

Relatório de Justificativa do Código: Dimensionamento Consolidado de Coalescedores (H₂/O₂)

Análise de Engenharia de Processos e Premissas de Segurança

November 29, 2025

1 Introdução

O presente código de dimensionamento foi desenvolvido para especificar o número de elementos (N_{Elem}) e as dimensões mínimas do vaso (D_{Shell}) para os coalescedores de H₂ e O₂ separadamente, utilizando o princípio do **Pior Cenário Operacional** para garantir a segurança e o desempenho. O dimensionamento final é regido pela maior demanda entre a **Capacidade de Vazão Volumétrica** e a **Capacidade de Drenagem de Líquido**.

2 Premissas e Origem dos Valores de Entrada

2.1 1. Dados Operacionais (Vazões e Condições Nominais)

Os valores nominais de vazão, pressão e temperatura foram extraídos diretamente do **Resumo da Simulação do KOD (Knock-Out Drum)** fornecido.

Table 1: Valores Nominais de Entrada e Origem

Parâmetro de Entrada	Valor Utilizado e Origem
Pressão Nominal (P_{Nominal})	39.70 bar. (Dado da Simulação KOD).
Temperatura Nominal (T_{Nominal})	4.00°C. (Dado da Simulação KOD – Ponto de Orvalho/Saída do Chiller).
Vazão Mássica de H ₂ (Q_{m,H_2})	80.46 kg/h (0.02235 kg/s × 3600). (Dado da Simulação KOD).
Vazão Mássica de O ₂ (Q_{m,O_2})	707.29 kg/h (0.19647 kg/s × 3600). (Dado da Simulação KOD).

2.2 2. Justificativa da Variação de $\pm 10\%$ (Pior Cenário)

O dimensionamento funcional é impulsionado pela condição que maximiza a vazão volumétrica (Q_V), que é o **Pior Cenário** ($P_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$).

- **Cálculo da Variação (10%):** O percentual de **10%** é um valor de engenharia conservador, mas razoável, para modelar falhas de controle de pressão, flutuações de vazão ou desvios de setpoint do chiller.
- **Cálculo da $T_{\text{máx}}$ (Correção em Kelvin):** A variação percentual na temperatura é aplicada à escala absoluta (Kelvin), garantindo a correção física:

$$T_{\text{máx}}(\text{K}) = T_{\text{Nominal}}(\text{K}) \times (1 + 0.10)$$

$$T_{\text{máx}} = 4.00^{\circ}\text{C} + 10\% \approx 31.72^{\circ}\text{C}$$

2.3 3. Critério de Concentração Líquida (100 mg/m³)

Este valor é uma **Premissa de Design Conservadora** (Design Assumption).

- **Por que 100 mg/m³?:** Embora a simulação mostre zero líquido (Vapor Superaquecido), na prática, flutuações ou desvios do KOD podem levar a um *carryover* de aerossóis. 100 mg/m³ é um valor de engenharia frequentemente utilizado na literatura para representar a carga líquida residual **máxima esperada** (névoa) em condições operacionais de sistemas com bom pré-tratamento (após KOD), mas ainda garantindo um dimensionamento seguro do sistema de drenagem.
- **Finalidade:** Este valor não dimensiona a eficiência (η , que é fixada em 99.99%), mas sim a **Capacidade de Drenagem Líquida** do coalescedor. O número de elementos deve ser suficiente para garantir que todo o líquido seja drenado antes do re-arraste.

3 Cálculos e Metodologia de Dimensionamento

O dimensionamento segue dois caminhos paralelos, sendo o maior resultado de N_{Elem} o decisivo:

3.1 1. Cálculo da Vazão Volumétrica Máxima ($Q_{V,\text{Total}}$)

A densidade da mistura (ρ_{mix}) é calculada usando a **Pressão Mínima** e a **Temperatura Máxima** (Pior Cenário), aplicando a Lei dos Gases para misturas:

1. **Cálculo de ρ_{mix} :** O Peso Molecular Médio (M_{avg}) é determinado pelo gás principal (M_{H_2} ou M_{O_2}) e pela fração molar do vapor d'água (calculada a partir de P_{sat}).

$$M_{\text{avg}} = (y_{\text{gás}} \cdot M_{\text{gás}}) + (y_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{P_{\text{mín}} \cdot M_{\text{avg}}}{R \cdot T_{\text{máx}}(\text{K})}$$

2. **Vazão Volumétrica:** A vazão é convertida para a condição de Pior Cenário, que é usada no cálculo de N_{Elem} .

$$Q_{V,\text{Total}} = \frac{Q_{\dot{m},\text{Máx}}}{\rho_{\text{mix}}}$$

3.2 2. Determinação do Número de Elementos (N_{Elem})

O número final de elementos é dado pelo valor máximo necessário entre a capacidade de vazão e a capacidade de drenagem.

Table 2: Critérios de N_{Elem}

Critério	Fórmula Utilizada
Vazão Volumétrica ($N_{\text{Elem,Vazão}}$)	Garante que a velocidade superficial seja mantida abaixo do limite do fabricante. Inclui fator de segurança (1.25).
$N_{\text{Elem,Vazão}} = \left\lceil \frac{Q_{V,\text{Total}}}{Q_{\text{Específica}}} \times 1.25 \right\rceil$	
Capacidade de Drenagem ($N_{\text{Elem,Drenagem}}$)	Garante que a vazão mássica de líquido ($Q_{m,\text{liq, máx}}$) seja drenada sem re-arraste.
$N_{\text{Elem,Drenagem}} = \left\lceil \frac{Q_{m,\text{liq, máx}}}{\text{CAP}_{\text{DRENAGEM,kg/h}}} \right\rceil$	Onde $Q_{m,\text{liq, máx}} = \frac{C_{\text{liq, design}} \cdot Q_{V,\text{Total}}}{10^6}$

3.3 3. Dimensionamento Estrutural

A **Pressão de Projeto** do vaso é calculada utilizando a Pressão Máxima de Operação ($P_{\text{máx}}$) no código ($P_{\text{máx}} = 43.67 \text{ bar}$) com uma margem estrutural de 10%.

$$P_{\text{Design}} = P_{\text{máx, op}} \times 1.10$$