

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PLANTA DE ALQUIL-SALICILALDOXIMA

João Botelho Marinho da Cunha

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UFRJ

Roberto Ottoni Portela Couto

Orientador, Químico Industrial, M. Sc.

Wilson Milfont Jr.

Co-Orientador, Químico Industrial

Peter Rudolf Seidl

Co-Orientador, Químico Industrial, PhD

RESUMO

Este trabalho refere-se ao estudo de viabilidade econômica de uma planta industrial hipotética, visando aferir a rentabilidade de produção de oximas a partir do líquido da casca da castanha do cajú.

1. INTRODUÇÃO

Dando continuidade ao desenvolvimento de processos para obtenção de extratantes orgânicos (oximas) para recuperação de metais, foi solicitado uma patente ao INPI para fins de proteção do invento e exploração comercial

2. OBJETIVO

Com a finalidade de abordar o meio produtivo para fins de licenciamento da tecnologia desenvolvida, realizou-se um estudo de viabilidade para evidenciar a atratividade do negócio.

3. CAPACIDADE DA PLANTA DE OXIMA

-Base de Cálculo: A planta de oxima de CAHI terá a mesma produção molar que a de oxima de cardanol.

-Capacidade da Planta convencional de oximas:

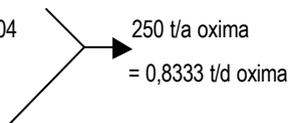
-PM do CAHI = PM do cardanol + 4 = 300 + 4 = 304

-PM da oxima de CAHI = 343 + 4 = 347

-Capacidade da planta de oximas de CAHI (entrada de 2 H₂ /mol):

-Fator = $\left(\frac{\text{PM oxima de CAHI}}{\text{PM oxima}} \right) = \left(\frac{343 + 4}{343} \right) \left[= \frac{347}{343} \right] = 1,0117$

-Capacidade da planta : (250) (1,0117) = 252,93 t/ano oxima de CAHI



-Anual \rightarrow 253 t/a (capacidade nominal arredondada)

-Diária (300 d operação/ano) = $\frac{(250) (1.0117)}{300} = 0,8431$ t/ d oxima de CAHI

4. BASES GERAIS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Data de Referência de Valores : abril de 2000

4.1. BASES PARA INVESTIMENTO

Preços dos bens e serviços estimados na Condição americana (Costa do Golfo: "U.S. Gulf Coast").

Assume-se que a planta poderá ser fabricada e montada no Brasil, com uma gestão eficiente, ao mesmo custo equivalente em US\$.

Corresponde a uma condição internacional que permite o confronto com outros investimentos no exterior.

Admite-se que a planta foi instalada no Brasil a um custo total idêntico ao de lá (embora a distribuição das parcelas possa não ser igual).

4.2. BASE PARA CUSTOS OPERACIONAIS, RECEITAS E AVALIAÇÃO DA ATRATIVIDADE

Preços vigentes no Brasil, convertidos para U.S.\$ equivalente pela taxa do dólar comercial.

Obs: Na utilização do custo de equipamentos inalterados da planta de aldoxima (janeiro de 1999) na atual estimativa, manteve-se o valor sem correção para a inflação do período. Esta variação foi pequena e pode ser desprezada face à margem de erro mais ampla da estimativa ($\bullet \leftarrow$ 25%).

5. RELAÇÃO DESCRITIVA E CUSTO DOS EQUIPAMENTOS

Data de referência: abril 2000 M&S Equip. Cost Index (estimado): 1070

Tabela 1- Relação descritiva e custo dos equipamentos

Código Do Item	DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO	Capacidade	Custo (10 ³ U\$)
B-01	Balança de Matérias Primas	Balança de Plataforma, tipo Toledo, p/ cargas até 2,0 t	Carga 2,0t	13
B-02	Balança de Produto	Semelhante a B-01, p/ cargas até 1,0t	Carga 1,0t	6
F-01	Filtro-Prensa	Filtro de placas, em aço carbono	Vazão 1m ³ /h	6
P-01	Bomba de LCC	Bomba centrífuga; aço carbono; 10 HP	-	4
P-02	Bomba de Aliment. de U-01	Bomba centrífuga; aço carbono; 10 HP	-	4
P-03	Bomba de Cardanol	Bomba centrífuga; aço inox 304; 10 HP	-	6
P-04	Bomba de Descarga de Resíduo	Bomba centrífuga; aço carbono; 10 HP	-	4

P-05	Bomba de Descarga de R-01	Bomba centrífuga; aço inox 304; 5 HP	-	6
P-06	Bomba de Descarga de V-03	Bomba de Pistão; aço inox 304; 5 HP	-	8
P-07	Bomba de CAHI	Bomba centrífuga; aço inox 304; 5 HP	-	6
P-08	Bomba de Soda	Bomba centrífuga; aço inox 304; 3 HP	-	4
P-10	Bomba de Descarga De V-05	Bomba centrífuga; aço inox 304; 5 HP	-	6
P-11	Bomba de Oxima	Bomba centrífuga; aço inox 304; 5 HP	-	6
P-12	Bomba de Água de Serviço	Bomba centrífuga; aço carbono; 10 HP	-	4
P-13	Bomba de Resíduo	Bomba centrífuga; aço inox 304; 5 HP	-	6
R-01	Reator de Hidrogenação	Autoclave vertical, tampos esféricos, com camisa para aquecimento; agitações inox 304 com revestimento interno inox 316. Suporta até 15 atm de pressão	2,0m ³	70
R-02	Reator de Carbonilação	Autoclave vertical ,com agitação, tampos hemisféricos c/ camisa para aquecimento ou resfriamento; condensador de topo e tanque para adição de reagentes. Inox304	4,7m ³	65
R-03	Reator de Oximação	Autoclave vertical ,com agitação, tampos hemisféricos com camisa para aquecimento ou resfriamento; condensador de topo e tanque para adição de reagentes. Inox304 (igual a R-02, porém com volume menor)	3,0m ³	50
S-01	Sistema de Alimentação de H ₂	Conjunto de válvulas e reguladores de pressão para alimentação de H ₂ ao reator de hidrogenação	-	6
SUBTOTAL I				286

5.1. RELAÇÃO DESCRITIVA E CUSTO DOS EQUIPAMENTOS (CONTINUAÇÃO)

Data de referência: abril 2000 M&S Equip. Cost Index (estimado): 1070

Tabela 2 - Relação descritiva e custo dos equipamentos (continuação)

Código Do Item	DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO	Capacidade	Custo (10 ³ U\$)
T-01	Tanque de Estocagem de LCC	Tanque API, aço carbono (1 mês produção)	60m ³	36
T-02	Tanque de Estoc. Intermediária de LCC	Tanque API, aço carbono (1 dia de produção com 20% volume adicional para segurança)	3,6m ³	6
T-03	Tanque de Estoc. Intermediária de Cardanol	Tanque API, aço carbono (1,3 dias de produção com 20% volume adicional para segurança)	2,5m ³	5

T-04	Tanque de Resíduo Fenólico	Tanque API, aço carbono (6 dias de produção com 20% volume adicional para segurança)	7,8m ³	12
T-05	Tanque de Cardanol Hidrogenado (CAHI)	Tanque cilíndrico, fundo cônico, com tampa, em inox 304	2,0m ³	8
T-06	Tanque de Preparação e Estocagem de Soda	Tanque cilíndrico, fundo cônico, com tampa, em inox 304, com alimentador e agitador	3,0m ³	30
T-07	Tanque de Estocagem de Oxima	Tanque API, aço inox 304 (3 dias de produção com 20% volume adicional para segurança)	3,0m ³	11
U-01	Umidade de Destilação/ Descarboxilação	Destilador tipo "falling film", completo com vasos de alimentação e coleta frações; bomba de vácuo e agitador; umidade cativa de aquecimento por sistema Downtherm	700t LCC/a (2,3t/d)	120
V-01	Tambor de Vapor	Vaso de Estocagem Intermediária de vapor de água saturado à pressão de 10-15kjf/cm ² . Aço carbono	3,0m ³	12
V-02	Vaso de Mistura de Catalisador	Vaso cilíndrico vertical, fundo cônico, com tampa, camisa e agitador. Inox 304	1,5m ³	21
V-03	Vaso de Descarga de R-01	Vaso cilíndrico vertical, fundo cônico, com tampa, camisa e agitador. Inox 304	2,5m ³	29
V-04	Vaso de Descarga de R-02	Vaso cilíndrico vertical, fundo cônico, com tampa, camisa e agitador. Inox 304	5,0m ³	42
V-05	Vaso de Descarga de R-03	Vaso cilíndrico vertical, fundo cônico, com tampa, camisa e agitador. Inox 304, porém com capacidade menor que os outros	3,5m ³	32
SUBTOTAL II				364
TOTAL EQUIPAMENTOS (subtotal I + II)				650

6. ESTIMATIVA POR FATORAÇÃO – MÉTODO DE CHILTON (ADAPTADO)

Dados: Planta de oxima de CAHI

C = 253 t/ano (0,8431 t/d / 300 d op/ano)

Custo dos Equipamentos Principais: US\$ 650 X 10³

(Data de Referência: 2nd Quarter'00 – M&S Equipment Cost Index: 1070)

Tabela 3: Estimativa por fatoração

Discriminação	Critério Adotado	Fator (% s/ item 2)	Valor (10 ³ US\$)
1.Equipamentos			650
		Montagem 20%	130
2.Equip. Instalados	Fator: 1,15 s/ item 1		780

3. Tubulação de Processo	Fluido	0,45	250
4. Instrumentação	Extensiva	0,12	66
5. Prédios e Estruturas	Area coberta (galpão)	0,80	440
6. Instalações Auxiliares	Existentes, c/ algumas adições	0,10	55
7. Tubulação Ext.	Não	0	-
8. SUB- TOTAL (soma dos itens 2-7)		2,47	1.591
9. Engenharia e Montagem (Eng.:12% do total)	Complexidade pequena/ média	0,35	477
10. Fator de Escala	Planta pequena	0,05	66
11. Licença de Tecnologia	5% s/ faturamento da planta em um ano típico	-	250
12. Contingências	Projeto sujeito a pequenas mudanças	0,15	204
13. INVESTIMENTO FIXO (soma dos itens de 8 a 11)			2384 ↗ 2400

7. ESTIMATIVA POR FATORAÇÃO – MÉTODO DE LANG

Tipo de Processo: Sólido/ Fluido (predominantemente fluido)

Fator adotado: $f = 3,63$

Investimento Fixo: $I = \text{US}\$(650)(10^3)(3,63) = \text{US}\$2360 \times 10^3 \leftarrow \text{US}\$2.400.000$

8. FORMAÇÃO DOS CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS

Unidade Produtora de Alquil salicilaldoxima

253/a / 0,8431 t/d, 300 d operações anuais

Taxa cambial (Dólar comercial): R\$1,82/ US\$1.00

Produção à Plena Carga – Valores de Abril 2000 (330d/a (25d/mês)

Tabela 4 - Formação dos custos operacionais

Discriminação	Unidade	Consumo Unitário (Unid./t oxima)	Preço Unit. (US\$/Unid.)	Custo Anual		Custo Unit. (US\$/t oxima)
				US\$ 1,000	(%)	
Custos Variáveis						
Matérias Primas						
Hidrogênio	m ³ @21→ C	225	1,51	85,96	2,44	340
LCC	t	2,788	0,40 x	282,15	7,99	1115

			10 ³			
Clorofórmio	10 ³ L	0,3702	7,39 x 10 ³	692,16	19,61	2736
Hidróxido de Sódio (escamas 98%)	t	0,5576	0,773 x 10 ³	109,05	3,09	431
Cloridrato de Hidroxilamina	t	0,2280	40,3 x 10 ³	2324,97	65,85	9190
Catalisador						
Níquel de Raney	Kg	16,8	25	106,26	30,11	420
Produtos Auxil.						
Bentonita Nacional (aux. De filtração)	Kg	14,1	0,45	1,61	0,045	6
Utilidades						
Água Clarificada	m ³	6,0	0,72	1,09	0,03	4
Vapor	t	2,8	33,6	23,80	0,6	94
Energia Elétrica	KWh	156	0,160	6,31	0,17	24
Ar Comprimido	Nm ³	48	0,060	0,73	0,020	3
Embalagens						
Tambores rev.200L	un.	5,0	18,00	22,77	0,64	90
Subproduto (crédito)						
Resíduo Fenólico	T	(1,255)	0,40 x 10 ³	(127,00)	3,6	(502)
SUB-TOTAL I				3.529	81,33	13.952
Discriminação				Custo Anual	Custo Unitário (US\$ / t oxima)	
				(US\$1,000)	(%)	
<u>Custos Fixos</u>						
<u>Mão de Obra</u>						
Operação				432,03	75,00	1.708
Manutenção	23 empregados					
Administração						
<u>Materiais de Manutenção e Suprimentos de Operação</u> (4,5 % s/ I. Fixo)				108,00	18,75	427
<u>Seguros</u> (15% s/ I.Fixo) ; (0,015)(1510)10 ³ \$				36,00	6,25	142
SUB-TOTAL II				576,03	13,27	2.277
Discriminação				Custo Anual	Custo Unitário (US\$ / t oxima)	
				(US\$1,000)	(%)	
<u>Despesas Gerais Administrativas:</u> 20% s/ mão de obra (arredondado)				86,41	36,81	342

Impostos: (* ICMS s/ produto*) (0,12)(250) t/a (20) x 10 ³ \$/t = 600 x 10 ³ \$/t - Menos ICMS (***) s/ insumos(t) x (0,15)(3.330,3\$)x(433 x 10 ³ \$)	148,32	63,19	586
SUB – TOTAL III	234,73	5,40	928
TOTAL = SUB-TOTAL I + SUB-TOTAL II + SUB-TOTAL III	4.340,62		17.157

(*) ICMS sobre produto:

Alíquotas praticadas – 17% interno ao estado e 12% vendas para fora do estado

Obs: -considerou-se a planta situada na região NE

-tomou-se 12% como médio das vendas (todas as vendas para fora do estado)

-desprezou-se, para efeito de cálculo, a exportação

(**) Preço adotado para produto : 20,00 US\$ / Kg ex- fabricante, com ICMS incluso

(***) ICMS sem insumos : assumiu-se média de 13%

10. RESULTADOS OPERACIONAIS

Preço do Extratante: Valor adotado por RPC: US\$20/kg (ICMS incluso) 19/01/99

Tabela 5: Resultados Operacionais

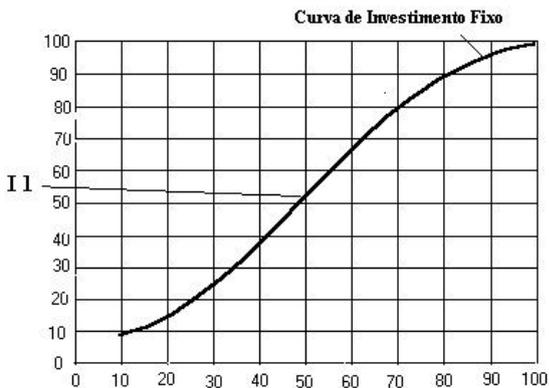
Discriminação	Valor (10 ³ Us\$/ ano) - 1 → ao 10 → Ano
1. Receita Bruta: (253)t oxima (20 x 10 ³)\$/t	5.060,0
Total	
<i>Menos</i>	
2. Custos Operacionais	4.340,60
3. Depreciação (10% sobre Invest. Fixo exclusive Terreno e Preparação)	240
4. Lucro Bruto (1-2-3) ("lucro real")	479,4
5. Imposto de Renda (15% s/ lucro real)	71,9
6. Contribuição Social (8% s/ lucro bruto)	38,3
7. Lucro Líquido (4-5-6)	369,2
8. Saldo Líquido de Caixa (3+7)	609,2
9. SLC semestral - (8) • 2	304,6

11. AVALIAÇÃO DE ATRATIVIDADE

11.1. TEMPO DE RETORNO SIMPLES (SEM DESCONTO DE FLUXOS DE CAIXA)

(Investimento Fixo + Capital de Giro) • Saldo Líquido de Caixa Operacional Semestral

$$=(400 + 434) \div 304,6 = 9,3 \text{ semestres} = 4,65 \text{ anos}$$



11.2. TAXA DE RETORNO SIMPLES (SEM DESCONTO DE FLUXOS DE CAIXA)

SLC \rightarrow (Investimento Fixo + Capital de Giro) = 304,6 \rightarrow (2400 + 434) = 0,215 = 21,5 % aa

11.3. CÁLCULO DA TAXA INTERNA DE RETORNO

11.3.1. MONTAGEM DO FLUXO DE CAIXA DE INVESTIMENTOS

Cronograma de Desembolsos de Implantação (à partir de curva típica de desembolsos apresentada abaixo).

Período de Implantação : 2 semestres

Tabela 6 - Desembolsos na Implantação

Semestre	Desembolsos:		Valor Desembolsado (10 ³ US\$)	
	Acumulado	No período		
1	51,5	51,5	I ₁ = 1236	
2	100,0	48,5	I ₂ = 1164	
Sub-total IF				2400
2 (final) (C.Giro)*			CG. 434	434
Total				2834

PORCENTAGEM DO PRAZO DE IMPLANTAÇÃO

Figura 1: Curva Típica de Desembolsos de Implantação

11.3.2. DIAGRAMA DE FLUXOS

As bases e critérios adotados para a construção do diagrama de fluxos foram:

1-) Implantação do empreendimento em 12 meses (2 semestres);

- 2-) Investimento fixo em 2 parcelas, respectivamente no início do primeiro e do segundo semestres da implantação, calculadas a partir da curva típica de desembolsos;
- 3-) Capital de Giro realizada no tempo zero de operação (final do segundo semestre da implantação);
- 4-) Fluxos de caixas Operacionais computados no final de cada semestre de operação;
- 5-) Horizonte Operacional: 10 anos.

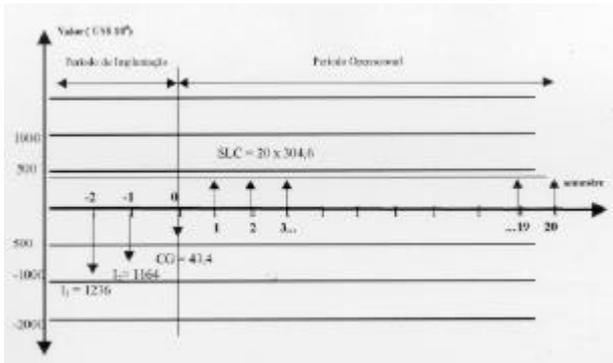


Gráfico 2: Diagrama de fluxo de empreendimento

11.3.3. TAXA INTERNA DE RETORNO

Calculada pelo método do Fluxo de Caixa Descontado

$TIR_{sem} = 7,47\% \text{ as.}$ $TIR_r = [(1,0747)^2 - 1] \times 100 = 15,50\% \text{ aa.}$

$TIR_a \leftrightarrow 15,5\% \text{ aa}$

12. CONCLUSÕES

1-) A taxa de retorno do investimento de US\$2400x10³ para capacidade de 253t/a de aldoximas é de 15,5% ao ano, a taxa de retorno simples é de 21,5% ao ano e o tempo de retorno simples é de 4,65 anos. Esses resultados podem ser considerados satisfatórios para este tipo de produto.

2-) O insumo mais dispendioso é o cloridato de hidroxilamina cujo preço foi ofertado para pequenas quantidades. Para fins de produção industrial este insumo terá seu preço consideravelmente reduzido, refletindo-se numa taxa de retorno mais atraente.

3-) O número de ciclos de utilização do catalisador de Ni Raney foi estimado em 10 vezes. Na prática, esta reciclagem poderá ser incrementada até 20 vezes, o que provocará uma redução de custo operacional, causando um aumento na taxa de retorno.

13. AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pelo apoio representado pela infra-estrutura de laboratório e equipamentos e ao CNPq/RHAE pelo suporte financeiro dado a esta pesquisa.

Ao Professor Wilson Milfont Jr. da E.Q./UFRJ pela valiosa colaboração na elaboração deste estudo.

14. BIBLIOGRAFIA

MOTHÉ, C.G., W. de N., Milfont Jr, W. de N., Aplicações do LCC(Líquido da casca da castanha do caju). Revista de Química Industrial, número 695, Jan/mar, 1994, pags 15 à 19.

RESENDE, N.S. Estudo Cinético da Hidrogenação Catalítica do Cardanol. Tese de Mestrado, COPE-UFRJ, 1985

COUTO, R.O.P., Desenvolvimento de Processo para Obtenção de Extratantes Orgânicos, Orientador : Peter Rudolf Seidl, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro: 1999. Dissertação: Tese de Mestrado.

PETERS, M.S. & TIMMERILAU, K. Plant design and economics for chemical engineers. 4th ed. Mc Graw – Hill, N. York, 1991

PUCCINI. A. DE L., Matemática financeira – Objetiva e aplicada. LTC Editora. Rio de Janeiro, 1978.

VALLE- RIESTRA, J.F., Project evaluation in chemical process industry. Mc Graw – Hill, N.York, 1983

MILFONT JR., W.N., Planejamento e Avaliação Econômica de Projetos Industriais. Apostila. Escola de Química da UFRJ, Rio de Janeiro, 2000