

Devido à natureza modular dos sistemas de eletrólise contemporâneos, adotou-se uma abordagem híbrida para o cálculo do Fixed Capital Investment (FCI). Para os componentes pri-

<b>Opex operacional</b>	<a href="https://gemini.google.com/share/66092254d2e7">https://gemini.google.com/share/66092254d2e7</a>			
Item	Variáveis	Método de cálculo	Fórmula	Valores estabelecidos
<b>Salários (embutido no COM)</b>	1. Número de funcionários; 2. Número de passos de processamento que envolvem sólidos particulados (P); 3. Número de passos de processamento não particulados (Nnp)	Turton	Número de funcionários $N = (6,29 + 31,7 * P^2 + 0,23 Nnp)^{0,5}$	P = 0, Nnp = 75
	Operação 24/7 - 3 turnos por dia			
<b>Energia</b>	1 Produção anual de hidrogênio (kg); 2. Poder calorífico superior do H2 (HHVH2); 3 Eficiência global da planta (incluindo BOP - Balance of Plant); 4 Preço da eletricidade (Euro/kWh).	Turton	$C = (m H2 * HHVH2 / \text{Eficiência}) * \text{Preço da eletricidade}$	massa de H2 = ? HHVH2 = 39,4 kWh/kg Eficiência = ? Preço da eletr. = 0,25 €/kWh
<b>Água</b>	A estequiometria diz que são 9 kg de água para 1 kg de H2.	Turton	$C = m H2 * \text{consumo esperado} * \text{preço da água}$	Massa de H2 = ? Consumo esperado = ? Preço da água = 1,97 €/m³
<b>Contrato de manutenção fixa (embutido no COM)</b>				
<b>Quadro de funcionários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Salário (euro/hora)</b>	<b>Horas trabalhadas</b>	<b>Custo total com salários</b>

ncipais com cotação de mercado, utilizou-se um fator de instalação (Bare Module Factor) conservador de 1,4, visando cobrir as atividades de integração de sistema, fundaç

				Col (euro/ano)
Número de funcionários por turno = 4,85	Número total de funcionários = $4,85 * 4,8 = 24$ funcionários	8.760 horas de trabalho/ano 5 funcionários por turno = 43800 horas	Salário minino Holanda = 15 euros/hora	657000
<a href="https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics">https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics</a>		43800		
<a href="https://www.vewin.nl/wp-content/uploads/2025/09/25274-VEW-Kerngegevens-drinkwater-2025-A6-EN-web.pdf">https://www.vewin.nl/wp-content/uploads/2025/09/25274-VEW-Kerngegevens-drinkwater-2025-A6-EN-web.pdf</a>				

ões civis e conexões elétricas locais na Holanda, as quais tipicamente não constam nos pacotes de fornecimento standard de equipamentos (Turton et al., 2018; International F

		<b>Opex de substituição programada</b>	Periodicidade de troca	Valor (€)
		<b>Catalisador</b>	3 anos	6.000
		<b>Adsorvente</b>	5 anos	3.500
		<b>Stack</b>	8 anos (?)	

Renewable Energy Agency - IRENA, 2020)

Técnico em instrumentação e elétrica	3	25	6240	156000
Técnico de laboratório/controle de qualidade	2	25	4160	104000
Técnico de Segurança do trabalho	1	28	2080	58240
Supervisor da planta	5	40	10400	416000
Gerente da planta	1	70	2080	145600
Engenheiro de processo	2	50	4160	208000
Operadores da planta	24	15	43800	657000
Total	38			1744840

$$C_{OM} = 0.18 \cdot FCI + 2.73 \cdot C_{OL} + 1.23 \cdot (C_{UT} + C_{WT} + C_{RM})$$

FCI	Manutenção e reparos	7%	Manutenção do ATR, SOEC e stacks PEM
	Taxas locais e seguros	3%	
	Apreciação e overheads	8%	

A fórmula para o Custo de Capital Fixo (FCI) é dada por $(FCI = \sum_{i=1}^n C_{BM,i} + C_{conting\acute{e}ncia} + C_{taxas})$ . A regra de Turton sugere adicionar 15% a 18% sobre a soma dos custos de materiais básicos (CBM) para cobrir imprevistos e taxas de licenciamento/engenharia.				
Col = 1744840 euro/ano				





	COL	Mao de obra operacional (Operating Labor)	Supervisão e suporte Encargos sociais	Operadores e engenheiros integradores
			Laboratório e Controle de qualidade	
Simulação	CUT	Utilities	Logistica e armazenamento de insumos, Administração de compras	Eletricidade da rede (grid connection)
	CRM	Raw materials		Gás natural ATR e água eletrólise

O fator 2,73 absorve a estrutura de benefícios sociais robusta do modelo neerlandês		
<i>fator de Turton engloba o Social Security e Pension que, na Holanda, são componentes robustos do custo do empregador</i>		
1,0 o próprio salário do operador 0,18 supervisão 0,15 controle de qualidade/laboratório 0,71 Plant overhead 0,70 General Expenses Markup		
Usar 10 a 15% do FCI		
ADM - 20% do COL		



