

Relatório de Justificativa e Metodologia: Modelo de Desempenho de Coalescedores (H₂/O₂)

Análise da Perda de Carga e Pureza de Saída

November 29, 2025

1 Introdução ao Modelo

O presente código de modelagem tem como objetivo principal simular o desempenho dos coalescedores de H₂ e O₂ nas dimensões especificadas pelo dimensionamento anterior. O modelo foca em duas métricas críticas:

1. **Gasto de Energia:** Quantificado pela **Queda de Pressão** (ΔP) e pela **Potência Elétrica** gasta para superar essa perda.
2. **Pureza de Saída:** Quantificada pela massa e concentração de **Água Líquida Residual** (aerossóis) no fluxo de saída.

O modelo é executado nas condições de **Pior Cenário Operacional** para garantir que os resultados de ΔP e concentração residual sejam os mais conservadores (piores) possíveis.

2 Dados de Entrada e Premissas de Modelagem

2.1 1. Dados de Entrada Fixos (Resultados do Dimensionamento)

Estes valores são as **dimensões físicas do equipamento** necessárias para o cálculo do desempenho.

Table 1: Dados Físicos Fixos do Coalescedor

Parâmetro	Valor Utilizado e Justificativa
Número de Elementos (N _{Elem})	1 para H ₂ e 1 para O ₂ . (Determinado pelo dimensionamento anterior).
Diâmetro do Vaso (D _{Shell})	0.32 m. (Determinado pelo dimensionamento anterior).
Comprimento do Elemento (L _{Elem})	1.00 m. (Referência do elemento de Borossilicato).

continua...

Table 1: Dados Físicos Fixos do Coalescedor

Parâmetro	Valor Utilizado e Justificativa
Diâmetro do Elemento (D_{Elem})	0.20 m. (Referência do elemento de Borossilicato).

2.2 Parâmetros Empíricos e de Desempenho (Assumidos)

Estes valores são críticos para a modelagem e são baseados em dados de literatura ou calibrações de fabricantes.

Table 2: Parâmetros de Desempenho Assumidos

Parâmetro	Valor Utilizado e Justificativa
Eficiência de Remoção (η_{liq})	0.9999 (99.99%) . (Valor típico de coalescedores de alta eficiência (grau de filtração). É uma premissa de desempenho do filtro.)
Fator Empírico de Perda (K_{Perda})	0.5×10^6 . (Constante de proporcionalidade que engloba a resistência do meio filtrante e a porosidade, em um modelo simplificado de ΔP . É calibrado por dados de fornecedores.)
Concentração Líquida na Entrada ($C_{\text{liq}, \text{in}}$)	100 mg/m³ . (Presta conservadora de *carryover* máximo de aerossóis na entrada, utilizada para dimensionar a drenagem e calcular a pureza de saída.)

3 Cálculos e Equações do Modelo

3.1 1. Queda de Pressão (ΔP) e Gasto de Potência

A perda de carga é o resultado da fricção do gás ao passar pelas fibras do meio filtrante. O modelo utiliza uma simplificação da equação de Carman-Kozeny, onde ΔP é diretamente proporcional à viscosidade do gás (μ_g), à velocidade superficial e à resistência do filtro (K_{Perda}).

1. Cálculo da Velocidade Superficial (U_{sup}):

$$A_{\text{Shell}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{Shell}}^2$$

$$Q_{V, \text{m}^3/\text{s}} = \frac{Q_{\dot{m}, \text{kg/h}}}{3600 \cdot \rho_{\text{mix}}}$$

$$U_{\text{sup}} = \frac{Q_{V, \text{m}^3/\text{s}}}{A_{\text{Shell}}}$$

2. Cálculo da Queda de Pressão Limpa (ΔP_{limpa}):

$$\Delta P_{\text{limpa}}(\text{Pa}) \approx K_{\text{Perda}} \cdot \mu_g \cdot L_{\text{Elem}} \cdot U_{\text{sup}}$$

3. Cálculo da Potência Gasta (P_{gasta}):

$$P_{gasta}(\text{W}) = Q_{V,\text{m}^3/\text{s}} \cdot \Delta P_{\text{limpa}}(\text{Pa})$$

3.2 2. Pureza de Saída (Água Líquida Residual)

O modelo assume que a concentração líquida máxima na entrada é $C_{\text{liq,in}} = 100 \text{ mg/m}^3$ (névoa de aerossol). A pureza de saída é um resultado direto da aplicação da eficiência de remoção (η_{liq}) do elemento.

1. Cálculo da Vazão Mássica de Líquido na Entrada ($Q_{\dot{m},\text{liq,in}}$):

$$Q_{\dot{m},\text{liq,in}}(\text{kg/h}) = \frac{C_{\text{liq,in}} \cdot Q_{V,\text{m}^3/\text{h}}}{10^6}$$

2. Cálculo da Vazão Mássica de Líquido na Saída ($Q_{\dot{m},\text{liq,out}}$):

$$Q_{\dot{m},\text{liq,out}}(\text{kg/h}) = Q_{\dot{m},\text{liq,in}} \cdot (1 - \eta_{\text{liq}})$$

3. Concentração Líquida na Saída ($C_{\text{liq,out}}$):

$$C_{\text{liq,out}}(\text{mg/m}^3) = \frac{Q_{\dot{m},\text{liq,out}}(\text{kg/h}) \cdot 10^6}{Q_{V,\text{m}^3/\text{h}}}$$

4 Saída de Dados (Resultados da Modelagem)

O código fornece um relatório de saída que consolida o desempenho modelado para H₂ e O₂:

Table 3: Principais Dados de Saída do Modelo

Métrica de Saída	Interpretação de Engenharia
Queda de Pressão Limpa (ΔP_{limpa})	Gasto de energia mínimo para operação. Valor máximo esperado.
Potência Gasta (P_{gasta})	Requisito de potência da compressão para superar a perda de carga do filtro.
Velocidade Superficial (U_{sup})	Velocidade axial média do gás. Usada para verificar se a velocidade de design foi mantida.
Concentração Líquida na Saída ($C_{\text{liq,out}}$)	Concentração final de contaminante líquido no gás de alta pureza. (Ex: 1 mg/m ³ para uma eficiência de 99% sobre 100 mg/m ³).