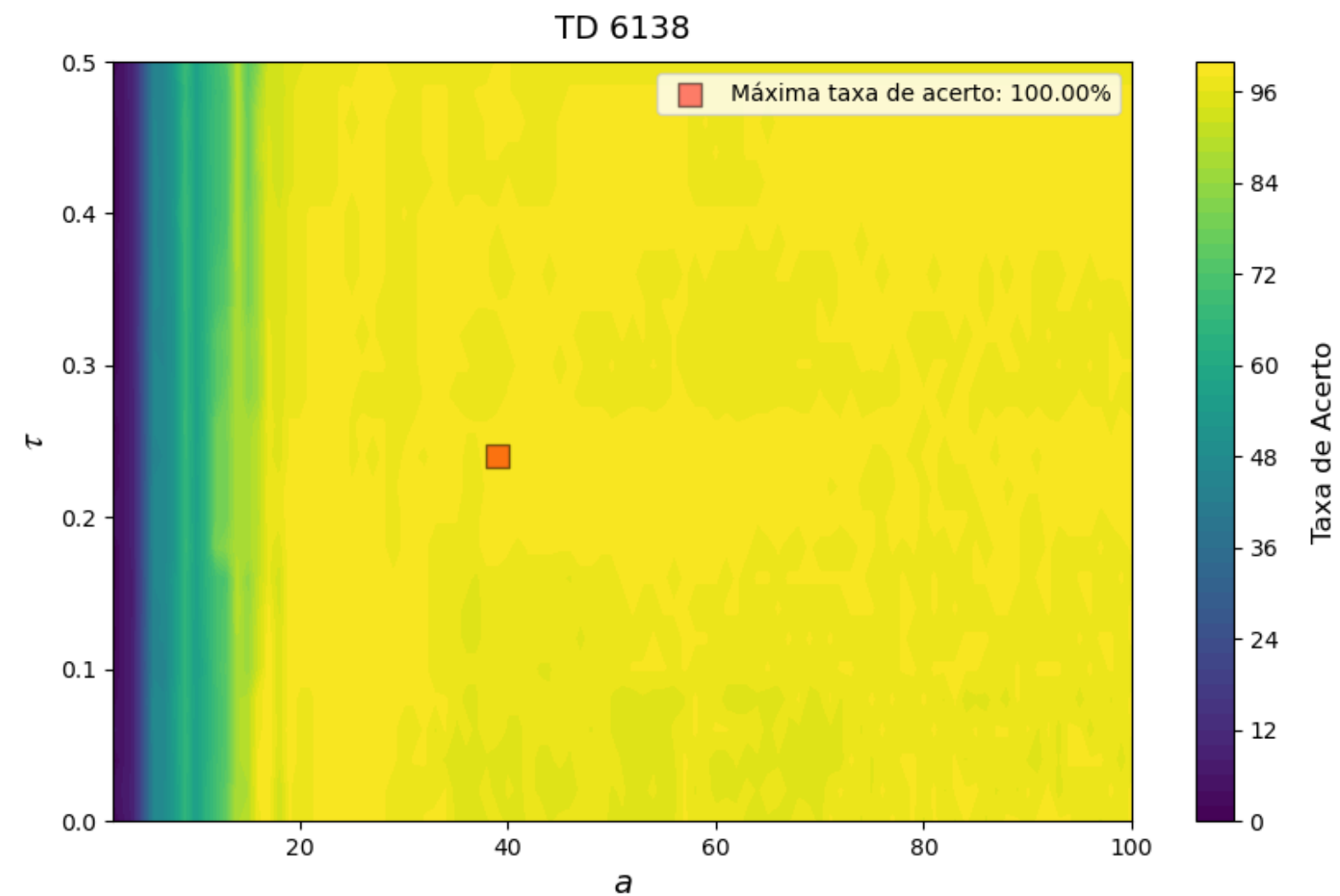




# TD 6138

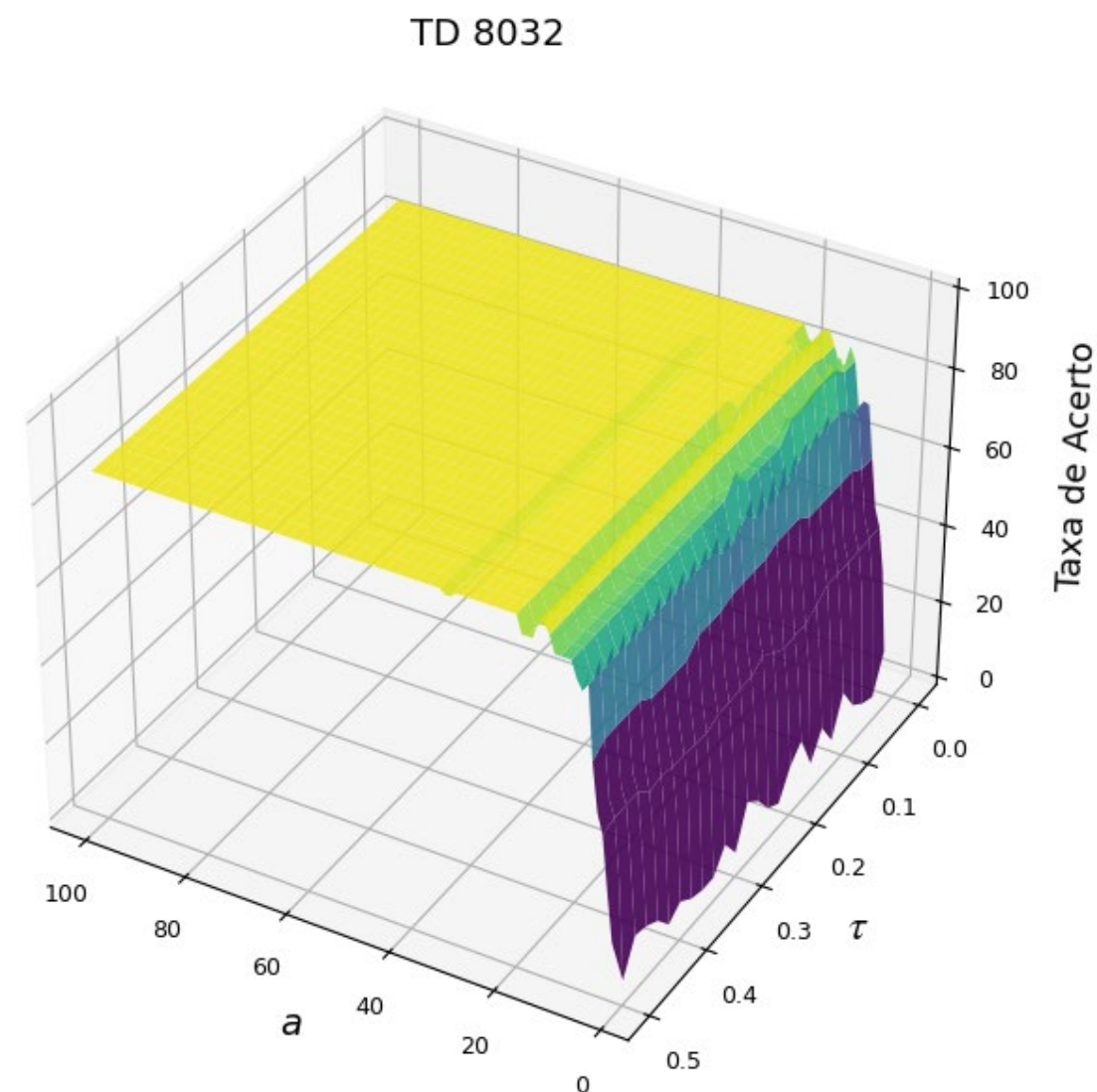


- Variação de  $a$  e  $\tau$

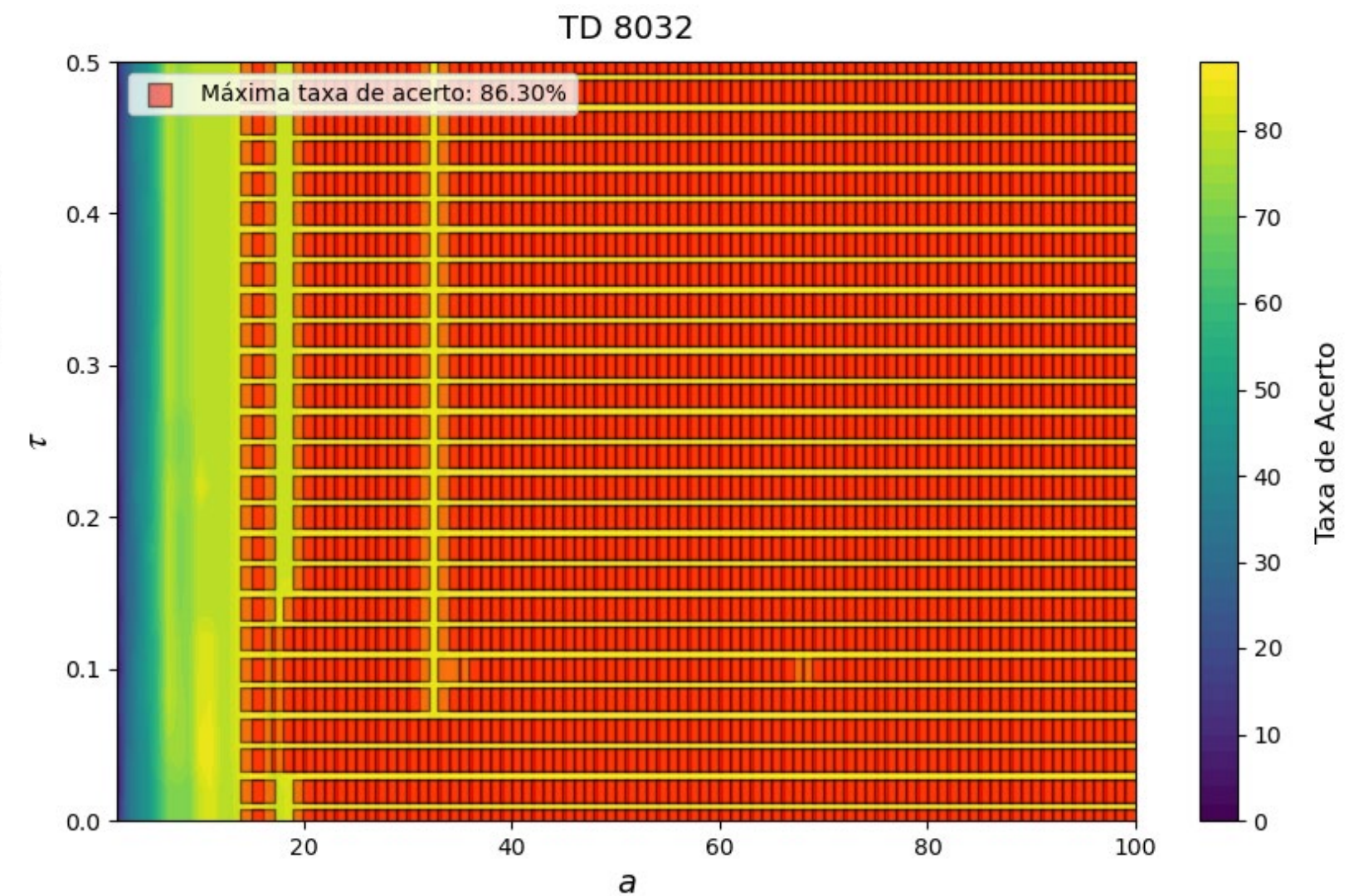


- Máxima taxa de acerto: 100,0%

# TD 8032



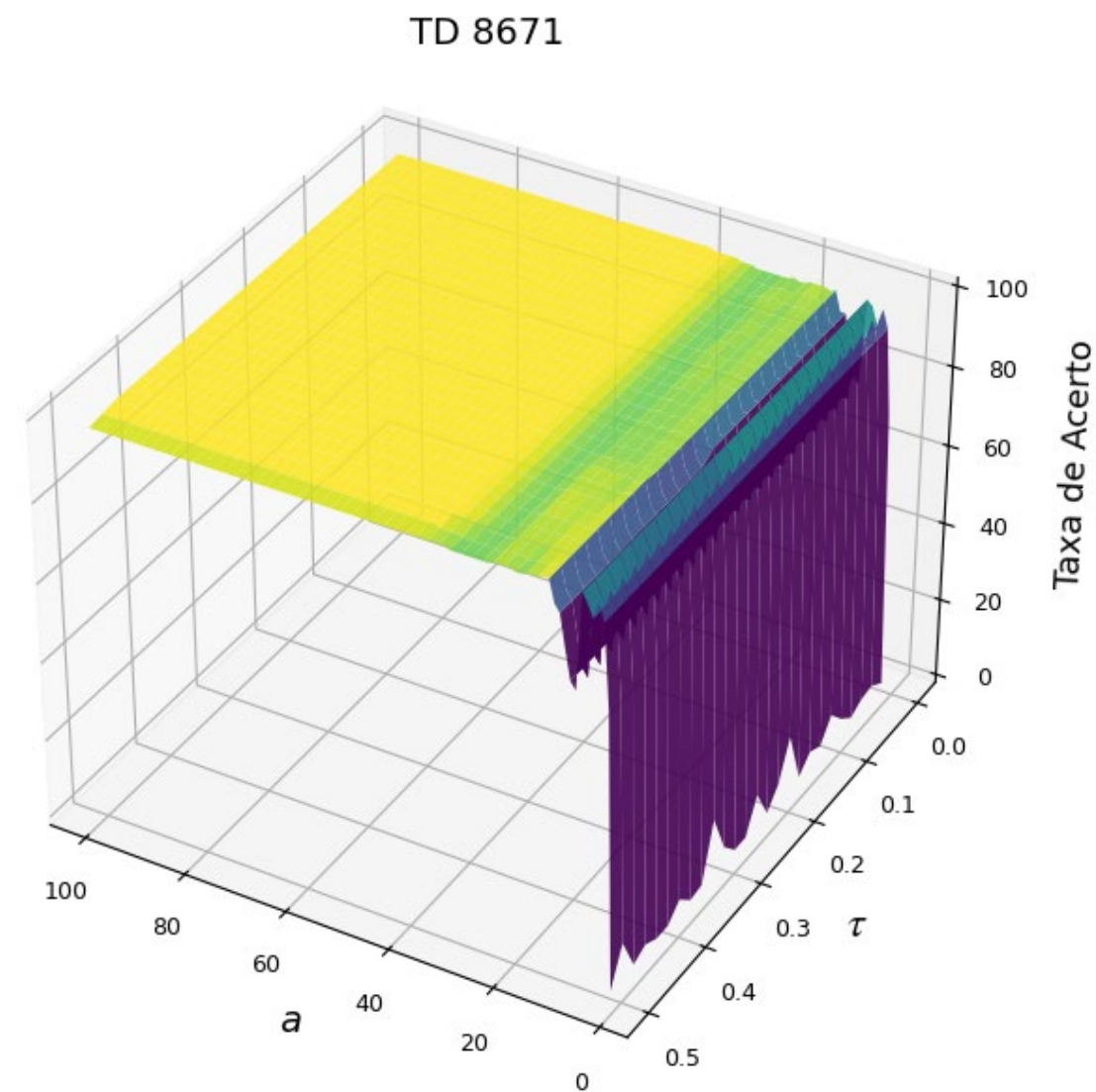
- Variação de  $a$  e  $\tau$



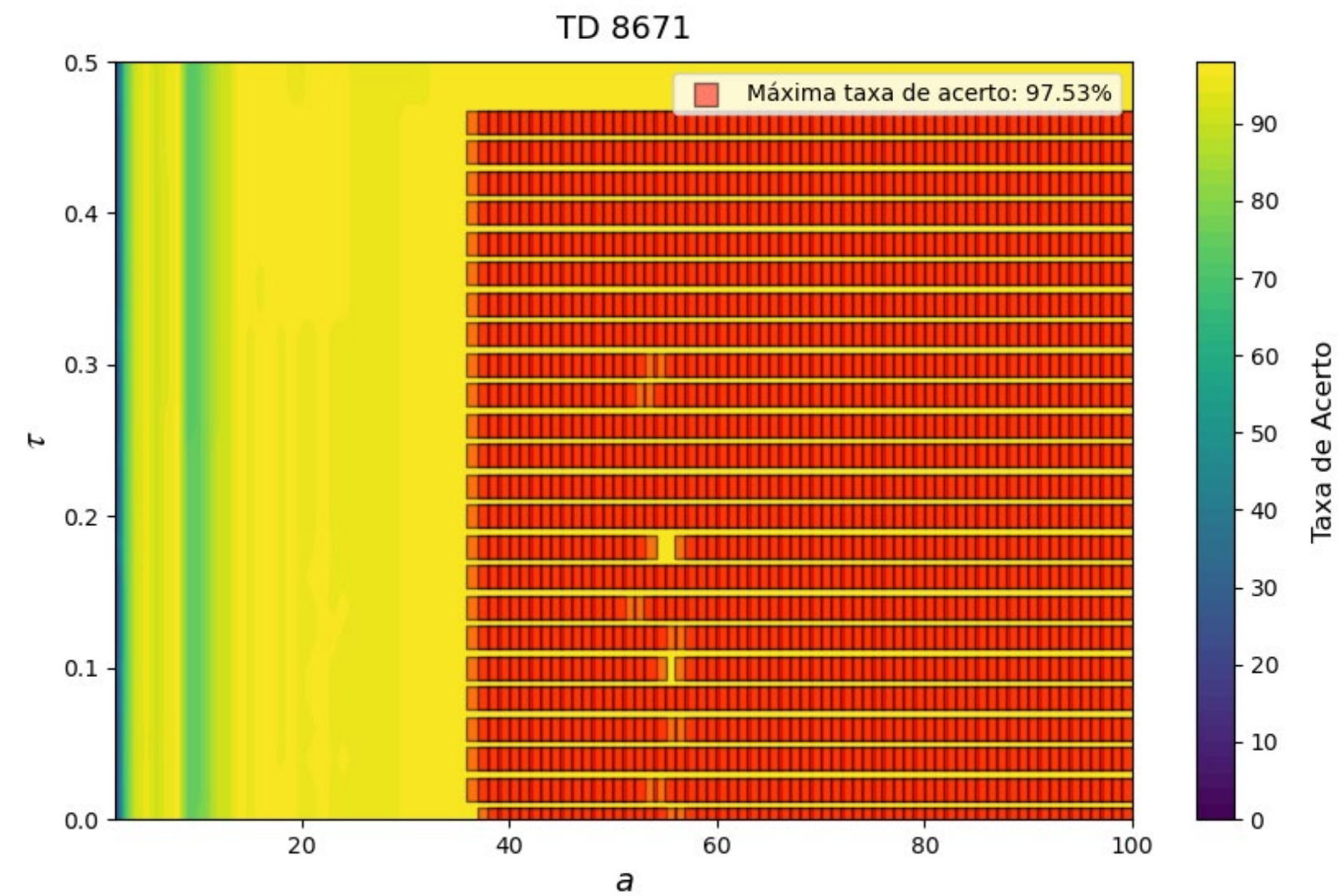
- Máxima taxa de acerto: 86,30%



# TD 8671



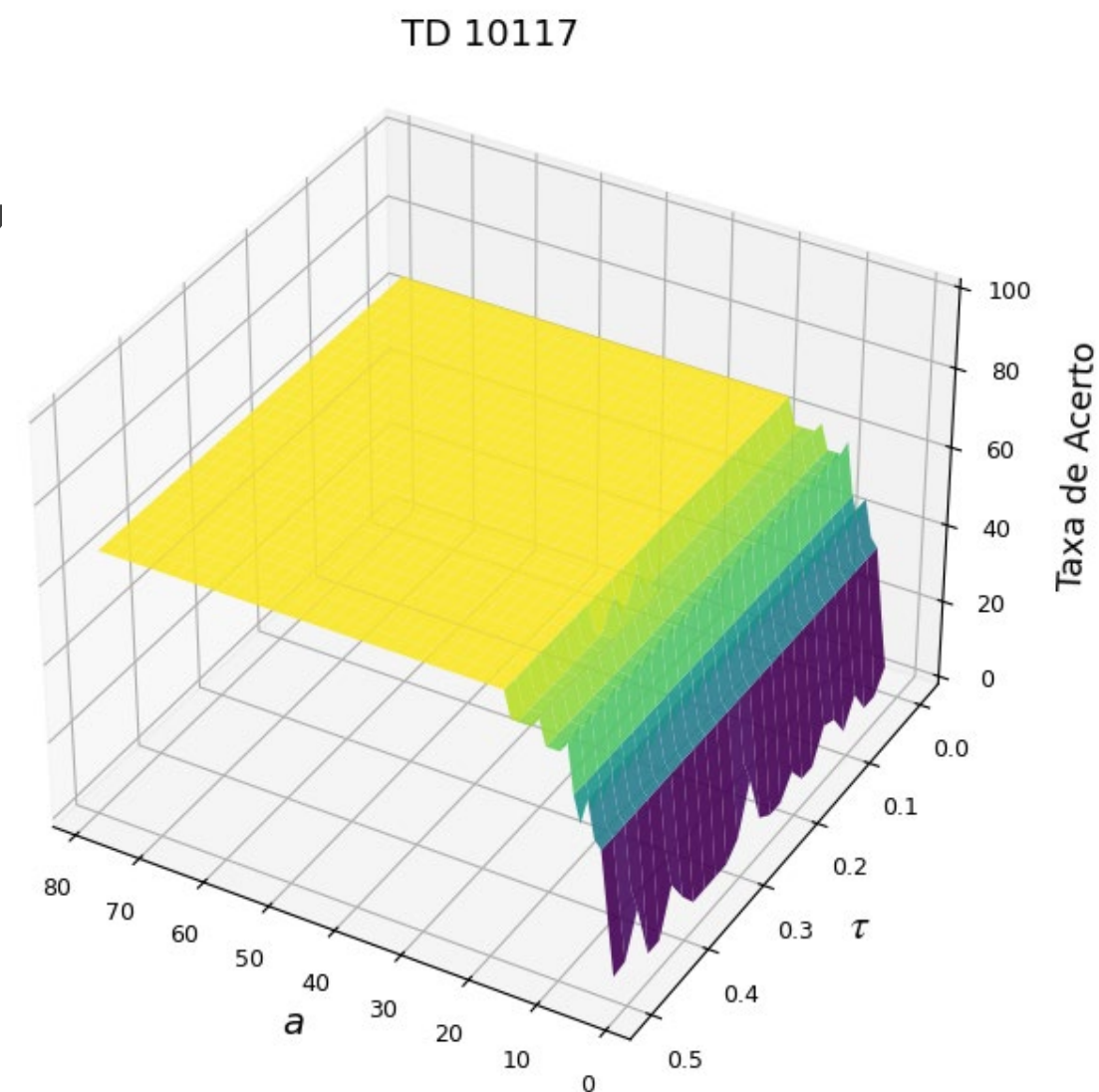
- Variação de  $a$  e  $\tau$



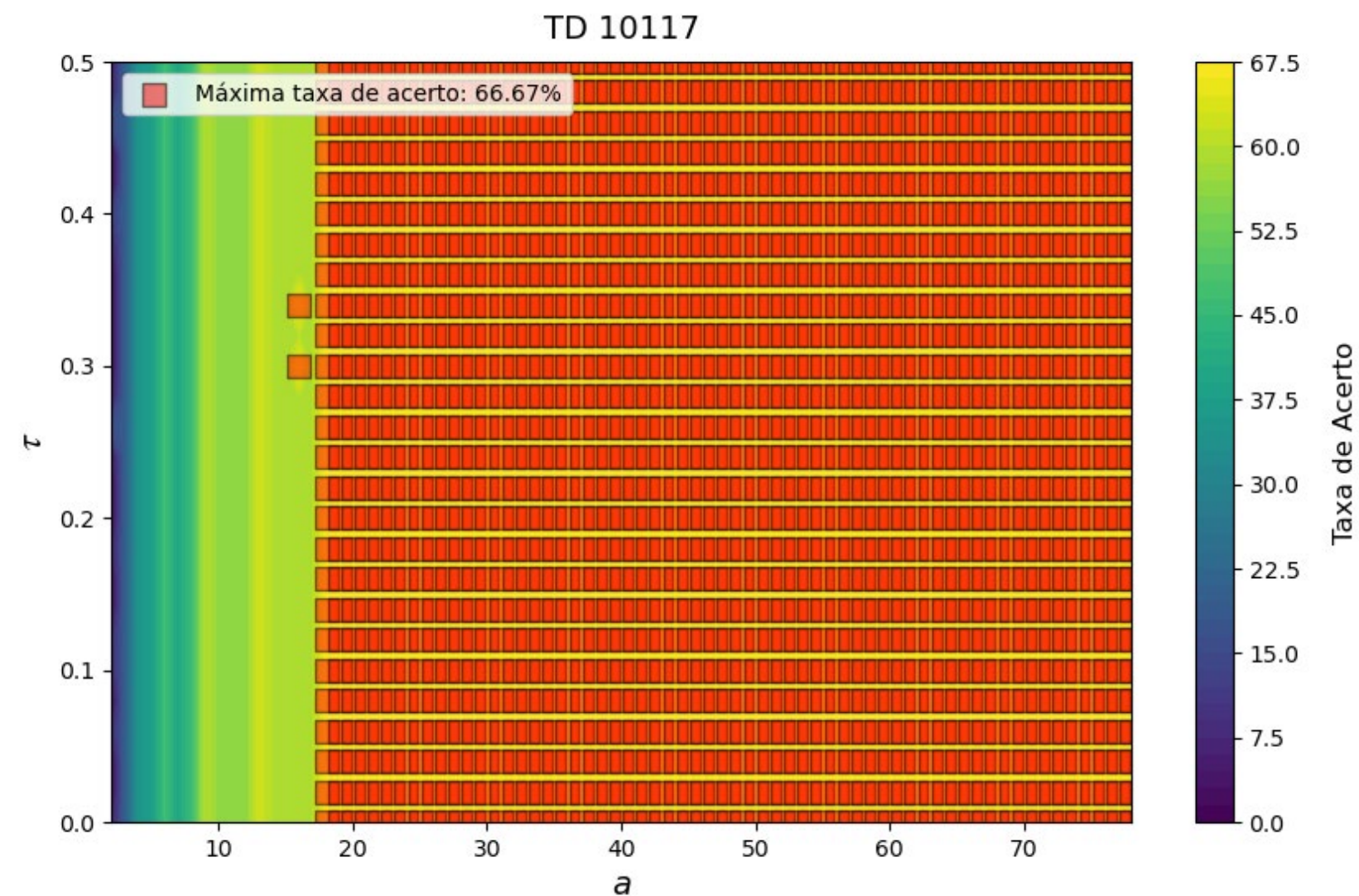
- Máxima taxa de acerto: 97,53%



# TD 10117



- Variação de  $a$  e  $\tau$



- Máxima taxa de acerto: 66,67%



# IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

- Faixa de escolha de Componentes Principais ( $\alpha$ ) e UCPTD ( $\tau$ ).

TD	Elementos de medição do problema	$\alpha$ ótimo (mín.)	$\alpha$ ótimo (máx.)
6138*	632	31	71
8032	459	18	100
8671	455	37	100
10117	78	18	78

TD	FD%	$\tau$ ótimo (mín.)	$\tau$ ótimo (máx.)
6138	0.438%	22% <sup>1</sup>	48%
8032	0.698%	8%	50% <sup>2</sup>
8671	0.435%	0%	46%
10117	0.319%	0%	50%



# IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

- Análise da melhoria do Banco de Dados

TD	Taxa de Acerto Banco de Dados	Taxa de Acerto Algoritmo	Taxa de Acerto Banco de Dados (desconsiderando fase)	Taxa de Acerto Algoritmo (desconsiderando fase)
6138	57.39%	100.00%	80.87%	100.00%
8032	52.86%	86.30%	90.00%	86.30%
8671	47.88%	97.53%	88.48%	97.53%
10117	18.75%	66.67%	31.25%	87.50%
Total	50.55%	94.71%	83.88%	95.56%





# CONCLUSÕES

- Aplicação da metodologia para correção da relação de conexão TD-UC apresentou resultados positivos;
- Assertividade superior a 94%;
- Algoritmo com possibilidade de fixar os parâmetros de entrada ( $\alpha$  e  $\tau$ );
- Correção prévia / contínua do banco de dados auxilia diversos processos e pode potencializar novos projetos AML.







**OBRIGADO!**