Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07217

# Influência da tensão superficial do esgoto na estabilidade hidrodinâmica e na medição de vazão em Calhas Parshall

**Bruno de Oliveira Lázaro**
João Marcelo Vedovotto, Jonathan Utzig
Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Regional de Blumenau

# Medição de vazão em sistemas sanitários



A medição de vazão é um procedimento operacional de extrema importância no saneamento e fundamental no funcionamento de Estações de Tratamento de Água e de Esgoto.

Figura 1 – Exemplos de processos influenciados diretamente pela medição de vazão em sistemas de saneamento básico.




Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# A Calha Parshall como medidor de vazão



A Calha Parshall é um dos equipamentos mais utilizados mundialmente para se estimar a vazão escoada em sistemas sanitários devido a sua simplicidade construtiva, robustez operacional e baixa perda de carga.

Figura 2 – Exemplos de aplicação de Calhas Parshall como medidoras de vazão.

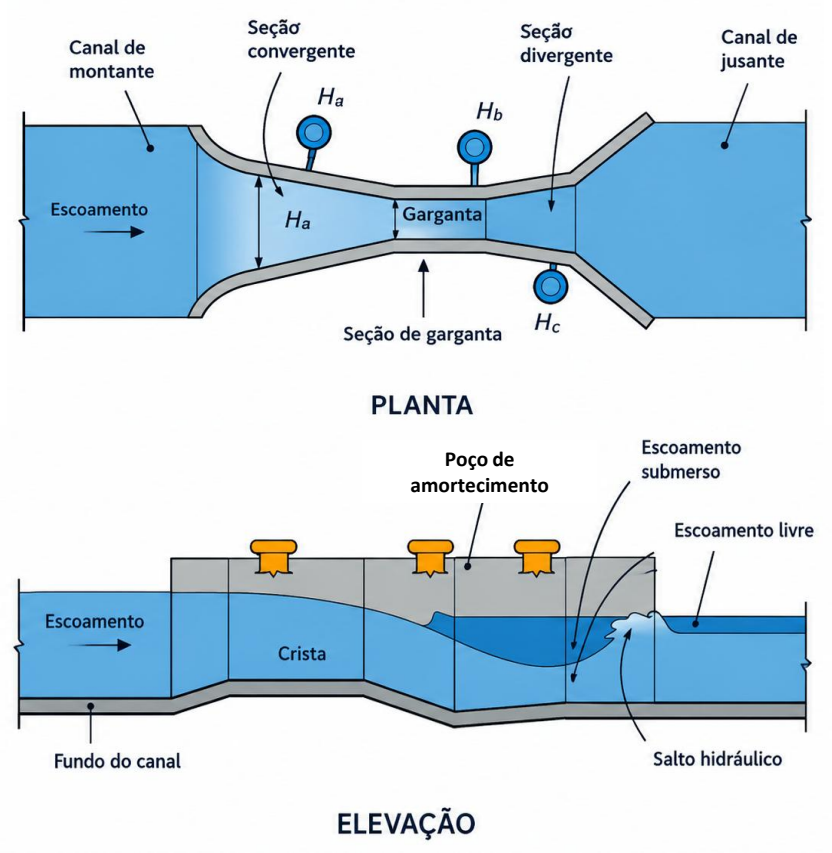



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# A Calha Parshall como medidor de vazão



Figura 3 – Planta e corte de uma Calha Parshall.




Fonte: Adaptado de HEYRANI (2022).

Quadro 1 – Modelos matemáticos de estimativa de vazão para a Calha Parshall.

| Condição de escoamento | Modelo matemático |
|---|---|
| Livre | $Q = C.{h_a}^n$ |
| Submerso | $Q_e = Q - Q_s$ <br> onde $Q_s = 0{,}07.\left\{\left[\frac{h_a}{\left(\left(\frac{1{,}8}{\sigma}\right)^{1{,}8} - 2{,}46\right).0{,}305}\right]^{(4{,}57-3{,}14\sigma)} + \sigma\right\}.b^{0{,}815}$ |
| Onde $Q$ é a vazão descarregada na condição livre (m³/s); $Q_e$ é a vazão efetiva descarregada na condição submersa (m³/s); $Q_s$ é a vazão retroativa devido à submergência (m³/s); $h_a$ é a altura da superfície livre no ponto de medição (m); $b$ é a largura da garganta da Calha Parshall (m); C e $n$ são coeficientes empíricos adimensionais. | |

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 9826/2008.

# A fluidodinâmica do esgoto sanitário



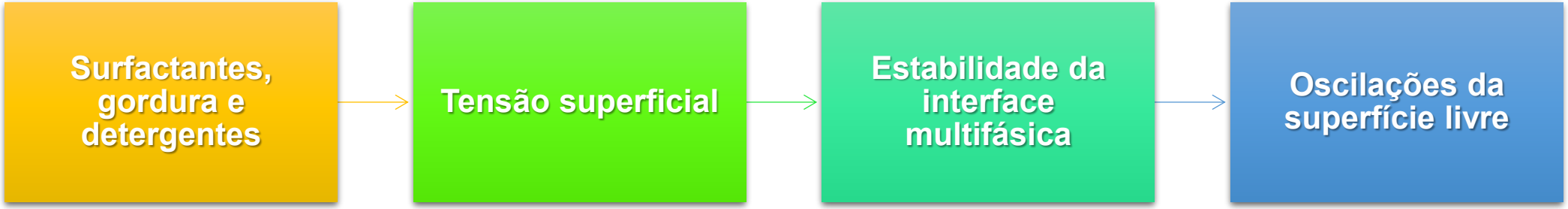
Figura 4 – Comparativo entre escoamento de água limpa e de esgoto sanitário em uma Calha Parshall.



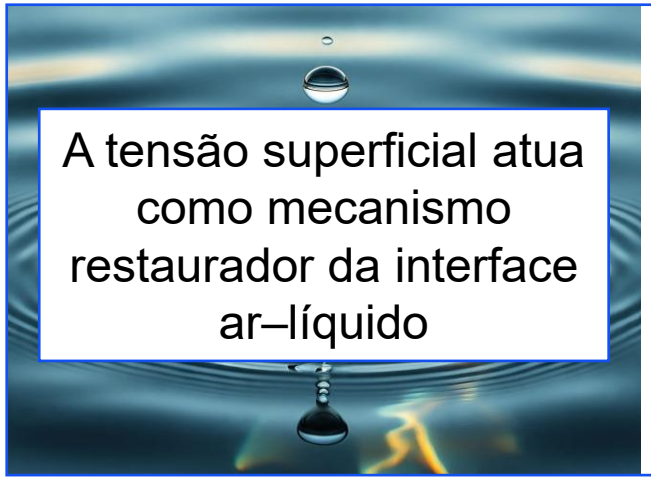

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# Tensão superficial e fluidodinâmica

Figura 5 – Relações entre tensão superficial a estabilidade fluidodinâmica de escoamento de esgoto.




Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

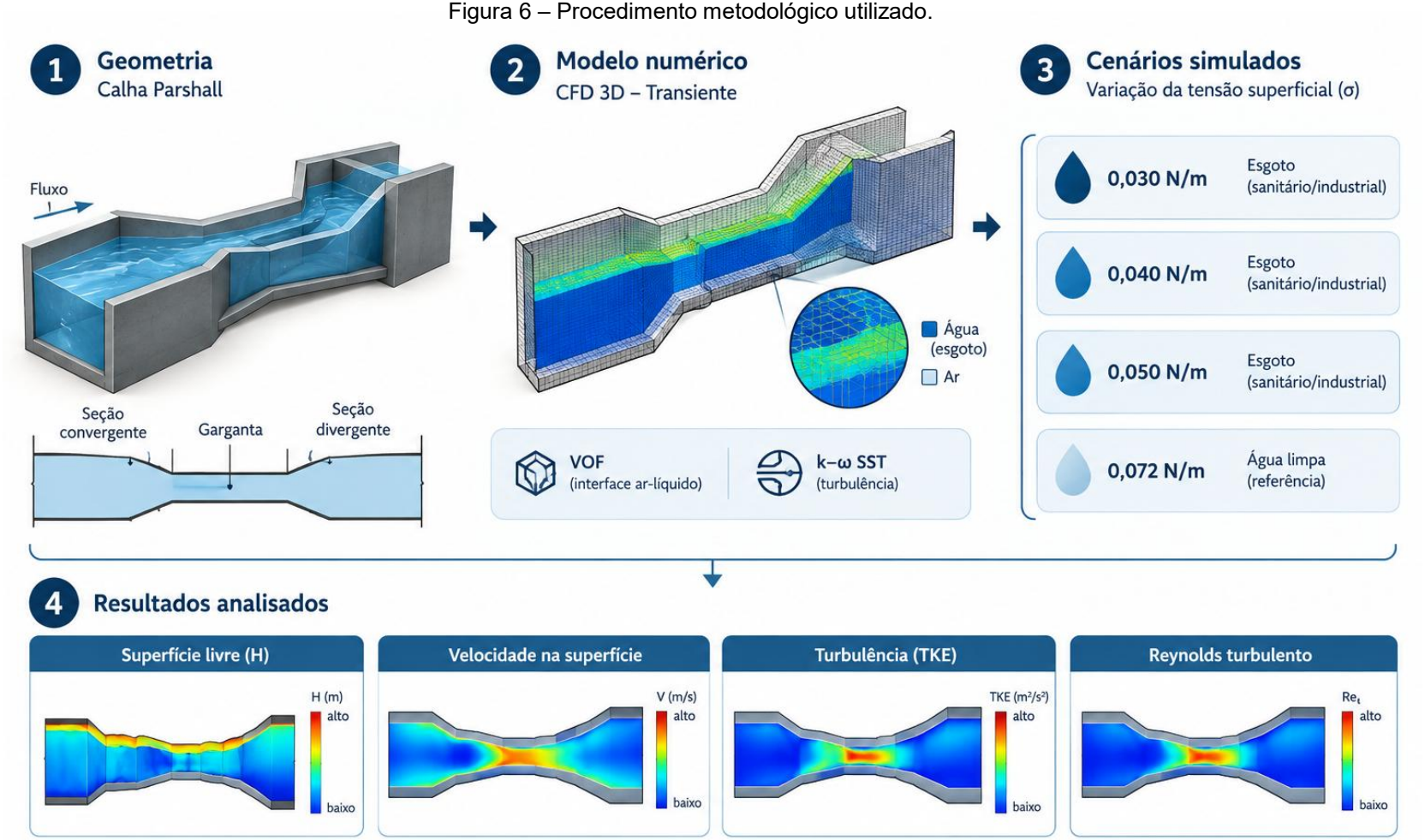



**Hipótese**: Menor tensão superficial → maior instabilidade da superfície livre.

**Objetivo**: Investigar a influência da tensão superficial na estabilidade hidrodinâmica e na medição de vazão em uma calha Parshall.

# Modelagem fluidodinâmica computacional

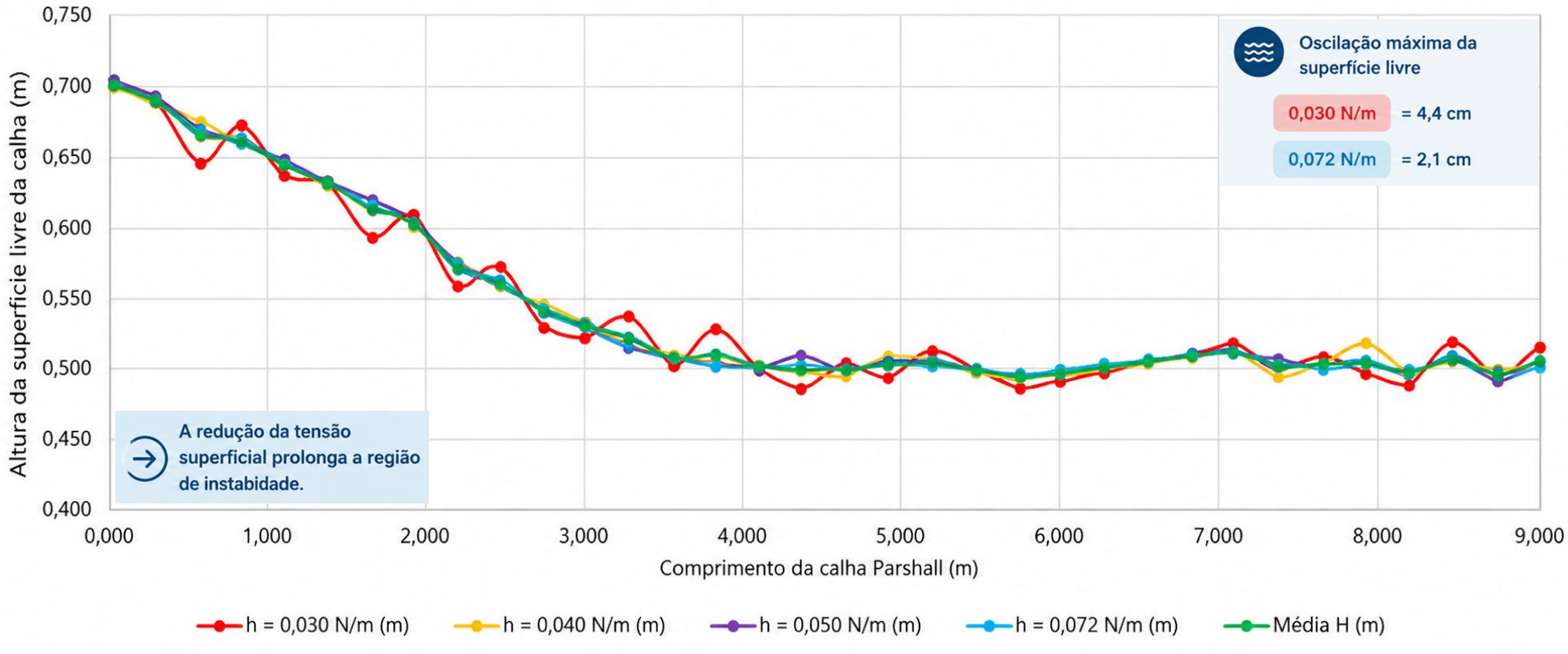
Figura 6 – Procedimento metodológico utilizado.

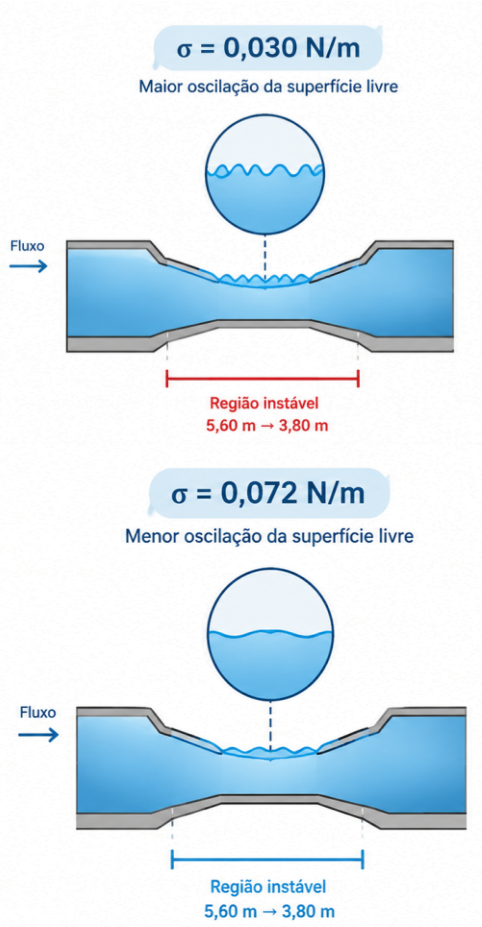



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# Dinâmica da superfície livre

Figura 7 – Variabilidade da superfície livre na Calha Parshall em função da tensão superficial.

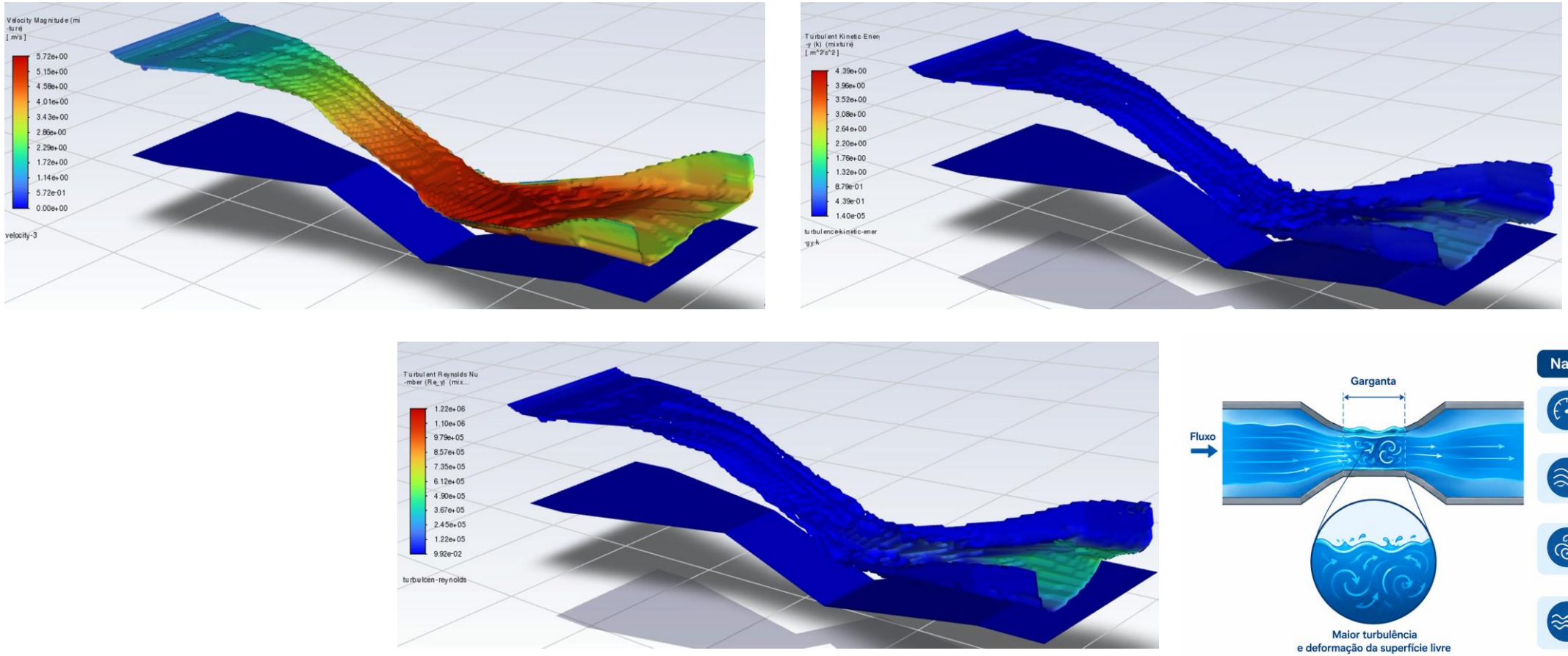



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# Simulações CFD

Figura 8 – Modelagens de velocidade, energia cinética turbulenta e número de Reynolds para a Calha Parshall..



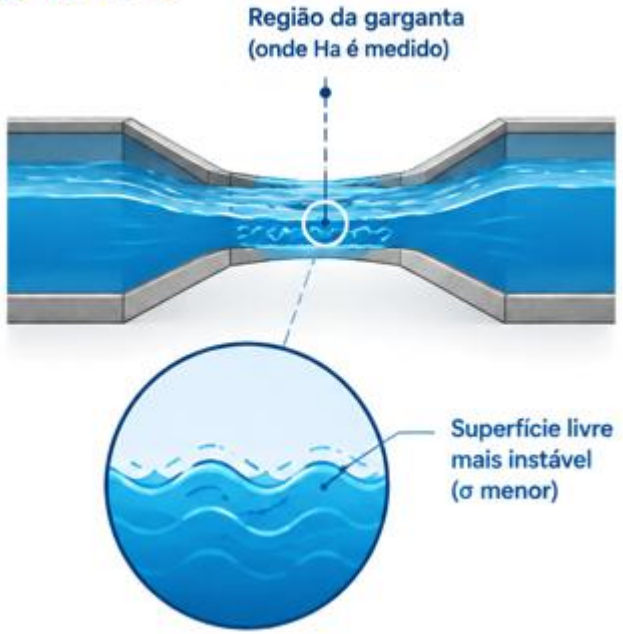

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

# Impactos na estimativa da vazão



## A instabilidade da superfície livre chega à medição

| Tensão superficial (σ) | Ha médio (m) | Vazão estimada (m³/s) |
|---|---|---|
| **0,030 N/m** | **0,535 m** | **0,652 m³/s** |
| 0,040 N/m | 0,528 m | 0,638 m³/s |
| 0,050 N/m | 0,523 m | 0,629 m³/s |
| 0,072 N/m | 0,520 m | 0,623 m³/s |




Menor tensão superficial (0,030 N/m) → Maior oscilação da superfície livre (≈ 4,4 cm)

**ΔQ = 4,6%**

Uma alteração da propriedade interfacial foi suficiente para modificar a vazão estimada pela formulação convencional.

# Considerações finais

**1. ESGOTO ≠ ÁGUA LIMPA**
As propriedades físico-químicas alteram a dinâmica da superfície livre.

**2. TENSÃO SUPERFICIAL IMPORTA**
Menores valores → maiores oscilações e maior extensão da instabilidade.

**3. TURBULÊNCIA + INTERFACE**
A interação entre esses mecanismos controla parte da resposta hidrodinâmica.

**4. IMPACTO METROLÓGICO**
A alteração da superfície livre pode modificar a vazão estimada.

# Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001. Agradecem também à Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em especial ao Laboratório de Mecânica dos Fluidos (MFLAB), o Laboratório de Hidráulica (LABHIDRO), o Grupo de Estudos em Hidráulica Aplicada (GEHA) pelo aporte de infraestrutura e recursos humanos. Por fim, agradecem ao Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE) pelo aporte na validação das simulações.

# Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp


## Bruno de Oliveira Lázaro
Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Civil - Laboratório de Hidráulica
bruno.lazaro@ufu.br
(34)99152-1990
@brunoolilazaro

### Coautores

**João Marcelo Vedovotto**
Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica
vedovotto@ufu.br

**Jonathan Utzig**
Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
jutzig@furb.br