

## AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOBUTANOL

Ana Carolina Araújo dos Santos<sup>1</sup>  
Reinaldo Coelho Mirre<sup>2</sup>  
Ana Lúcia Barbosa de Souza<sup>3</sup>  
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa<sup>4</sup>

### RESUMO

Devido à necessidade de se buscar novos substitutos para os combustíveis fósseis, têm sido cada vez mais estudados mecanismos que permitam viabilizar a produção de biocombustíveis e a sua maior participação na matriz energética mundial. O n-butanol é um álcool cuja fórmula molecular é  $C_4H_{10}O$  e pode ser obtido pelo processo bioquímico, sendo este considerado biobutanol. O objetivo do trabalho foi analisar a viabilidade técnico-econômico do processo de produção do biobutanol. Primeiramente, foi analisado o fluxograma do processo de produção de biobutanol, seguida de simulação no software Aspen Plus ©, para obtenção das frações mássicas dos produtos após realizar o processo de destilação. O estudo do mercado contou com a obtenção da receita anual atual, como dado necessário para projetar a receita durante o tempo de vida pré-estabelecido da fábrica, através de uma função de previsão disponível no Excel. A localização da fábrica foi selecionada a partir de um modelo de ponderação qualitativa, atribuindo pesos e notas para cada fator relevante, salientando o estado de São Paulo como a localização de melhor resultado. Os custos gerais incluíram os gastos para o funcionamento da fábrica (insumos, ISBL, custo anual de produção), bem como o investimento total (capital imobilizado, capital de giro). Por fim, foi possível realizar a análise econômica utilizando o método determinístico para caracterizar a rentabilidade do projeto, onde pode- comprovar a viabilidade deste, e identificar um cenário otimista baseado na análise de sensibilidade.

**Palavras-chave:** Produção de biobutanol, Análise econômica, Análise de sensibilidade, Rentabilidade.

---

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário SENAI CIMATEC - BA, [anacarolina28160@gmail.com](mailto:anacarolina28160@gmail.com);

<sup>2</sup>Pesquisador Visitante do Programa de Recursos Humanos PRH 27.1 ANP/FINEP/ SENAI CIMATEC. Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC - BA, [reinaldomirre@hotmail.com](mailto:reinaldomirre@hotmail.com);

<sup>3</sup>Professora orientadora: Mestre, Centro Universitário SENAI CIMATEC - BA, [ana.lbs@fieb.org.br](mailto:ana.lbs@fieb.org.br);

<sup>4</sup>Professor orientador: Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC -Ba, [fernando.pessoa@fieb.org.br](mailto:fernando.pessoa@fieb.org.br)

## INTRODUÇÃO

A busca por combustíveis alternativos tem sido objeto constante de estudo no atual cenário mundial, isto devido às recorrentes crises no fornecimento de petróleo e à probabilidade de escassez de combustíveis fósseis. Além disso, questões ambientais também têm sido propulsoras para o surgimento de combustíveis menos poluentes e provenientes de fontes alternativas (VISIOLI, 2014). Assim, nos últimos anos, a produção de álcoois a partir de fontes renováveis tem sido uma grande oportunidade para o desenvolvimento de novos estudos, tendo o butanol como um de seus destaques.

O butanol pode ser produzido por tecnologia petroquímica e bioquímica. De acordo com (MAGALHÃES, 2015), pela rota bioquímica a produção de butanol se dá por meio do processo conhecido como fermentação acetona-butanol-etanol (ABE). Esta fermentação é principalmente realizada por microrganismos do gênero *Clostridium*, destacando-se as espécies *Clostridium acetobutylicum* e *Clostridium beijerinckii*.

Conforme ABGI (2019), o setor energético tem realizado transformações tecnológicas em nível mundial. Entretanto, ainda existem desafios tecnológicos para viabilizar novas rotas ou métodos, principalmente nos aspectos referentes à eficiência e aos custos de produção.

Para permitir que o estudo de viabilidade econômica/financeira possa auxiliar na busca de respostas às expectativas futura, este deve contemplar um modelo matemático que permita realizar previsões de cenários, procurando chegar o mais próximo possível da realidade (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE; HARTMUT, 2000).

Segundo (RENDER et al., 2017), o método determinístico é um modelo matemático que resulta em um conjunto de saídas, com base no conjunto de entradas iniciais conhecidas. Por isso, conforme (LEISMANN, 2019) é necessário definir quais os dados básicos de entrada do projeto, como: o valor a ser investido, previsão de entradas (receitas), previsão de saídas (custos e despesas), o fluxo de caixa, o valor presente líquido e a taxa interna de retorno.

Portanto, o objetivo do trabalho foi analisar a viabilidade técnico-econômico do processo de produção do biobutanol, destacando pontos como: produção esperada, projeção de demanda e preço do produto, localização da fábrica, custos gerais, análise econômica e análise de sensibilidade.

## METODOLOGIA

A elaboração do fluxograma foi feita tomando como base que é um processo fermentativo, ou seja, formatação ABE em que são obtidos três produtos: acetona, butanol e

etanol. E, por ser um processo bioquímico, é necessário considerar que, além dos produtos químicos obtidos, têm-se também as massas celulares oriundas dos microrganismos do gênero *Clostridium* que constituem o processo. Sendo assim, para a elaboração do fluxograma foram considerados os equipamentos necessários para serem utilizados em um processo bioquímico. Também são consideradas possibilidades de reaproveitamento de água, com o uso de reciclo e de separadores para reaproveitar os microrganismos, com a finalidade de reduzir os custos de produção.

As projeções de mercado foram feitas com base nas necessidades do mercado. Primeiramente, foram mapeadas as empresas produtoras de n-butanol e as empresas que utilizam o n-butanol como matéria-prima nos seus processos. A partir daí, foi elaborada uma planilha no software Microsoft Excel®, para analisar uma projeção de mercado para produção de biobutanol, utilizando uma ferramenta de previsão.

Para determinar a localização da fábrica, utilizou-se o Modelo de Ponderação Qualitativa (LOURENÇO,2020), o qual consiste na determinação de uma relação de fatores relevantes para a decisão de localização, com a atribuição de notas por meio de uma escala arbitrária. Permitiu-se assim, uma comparação entre as alternativas possíveis para a localização.

Para o levantamento dos custos relativos aos equipamentos, é feito um inventário com todos os equipamentos que compõem o processo. Para a atualização monetária, considera-se o ano de 2019 (valor mais atualizado), por meio do índice de atualização de custos CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index). Para o trocador de calor, os índices de 2017 e 2019 são: 578,30 e 677,30, respectivamente, e para o restante dos equipamentos, os índices de 2017 e 2019 são: 664,20 e 757,50, respectivamente. Desse modo, estes índices se relacionam de acordo com a Equação (1).

$$C_{2019} = C_{2017} \times \frac{CEPCI\ 2019}{CEPCI\ 2017} \quad (1)$$

E para uma análise mais detalhada, realizou-se a simulação das torres de destilação no software Aspen Plus para determinar o custo das colunas utilizando a ferramenta “interactive sizing”, que prevê as características das colunas de destilação. Para estimar os valores de cada custo anual de produção foram feitas algumas considerações sugeridas por Peters e Timmerhaus (1991).

Para realizar a análise econômica optou-se por utilizar o método determinístico. O método determinístico determina os valores esperados para indicadores de rentabilidade. A análise de viabilidade irá determinar, com base no indicador calculado e num critério pré-

estabelecido, se o projeto é ou não viável. Dentre os métodos utilizados destacam-se o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Para a análise do VPL tem-se que este apresenta o valor presente das entradas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo do investimento inicial. E a análise deve ser realizada observando se o resultado do cálculo (valor monetário) é maior ou menor que zero. Se o valor for maior que zero, o projeto apresenta viabilidade para ser aceito. Se for menor, significa que não é viável. Para o cálculo do VPL, utiliza-se a Equação (2).

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

onde  $i$  é a taxa de desconto (TMA),  $j$  é o período genérico ( $j=0$  até  $j=n$ ) percorrendo todo o fluxo de caixa, o  $FC_j$  é fluxo de caixa para o período  $j=0$  até  $j=n$  e  $n$  é o número de períodos.

A análise do TIR deve ser realizada observando se o resultado do cálculo (%) for maior que o % do custo de capital ou da taxa de atratividade. Se for, o projeto apresenta viabilidade para ser aceito. (FELIPE, L. M.; LEISMANN, E. L., 2019). A taxa interna de retorno é calculada conforme a Equação (3).

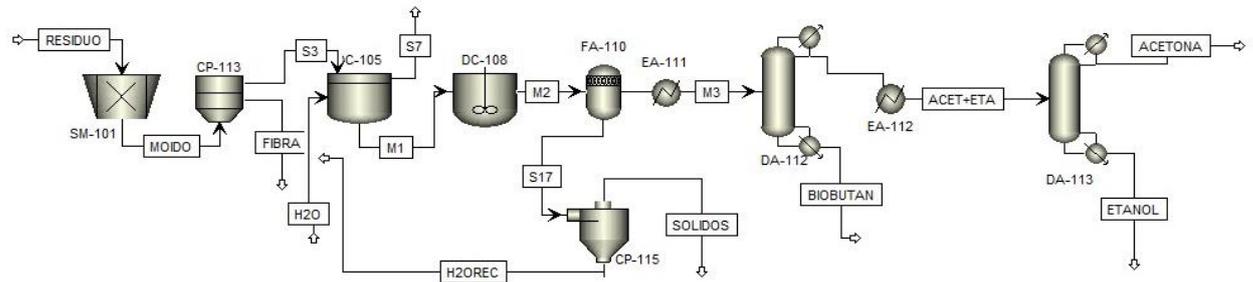
$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad (3)$$

Por fim, foi realizada a análise de sensibilidade variando as principais variáveis que impactam diretamente na economia do projeto, variando a Taxa Interna de Retorno em relação ao preço da matéria-prima, e variando a Taxa Mínima de Atratividade em relação ao Valor Presente Líquido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de produção do biobutanol, em que o substrato utilizado é a cana de açúcar, é condicionado aos processos de moagem e pré-tratamento para ser fermentado. Após a sua fermentação, o fluido passa por um processo de centrifugação para separar a matéria sólida existente e recuperar os solventes (ABE), sendo estes depois separados e purificados através de colunas de destilação. A Figura 1 mostra o fluxograma do processo de produção de biobutanol.

**Figura 1: Processo de Produção do Biobutanol.**



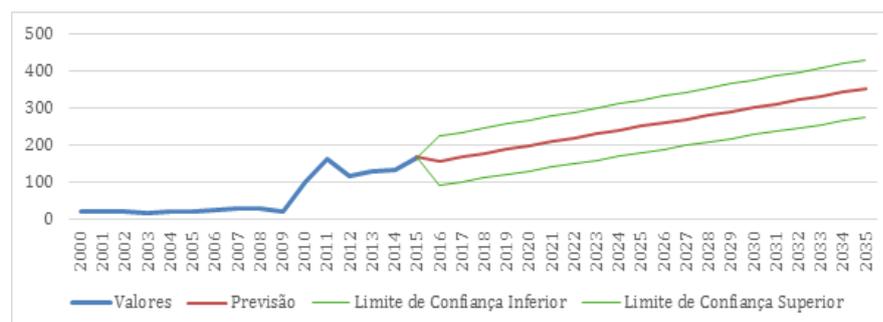
**Fonte: Própria.**

De acordo com o fluxograma de processo, a cana de açúcar passa pelo processo de moagem no moedor SM-101, e o resíduo moído segue para a centrífuga CP-113, onde é retirada a fibra, e o líquido extraído segue para o tanque DC-105 onde ocorre o pré-tratamento enzimático e posteriormente segue para o biorreator DC-108, onde ocorre a fermentação. A fermentação tem duração de 72 horas, que inclui o enchimento, esvaziamento e, ainda, a lavagem do reator. No final do processo de fermentação, os produtos são acetona, butanol, etanol passam pelo separador FA-110 e a massa celular, é retirada na centrífuga CP-115.

Depois da remoção da massa celular, o líquido passa para as colunas de destilação, DA-112 e DA-113, onde são separados os diferentes compostos, como água, acetona, etanol e biobutanol. Considerando 31 dias para a parada de manutenção da área, são realizadas 110 bateladas dentro do período de 1 ano, com uma produção de aproximadamente 10,4 toneladas de biobutanol. Além disso, como subprodutos, têm-se 2,35 e 0,76 toneladas de acetona e etanol, respectivamente.

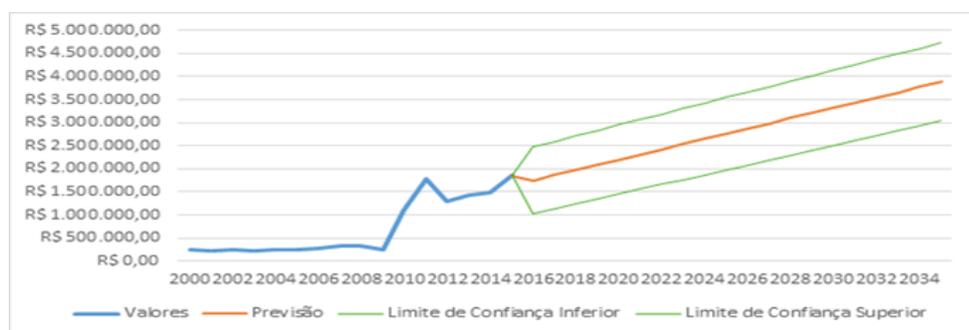
A projeção de demanda de um processo envolve a análise da determinação de fatores controláveis e não controláveis, fundamentada, entre outros elementos, em dados históricos e na interpretação de tendências oscilatórias do mercado. Então, foi realizada a projeção de demanda de produção e do preço do produto que vai ser comercializado até o ano de 2035, como se observam nas Figuras 2 e 3.

**Figura 2: Projeção de produção do Biobutanol.**



**Fonte: Própria.**

**Figura 3:** Projeção de preço do Biobutanol.



Fonte: Própria.

Conforme as Figuras 2 e 3, nota-se que a demanda de preço e o valor de mercado ao longo dos anos são positivos e tendem a crescer com o período, justamente pela necessidade de consumo do biocombustível e também por conta das diversas aplicações do biobutanol.

Quanto à localização da fábrica, foi avaliada a viabilidade de instalação da fábrica em São Paulo, Goiás e Alagoas. Verificou-se, conforme a Tabela 1, que o lugar mais vantajoso é São Paulo, mais especificamente na região do ABC Paulista, devido, principalmente, ao acesso a rodovias e à disponibilidade de matérias primas.

**Tabela 1:** Modelo de Ponderação Qualitativa.

Fatores relevantes	Peso (P)	São Paulo		Alagoas		Goiás	
		Nota (N)	NxP	Nota (N)	NxP	Nota (N)	NxP
Disponibilidade de mão-de-obra	0,10	40	4	100	10	50	5
Disponibilidade de matéria-prima	0,30	100	30	40	12	70	21
Facilidades para implantação	0,15	80	12	75	11,25	75	11,25
Benefícios fiscais	0,18	50	9	60	10,8	80	14,4
Acesso à rede de rodovias	0,23	90	20,7	45	10,35	60	13,8
Potencial para expansão	0,04	90	3,6	50	2	70	2,8
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	-	<b>79,3</b>	-	<b>56,4</b>	-	<b>68,25</b>

Fonte: Própria.

No processo de produção do biobutanol, deve-se levar em consideração o custo com os insumos. O custo do substrato cana de açúcar, por batelada, para produção de 94.255 kg de biobutanol é de R\$32.996. O custo anual é de aproximadamente MMR\$3,63, já que são processadas 43.690 toneladas de cana durante o período. Além disso, tem-se um consumo anual de 107.253.255 kg de água para o processo, o que equivale a um custo anual de R\$ 750.777,00.

Neste processo, a energia elétrica é necessária para suprir os equipamentos elétricos, como bombas, analisadores e indicadores, e o vapor de 42 kgf/cm<sup>2</sup> para os equipamentos turbinados e os reboilers das colunas de destilação. Da mesma forma, é importante utilizar estratégias para o uso eficiente de energia, com a manipulação e o reaproveitamento de cargas térmicas entre as correntes de processo, configurar um processo economicamente atrativo e competitivo. Em função disso, optou-se por utilizar intercambiadores de eficiência energética no processo, os trocadores de calor EA-111 e EA-112, os quais pré-aquecem a carga das torres resfriando o produto de fundo das mesmas.

Além disso, devido a energia elétrica ser mais acessível que a água de resfriamento para o processo, optou-se por utilizar air coolers para resfriar os produtos de topo das torres. Essas estratégias possibilitam uma redução significativa dos custos energéticos da unidade. Então, tem-se que o custo necessário para as utilidades totalizam o valor de R\$ 22.931.155,00 por ano. Para a determinação dos custos das colunas de destilação, realizou-se a simulação das torres de destilação no software Aspen Plus®, obtendo como resultado para a primeira torre, DA-112, que deseja-se retirar o biobutanol no fundo, separando-o da acetona e etanol que saem no topo e seguem para a torre subsequente, DA-113. Para a separação desejada, a torre teria 16 pratos com 2 passes, com o espaçamento de 0,6 metros entre eles.

Devido às dificuldades para realizar o orçamento das colunas, considerou-se o valor de uma torre similar para as colunas DA-112 e DA-113, para determinar os custos com os equipamentos. A Tabela 2 apresenta todos os valores apurados dos equipamentos que serão utilizados na planta, bem como suas respectivas quantidades.

**Tabela 2:** Equipamentos necessários e custos correspondentes.

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>Bomba de sucção</b>	7	99.723,73	698.066,14
<b>Torre de destilação</b>	2	1.055.791,68	2.111.583,37
<b>Vaso de topo</b>	1	225.003,19	225.003,19
<b>Trocador de calor</b>	4	2.416.166,54	9.664.666,14
<b>Reator</b>	1	12.439.796,09	12.439.796,09
<b>Centrífuga</b>	1	151.515,80	151.515,80
<b>Condensador Coluna</b>	2	532.637,65	1.065.275,31
<b>Refrervedor Coluna</b>	2	572.981,35	1.145.962,70
<b>TOTAL</b>			<b>27.501.868,73</b>

**Fonte:** Própria.

Os valores da Tabela 2 foram obtidos a partir de dados da literatura fornecidos para o ano de 2017. Após a realização dos cálculos necessários e a atualização dos valores dos equipamentos, encontrou-se um custo total de MMR\$27,5.

O valor total dos gastos com construção e supervisão é calculado como sendo 70% da soma dos equipamentos e materiais, dos quais 60% são para construção e 10% para supervisão. A soma de todos os valores supracitados corresponde ao ISBL (Inside Battery Limits), e totalizou o valor de R\$ 82.942.741,79. Para o cálculo do somatório em questão, aplica-se o método das porcentagens por (COSTA. et al.,2018) . Assim , o valor total do capital imobilizado está apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Capital imobilizado.

Custos gerais de processo	Porcentagem (%)	Custo (R\$)
<b>ISBL</b>	<b>100</b>	<b>82.942.741,79</b>
Serviços auxiliares	4	3.317.709,67
<i>Off-Sites</i>	8	6.635.419,34
Gastos de arranque	3,5	2.902.995,96
Contingências e imprevistos	10	8.294.274,18
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>21.150.399,16</b>

**Fonte:** Própria.

Para o cálculo, aplica-se o método das porcentagens, no qual o capital de giro representa 30% do valor do ISBL. O investimento total do projeto é a soma do capital de giro e do capital imobilizado, resultando no valor de R\$ 128.975.963,49. Além disso, no projeto em questão foram estimados os custos de fabricação diretos e indiretos, e que podem ser fixos ou variáveis. Sendo considerados fixos: mão de obra, serviços gerais (utilidades), manutenção, diretivos e funcionários, pesquisa e serviço técnico. Os variáveis são: matéria-prima, abastecimento e embalagem. A classificação e os valores referentes a cada custo de produção, estão relacionados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Custos anuais de produção.

Custos de produção (anual)	Fixo ou Variável	Considerações	Custo (R\$)
Matéria-prima	Variável	-	3.602.677,40
Mão de obra	Fixo	R\$ 3.000/operador (30)	90.000,00
Mão de obra indireta	Fixo	30% (MOD)	27.000,00
Serviços gerais (utilidades)	Fixo	-	23.681.927,79
Abastecimento	Variável	7,6% (ISBL)	6.303.648,38
Manutenção	Fixo	6% (ISBL)	4.976.564,51
Embalagens	Variável	27,5% (Receita anual)	31.319.861,65
Diretivos e funcionários	Fixo	25% (MOD)	22.500,00
Pesquisa e serviço técnico	Fixo	10% (Receita anual)	11.389.040,60
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>81.413.220,32</b>

**Fonte:** Própria.

O fluxo de caixa (FC) é a relação entre os desembolsos e os recebimentos em um determinado período. Fornece o resultado, seja ele positivo, nulo ou negativo, do caixa em determinado período (SILVA. et al., 2010). Na Quadro 1, encontram-se as referências e os parâmetros para calcular o fluxo de caixa e para o cálculo do VPL.

**Quadro 1:** Parâmetros utilizados para a obtenção do fluxo de caixa.

Parâmetro	Valor
Horizonte temporal	3 anos de posta em funcionamento + 15 anos de operação
Imobilizado	R\$ 104.093.140,95
Curva de investimento	Ano 0: 10%
	Ano 1: 60%
	Ano 3: 30%
Capital de giro	R\$ 24.882.822,54
Vendas	R\$ 113.890.406,40
Amortização	Linear 10 % por 10 anos
Impostos	35%
Inflação	5%
Juros de referência	10%

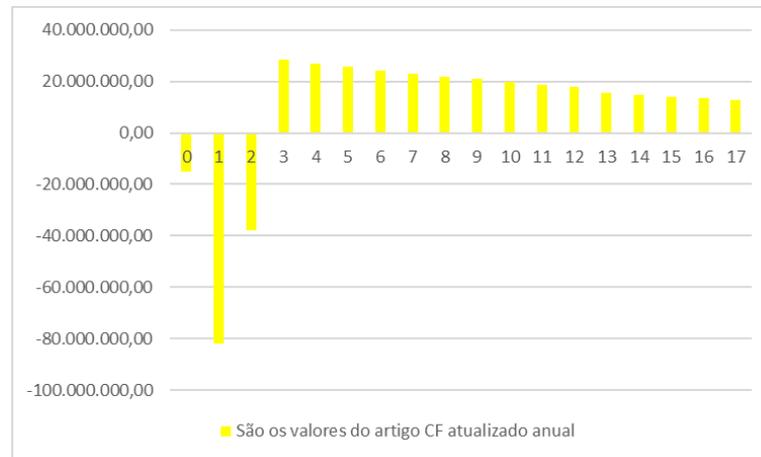
**Fonte:** Própria.

O capital de giro é utilizado no segundo ano e recuperado ao final dos quinze anos de operação. Os fundos investidos em um ano são a soma do capital imobilizado e do capital de giro (investimento) do ano. Considera-se a inflação de 5% a cada ano para o cálculo das vendas e dos custos anuais. Os benefícios brutos (BAI), ou seja, antes dos impostos, são as vendas menos a soma dos custos e a amortização. Os benefícios líquidos (BDI) são os benefícios brutos menos a amortização.

Os fundos gerados são os benefícios líquidos menos a amortização. Os fluxos de caixa (cash flow) são os fundos gerados menos os investidos de cada ano (COSTA. et al., 2018). Outrossim, foram analisados o fluxo de caixa anual atualizado e o fluxo de caixa acumulado atualizado no decorrer dos anos, como se observa na Figura 4 e 5 respectivamente .

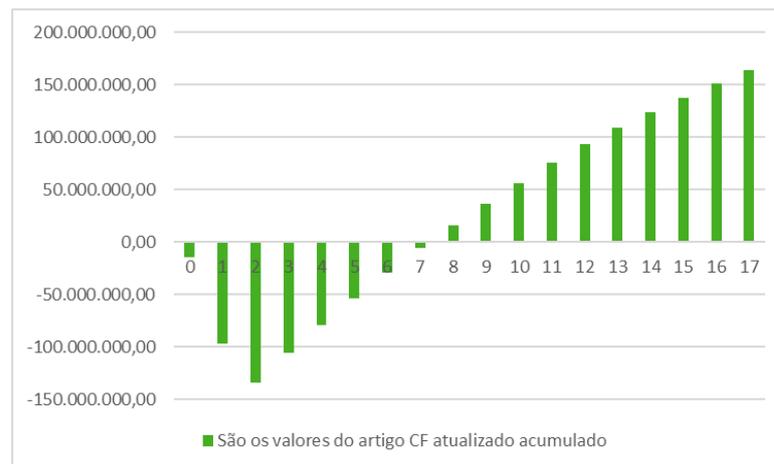
Pelos fluxos de caixa anuais atualizados, é possível verificar que, quando a planta começa a funcionar, tem-se o fluxo de caixa positivo. Posteriormente, é gerado o fluxo de caixa atualizado acumulado, no qual também é possível observar que, a partir do sétimo ano de operação, a planta já obtém lucro, ou seja, a planta passa a ser rentável.

**Figura 4:** Fluxo de caixa anual atualizado.



**Fonte:** Própria.

**Figura 5:** Fluxo de caixa acumulado atualizado.

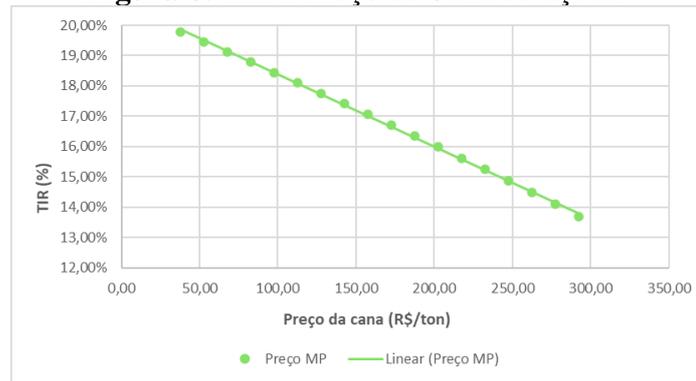


**Fonte:** Própria.

Para a análise de viabilidade econômica, tem-se que os juros de referência do projeto, o TMA, foram considerados a 10%, ou seja, o TMA foi de 0,10. Assim, depreende-se que a planta é rentável, pois o VPL encontrado foi de R\$ 80.215.241,85, sendo obviamente um valor positivo. O valor de TIR encontrado foi de 19%; como a TIR foi maior do que o k de referência (juros), correspondente a 0,10, constata-se que o projeto é rentável.

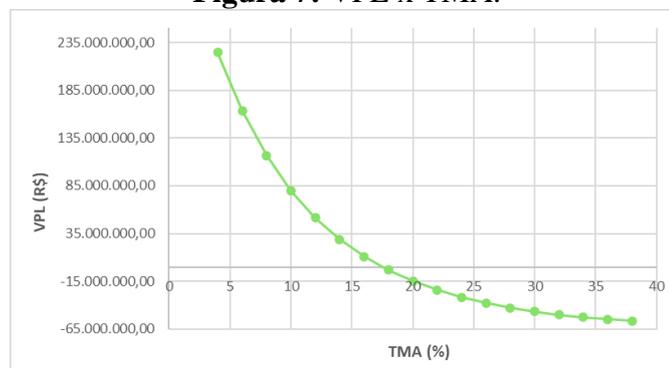
Como a TIR é a taxa que permite encontrar a remuneração do investimento em termos percentuais para um projeto de investimento, nota-se, na Figura 6, na relação da TIR com o preço da cana-de-açúcar, que o preço da matéria-prima impacta diretamente neste indicador; ou seja, quanto maior o valor pago pela matéria-prima, menor será o valor da TIR.

**Figura 6: TIR x Preço da Cana-de-açúcar.**



Fonte: Própria.

**Figura 7: VPL x TMA.**



Fonte: Própria.

Para a relação do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), nota-se, na Figura 7, que quanto maior o TMA, menor será o VPL, visto que o VPL corresponde ao valor presente dos resultados esperados do fluxo de caixa, descontando-se o custo do capital (TMA), e que representa o retorno mínimo exigido para um projeto de investimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Projetar uma planta química envolve o estudo de diversas áreas, desde dimensionamento e otimização, análise ambiental e de fatores de segurança para alcançar um projeto viável. Assim, foi realizado um estudo de viabilidade técnica-econômica de uma unidade para produção de biobutanol, e a operacionalização da via de processo escolhida se mostrou viável. Por meio da análise dos cenários e indicadores como determina o modelo determinístico escolhido para dar embasamento ao projeto, obteve-se resultados positivos, confirmando a rentabilidade e viabilidade do projeto.

Para as próximas etapas deste projeto, serão realizados estudos prospectivos para a rota petroquímica de produção com a finalidade de comparar com os resultados para rota bioquímica, e assim, determinar qual a melhor rota de produção de n-butanol.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, por meio do PRH 27.1 ANP/FINEP/SENAI CIMATEC, pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro a este trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABGI Group – **A inovação no setor elétrico**. Disponível em < <https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/a-inovacao-no-setor-eletrico/>>. Acesso em 25 de agosto de 2020.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, N.; HARTMUT, B. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

COSTA, et al. **Produção de metil-etil-cetona a partir da desidrogenação do sec-butanol**. Universidade de Brasília - Instituto de Química. 2018. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24671/1/2018\\_Producao\\_de\\_metil-etil-cetona\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24671/1/2018_Producao_de_metil-etil-cetona_tcc.pdf). Acesso: 12 de dez. 2020.

FELIPE, L. M.; LEISMANN, E. L. **Análise de viabilidade em projetos: comparação entre os métodos determinísticos e probabilísticos**. Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR, Umuarama, v. 20, n. 1, p. 83-106, jan./jun. 2019.

LOURENÇO, Axel dos Prazeres; SANTOS, Jackson Oliveira; SOUSA, Josiano Cesar de;

RODRIGUES, Luciana da Luz. **O Método de Ponderação de Fatores como Critério de Localização Industrial**. Id on Line Rev. Mult. Psic., Fevereiro/2020, vol.14, n.49, p. 504-517. ISSN: 1981-1179.

MAGALHÃES, Beatriz Leite et al. **Otimização da produção de butanol por cepas de Clostridium spp. utilizando hidrolisado lignocelulósico**. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2015.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

PETERS, Max S. TIMMERHAUS, Klaus D. **Plant Design And Economics For Chemical Engineers**. McGraw-Hill: 4ª edição, 1991.

SILVA, K. C. et al. **Viabilidade econômico-financeira da implantação de uma indústria de calçados de segurança em couro no município de Umuarama-Pr**. Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR, v. 11, n. 2, p. 315-341, 2010.

VISIOLI, L. **Avaliação da produção biotecnológica de butanol a partir de sorgo sacaríneo**. 2014, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.