

## 5 Resultados

### 5.1 Fluxos de caixa descontados (FCDs) – Valor do projeto sem flexibilidade

#### 5.1.1 Premissas

As premissas adotadas para o cálculo dos FCDs foram baseadas tanto nas especificações do pacote de tecnologia de cada uma das empresas, como na experiência de especialistas com base em projetos anteriores, além de premissas corporativas. Cabe ressaltar que, em função da confidencialidade e sensibilidade de alguns dados usados nas simulações, foi realizada uma parametrização que em nada compromete o sentido das análises aqui apresentadas. Todos os fluxos têm 20 anos de duração e não contemplam perpetuidade.

#### **Premissas macroeconômicas:**

- Taxa de desconto: como taxa de desconto foi adotada a taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto, calculada pelo CAPM, conforme apresentado na seção 2.1.

Considerou-se uma estrutura de capital alvo de 60% *equity* (*E*) e 40% dívida (*D*). Segundo o *site* Bloomberg<sup>1</sup>, o valor de retorno de um título do tesouro americano com prazo de 30 anos é de 2,83% ao ano. O risco-país<sup>2</sup> médio considerado é de 190 pontos, o que equivale a um spread de 1,90% entre os valores dos títulos dos tesouros americano e brasileiro. Assim, estima-se uma taxa livre de risco no Brasil de 4,73% ao ano. Seguindo na metodologia, de acordo com o site de Damodaran (2012)<sup>3</sup> e informações de Ibbotson (2011) o valor de beta não alavancado para indústrias químicas de base, não integradas, é de 1,23.

<sup>1</sup> <http://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us> em 25/11/2012.

<sup>2</sup> [http://www.acionista.com.br/graficos\\_comparativos/embi\\_us\\$\\_mensal.htm](http://www.acionista.com.br/graficos_comparativos/embi_us$_mensal.htm) em 10/12/2012.

<sup>3</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html) em 10/12/2012

Foi efetuada uma correção em virtude da estrutura de capital alvo, sendo que o beta alavancado resultou em 1,77. Além disso, o prêmio de risco para mercados é estimado em 6,72% (Ibbotson, 2011, p.11). Estas informações possibilitaram o cálculo do custo do capital próprio, que resultou 16,6% a.a.. O custo da dívida antes dos impostos foi calculado com base em informações corporativas de dívidas de outros projetos semelhantes, resultando em 7,6% a.a.. Considerando alíquota de impostos de 34%, pôde-se calcular o custo da dívida, e finalmente, o TMA do projeto, que resultou 12,0% a.a.. Na Figura 5.1 é possível acompanhar o cálculo do custo do capital próprio e na Figura 5.2 está apresentada a lógica de cálculo da TMA. Para o cálculo dos VPLs utilizou-se a taxa de desconto real. Para tanto, descontou-se a inflação americana, cuja média histórica é de 2,20% a.a.. Assim, a TMA real é de 9,8% a.a..

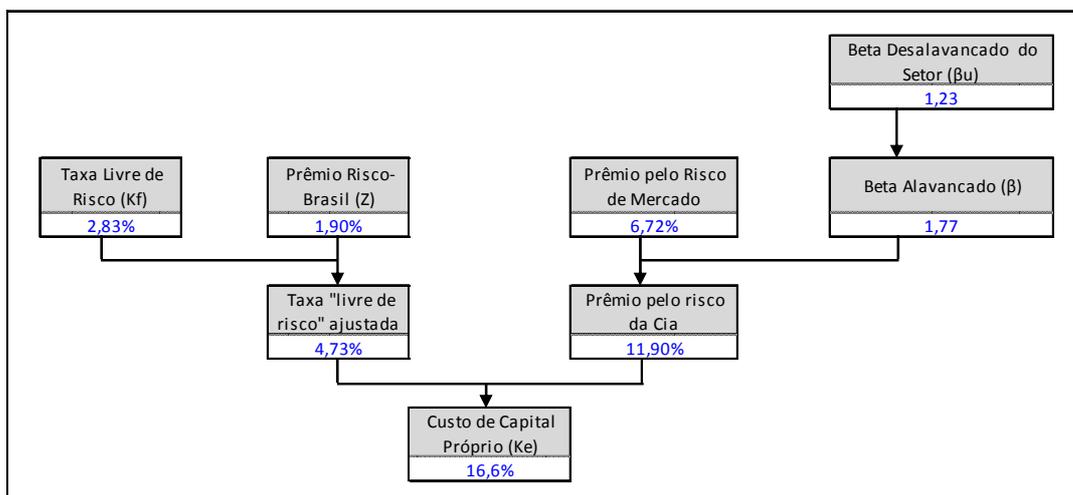


Figura 5.1: Cálculo do custo do capital próprio.

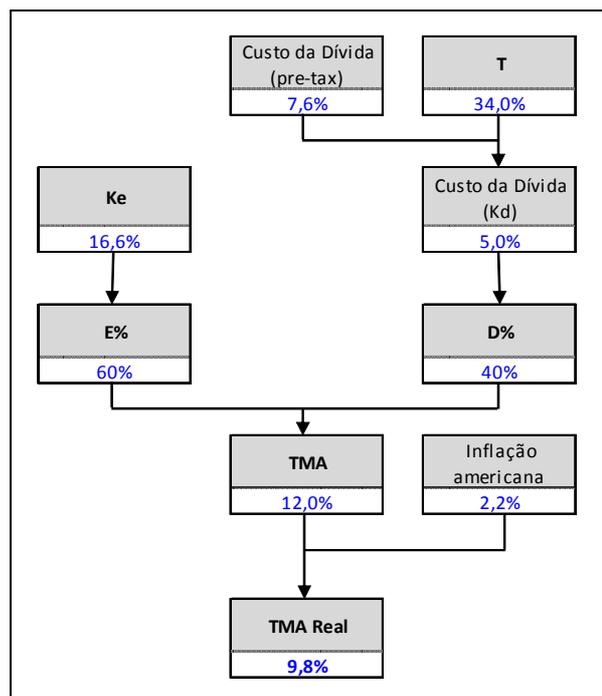


Figura 5.2: Cálculo da TMA do projeto.

#### Premissas técnicas:

- Tempo de implantação: 5 anos;
- Tempo de operação: 15 anos<sup>4</sup>;
- Capacidade nominal: 200 kta (quiloneladas por ano) de produto B, que é o suficiente para consumo cativo de uma planta consumidora de produto B que está em fase de implantação no Brasil;
- Tempo anual de operação: 8400 h<sup>5</sup>.
- *Ramp up* de produção: A produção total é atingida após 3 anos, conforme pode ser observado na Tabela 5.1. O fator de utilização máximo considerado é de 93% em relação à capacidade nominal da planta, que é um fator comum na indústria petroquímica.

<sup>4</sup> O tempo de operação considerado neste caso foi escolhido de modo a possibilitar a comparação do resultado desta análise com a análise de outros projetos que concorrem pelos mesmos recursos dentro da empresa, apesar de existirem plantas petroquímicas operando no Brasil há mais de 15 anos.

<sup>5</sup> Representa 350 dias de operação por ano, 24h por dia.

Tabela 5.1: Curva de produção prevista.

	<b>ano 1</b>	<b>ano2</b>	<b>ano 3</b>	<b>ano 4 e demais</b>
<b>Fator de utilização (%)</b>	75%	85%	93%	93%
<b>Produção (kt)</b>	150,00	170,00	186,30	186,30

Fonte: experiência de projetos anteriores

- Coeficientes técnicos: na Tabela 5.2 estão apresentados os consumos específicos das matérias-primas principais, de acordo com os pacotes de tecnologia informados pelas empresas. Estes coeficientes significam que, por exemplo, para produzir 1000 kg do Produto B são necessários 550 kg de produto A.

Tabela 5.2: Coeficientes técnicos.

	<b>t/t</b>
<b>Etanol/Produto A</b>	1,83
<b>Produto A/Produto B</b>	0,55
<b>Oxigênio/Produto B</b>	0,51

Fonte: descritivo das tecnologias

#### **Premissas de custo:**

- Custos variáveis: os custos variáveis utilizados (químicos, catalisadores e utilidades) não serão divulgados por questões de confidencialidade.
- Custos fixos: na Tabela 5.3 estão apresentadas as premissas de formação do custo fixo da unidade, com base na experiência em projetos anteriores.

Tabela 5.3: Premissas de custos fixos.

<b>MÃO DE OBRA</b>		
Número de operadores	80	
Custo de um empregado <sup>6</sup>	80000	US\$/ano.operador
<b>MANUTENÇÃO</b>		
Serviços (OPEX)	1,0%	sobre investimento em equipamentos
Seguros	0,1%	sobre investimento total
<b>DESPESAS OPERACIONAIS</b>		
Despesas Gerais e Administrativas	3,0%	sobre a receita líquida
Despesas de vendas (pessoal)	1,0%	sobre a receita líquida

Fonte: experiência de projetos anteriores

- Capital de giro: a Tabela 5.4 apresenta as premissas de capital de giro adotadas nos FCDs.

Tabela 5.4: Premissas de capital de giro.

<b>CAPITAL DE GIRO</b>	
Dias de operação por ano	350 dias/ano
Caixa Mínimo	5 dias
Contas a receber (vendas a prazo)	30 dias
<b>Estoques</b>	
Matéria-prima	10 dias
Produtos acabados	5 dias
Crédito de fornecedores de matérias-primas	60 dias
<b>Crédito de Pagamentos e Encargos</b>	
Outras contas a pagar	10 dias
Salários a Pagar	30 dias
Créditos de Impostos	
Impostos a pagar	45 dias

Fonte: experiência de projetos anteriores

<sup>6</sup>Considerando todos os encargos trabalhistas.

### Premissas tributárias:

- As premissas tributárias estão apresentadas na Tabela 5.5. Considerou-se, ainda, que a recuperação de créditos de ICMS sobre o investimento poderia ser feita em quatro anos.

Tabela 5.5: Premissas tributárias.

Tributo	Alíquota
ICMS	17,00% sobre receita
PIS/COFINS*	9,25% sobre receita
IR + CSLL	34,00% sobre o LAJIR

*\*exceto para o etanol, cuja alíquota é de 8,40% sobre a receita.*

Fonte: Informações corporativas

### Premissas de mercado:

- Foram utilizadas projeções de preços de matéria-prima e de produtos calculadas por consultorias especializadas em mercado petroquímico. Em razão da confidencialidade destas informações, estas projeções não serão divulgadas.

#### 5.1.2 Investimento

O investimento total nas duas unidades (própria e do parceiro) foi estimado utilizando o *software* Aspen Capital Cost Estimator (ACCE), da AspenTech tanto para o caso base quanto para os casos em que era esperada uma variação no valor investido através da resolução de incertezas referentes aos casos 1, 3, 4 e 5 (ver Tabela 3.1), já que as incertezas 2 e 6 apenas modificam custo operacional. Estas estimativas de investimentos tomam como base a lista de equipamentos de cada uma das unidades, para, a partir do tipo de equipamento e da quantidade de material necessária para cada item, calcular todos os custos associados: mão de obra, tubulação para as interligações, obras civis, estruturas metálicas, instrumentação, estrutura elétrica, isolamento e pintura. Além disso, incidem sobre o valor total os custos indiretos, que se traduzem em frete e dispêndios com projeto (conceitual, básico, detalhamento, licenciamento,

gerenciamento da obra, entre outros). As informações da lista de equipamentos fornecidas pela empresa parceira são para uma unidade de 500 kta de produto B. Porém, a unidade a ser instalada deve suprir o consumo cativo de uma planta que está em construção no Brasil. Não foi considerado nenhum deslocamento de produto B importado por outras empresas para ser usado como matéria-prima de seus processos produtivos (premissa conservadora). Desta forma, foi feito um ajuste na estimativa de investimento retornada pelo ACCE. Como a capacidade desejada neste projeto (200 kta) é menor que aquela fornecida pela empresa parceira (500 kta), faz-se um ajuste conhecido como *scaledown*. Existem fatores de *scaledown* fornecidos por consultorias especializadas para cada tipo de processo produtivo. Em particular, o processo de produção do produto B possui um fator de redução de escala de 0,70. Este fator de escala é utilizado de acordo com a equação 12, a seguir:

$$Investimento = \left( \frac{Capacidade\ desejada}{Capacidade\ atual} \right)^{fator\ "scale\ down"} \cdot Investimento\ atual \quad (12)$$

Na Tabela 5.6 encontram-se os valores utilizados para o caso base, já com a correção de escala mencionada. Esta correção não foi necessária para a estimativa da tecnologia própria, pois os equipamentos já foram dimensionados para a escala necessária a este projeto. As estimativas dos demais casos encontram-se na seção 4.1.2.2, a seguir, onde é explicada a lógica de modelagem das incertezas e das opções a elas relacionadas.

Tabela 5.6: Estimativa de investimento para as plantas dos produtos A e B – caso base USGC.

	<b>Produto A</b>	<b>Produto B</b>
Capacidade (kta)	100	200
<b>Descrição</b>	<b>Valor (US\$ milhões)</b>	
Equipamento	24,15	71,68
Tubulação	4,66	16,58
Civil	1,43	2,53
Estrutura metálica	0,29	0,64
Instrumentação	2,98	3,23
Elétrica	0,52	0,45
Isolamento	2,24	2,28
Pintura	0,18	0,30
<b>Custos de campo (diretos)</b>	<b>36,47</b>	<b>97,69</b>
<b>Custos de campo (indiretos)</b>	<b>5,93</b>	<b>11,81</b>
Frete	1,27	3,53
Despesas gerais	1,55	7,09
<b>TOTAL</b>	<b>45,21</b>	<b>120,12</b>

Os valores apresentados na Tabela 5.6 são todos calculados com referência geográfica ao Golfo do México, ou USGC (*United States Gulf Coast*). Este tipo de referência é comum em *softwares* de estimativas, bem como nos dados de investimento de consultorias especializadas em projetos petroquímicos. Porém, para refletir a realidade brasileira, é necessário fazer a chamada “internalização”, ou seja, trazer os valores do USGC para dentro do Brasil. Uma maneira comumente adotada para projetos petroquímicos é a multiplicação dos investimentos USGC por 1,6. Este fator surgiu da observação de projetos recentemente realizados por empresas petroquímicas brasileiras. Por exemplo, a estimativa apresentada na Tabela 5.6 para a unidade do produto A representa um investimento de US\$ 45,21 milhões no USGC. No Brasil, este mesmo investimento representa US\$ 72,34 milhões. Outra questão é que todo o cálculo realizado pelo *software* ACCE se refere ao ISBL (*Inside Battery Limits*), ou seja, ao coração da unidade, que representa todo o conjunto de equipamentos necessários essencialmente para o processo produtivo – reatores, torres de destilação, compressores, vasos, fornos, trocadores de calor, entre outros. Unidades consideradas de apoio – tudo que é ligado à geração de energia e vapor,

por exemplo – estão fora do investimento estimado. Contudo, não é possível operar as unidades principais sem as unidades auxiliares, ou OSBL (*Outside Battery Limits*). Para resolver esta questão, uma métrica usual é considerar que o investimento ISBL representa 60% do total e para o OSBL ficam os 40% restantes. Além disso, considerou-se útil para este trabalho segregar os investimentos na unidade dos investimentos em projeto e gerenciamento. Desta forma, a Tabela 5.7: traz as informações relacionadas com o investimento total do caso base, já considerando a internalização dos valores USGC e considerando os custos de projeto já orçados no Brasil. Enumerando, ainda, premissas que têm efeito sobre o fluxo de caixa, considerou-se uma curva de desembolso acumulada conforme se pode observar na Figura 5.3 e uma depreciação constante durante dez anos.

Tabela 5.7: Estimativa de investimento internalizada para toda a unidade – caso base.

<b>FASES DE DESENVOLVIMENTO</b>	<b>Valor (US\$ milhões)</b>
Projeto Conceitual	0,91
Engenharia Básica	4,03
Detalhamento	60,50
Licença da tecnologia*	10,79
<b>UNIDADES</b>	
ISBL Produto A	72,34
ISBL Produto B	192,19
OSBL	176,35
<b>INVESTIMENTO TOTAL</b>	<b>517,11</b>

\* considera que será necessário comprar uma licença para uso da tecnologia do parceiro.

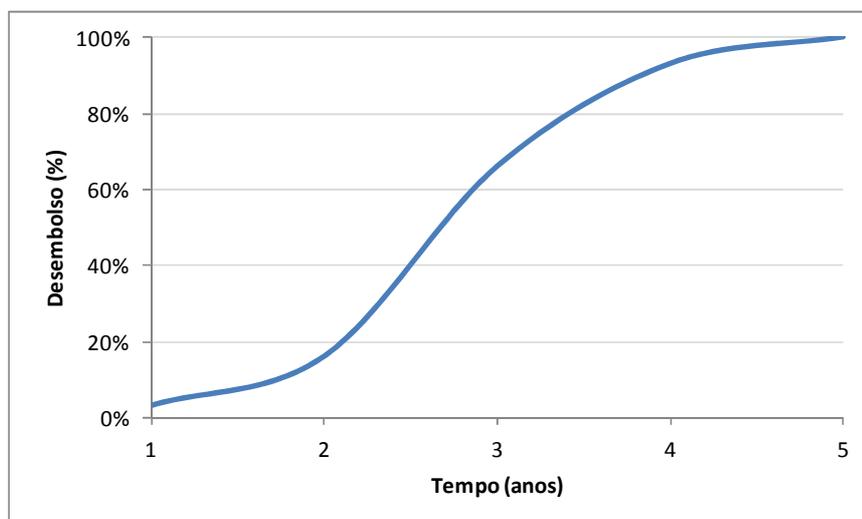


Figura 5.3: Curva de desembolso projetada para a implantação das unidades.  
(Fonte: experiência de projetos anteriores)

### 5.1.3

#### **VPL do caso base – sem flexibilidade**

Considerando todas as premissas e conceitos apresentados, o VPL do projeto sem flexibilidades é de -US\$ 30,14 milhões. Isto significa que, em uma simples análise por VPL não seria recomendável a execução deste projeto. No Apêndice I encontra-se um resumo da projeção dos fluxos de caixa do caso base, que resultam neste VPL.

### 5.1.4

#### **Impacto individual das incertezas no FCD**

Cada uma das incertezas elencadas neste trabalho possui um impacto próprio no FCD. A seguir está a análise destas incertezas no FCD, quantificando seu impacto direto no projeto.

#### **Incerteza 1: P&D 1 – Redução no número de reatores do produto A**

A redução de investimento relacionada aos equipamentos removidos é da ordem de US\$ 2,3 milhões, o que se reflete nas demais rubricas do projeto, fazendo com que este fique mais barato que o original. Por outro lado, este projeto de P&D tem um custo, que é da ordem de US\$ 1,3 milhões (incluindo os materiais necessários e a mão de obra envolvida). Assim, em termos de investimento, o benefício total esperado é de cerca de US\$ 10 milhões (cerca de US\$ 11 milhões de economia no investimento total na unidade, líquido dos custos da etapa), já considerando que a estimativa de investimento para este caso foi internalizada para o Brasil. O tempo requerido pelos especialistas envolvidos para a finalização deste projeto de pesquisa é de 3 meses. Por outro lado, existe o aumento do consumo de vapor na unidade, que representa um aumento médio de US\$ 7,00 milhões por ano no custo variável da unidade.

**Incerteza 2: P&D 2 – Testes catalíticos nos reatores do produto A**

O aumento no inventário do catalisador é da ordem de 15%, e a redução no consumo de gás combustível no forno da unidade é de 20%. O tempo necessário para concluir esta pesquisa seria de 3 meses, e seu custo seria em torno de US\$ 1,2 milhões. O gasto extra com catalisador é de cerca de US\$ 1,5 milhões durante toda a vida do projeto. Os benefícios atrelados a este P&D quando comparados ao acréscimo no inventário, somado ao custo de implementar esta medida se mostram insuficientes.

**Incerteza 3: Remoção da torre de destilação no processo do produto A**

A redução no investimento em equipamentos é de 2,1%, o que se reflete nos demais custos do projeto. O custo para projetar esta mudança está orçado em US\$ 1,2 milhões, e levaria em torno de 3 meses para ficar pronto o projeto. A economia no investimento total líquida do custo do projeto é de cerca de US\$ 1,0 milhão. A injeção de metano passa a ser de 75% do valor original, o que representa uma economia anual média de US\$ 30 mil.

**Incerteza 4: Remoção da seção de separação rigorosa no processo do produto A**

Toda a remoção da seção de separação rigorosa faria com que o investimento em equipamentos, e, conseqüentemente, o investimento na unidade do produto A, fosse reduzido em 65%. Por se tratar de uma modificação mais complexa, levaria 5 meses para ser projetada, a um custo de cerca de US\$ 2 milhões. A economia anual com fluido de processo seria da ordem de US\$ 130 mil.

**Incerteza 5: Retirada da seção de remoção de enxofre no processo do produto B**

A remoção dos vasos permite uma redução de investimento líquida do custo de projeto associado (US\$ 1,2 milhões) de cerca de US\$ 2,2 milhões.

## **Incerteza 6: Otimização do balanço de vapor da unidade integrada**

Foi estimada uma redução geral de 15% no consumo de vapor, além de um aumento de 30% no retorno de condensado (o condensado que retorna reduz o consumo de água da unidade). Isto representa uma economia anual média de US\$ 2,6 milhões no OPEX da planta. O custo desta etapa está orçado em US\$ 1,19 milhões.

### **5.2**

#### **Árvore de Decisão – Valor do projeto com flexibilidade**

##### **5.2.1**

##### **Premissas**

Algumas considerações foram tomadas nos cálculos da árvore de decisão. Conforme mencionado anteriormente, a taxa de desconto adotada foi a taxa livre de risco (4,73% a.a., de acordo com o cálculo apresentado na seção 5.1.1, Premissas Macroeconômicas). Além disso, considerou-se que não existe custo nas opções “continuar”, já que o custo da fase seguinte fica embutido na decisão de investir na resolução da próxima incerteza, e “abandonar”, já que não existe nenhum compromisso em investir, pois não há acordo ou contrato assinado previamente. Na Tabela 5.8 estão listados os valores assumidos para as variáveis de entrada (apresentadas na seção 4.1.3.1) e na Tabela 5.9 estão as probabilidades de sucesso de cada etapa da árvore de decisão. Estes valores são estimativas feitas com base em um apanhado de entrevistas e reuniões com especialistas da área, além da análise de projetos anteriores semelhantes ao projeto em estudo.

Tabela 5.8: Valores das variáveis de entrada da árvore de decisão.

<b>CUSTOS DE ETAPA</b>		
<b>Variável</b>	<b>Valor (US\$ milhões)</b>	
<i>C_PD1</i>	1,32	
<i>C_PD2</i>	1,32	
<i>C_Destil</i>	1,19	
<i>C_SepRig</i>	1,98	
<i>C_Enxof</i>	1,19	
<i>C_Otimiz</i>	1,19	
<b>TEMPOS DE EXECUÇÃO</b>		
<b>Variável</b>	<b>Tempo da etapa (anos)</b>	<b>Tempo acumulado (anos)</b>
<i>t_PD1A / t_PD1</i>	0,25	0,25
<i>t_PD2A / t_PD2</i>	0,25	0,50
<i>t_DestilA / t_Destil</i>	0,25	0,75
<i>t_SepRigA / t_SepRig</i>	0,42	1,17
<i>t_EnxofA / t_Enxof</i>	0,25	1,42
<i>t_OtimizA / t_Otimiz</i>	0,25	1,67

Fonte: Experiência de projetos anteriores

Tabela 5.9: Valores das probabilidades de sucesso.

<b>PROBABILIDADES DE SUCESSO</b>	
<b>Variável</b>	<b>Probabilidade (%)</b>
<i>p_PD1_ok</i>	80%
<i>p_PD2_ok</i>	70%
<i>p_Destil_ok</i>	65%
<i>p_SepRig_ok</i>	45%
<i>p_Enxof_ok</i>	35%
<i>p_Otimiz_ok</i>	90%

Fonte: Opinião de especialistas

### 5.2.2 Valor do projeto com flexibilidade

A partir dos dados de entrada e da construção da árvore como apresentado anteriormente, observa-se que quando são consideradas as flexibilidades, o projeto passa a ter um valor positivo de US\$ 8,49 milhões. No Apêndice II - Resultado da árvore de decisão estão apresentados os caminhos que aumentam o valor do projeto ao longo da árvore de decisão. Os valores abaixo das ramificações indicam o fluxo de caixa daquela etapa. Os valores acima das ramificações, entre colchetes, representam o valor esperado da função objetivo, que, neste caso, é a

maximização do valor do projeto. A linha mais espessa representa o caminho mais provável da árvore de decisão.

Algumas opções nunca são exercidas (entendendo o exercício da opção como o investimento na unidade produtiva integrada), e existem também outros caminhos que aumentam o valor do projeto, porém, o caminho que apresenta maior valor é aquele onde se dá o investimento na resolução de duas das incertezas: a remoção da seção de separação rigorosa e a otimização no balanço de vapor das unidades integradas seguido do investimento na unidade produtiva (caminho mostrado Apêndice II - Resultado da árvore de decisão). As opções relacionadas à última incerteza resultam 45% das vezes em “investir” e 55% das vezes em “abandonar”.

### **5.2.3 Análise de Sensibilidade**

Para facilitar o entendimento dos resultados realizou-se uma análise de sensibilidade das principais variáveis com relação ao valor do projeto com flexibilidades. Impondo uma variação de -10% até +10%, observou-se que o resultado é muito sensível à TMA (WACC) do projeto. Cabe ressaltar, neste ponto, que a TMA foi usada para desconto dos fluxos de caixa livres do projeto no período compreendido entre sua implantação (5 anos) e a fase de comercialização (15 anos), enquanto que a taxa livre de risco foi empregada para o desconto nas etapas anteriores, que envolvem toda a pesquisa e desenvolvimento e o trabalho sobre as sinergias identificadas no projeto. Além disso, o resultado mostrou-se sensível às mudanças nas probabilidades de sucesso da resolução das incertezas 4 e 6. Com menor intensidade, o custo e a duração destas etapas também apresentaram alguma influência no resultado. A variação nas demais variáveis, relacionadas às outras incertezas, não apresentam influência sobre o valor, já que é ótimo não investir nas suas resoluções. Na Figura 5.4 podem-se observar as variações no valor do projeto causadas pelos efeitos mencionados.

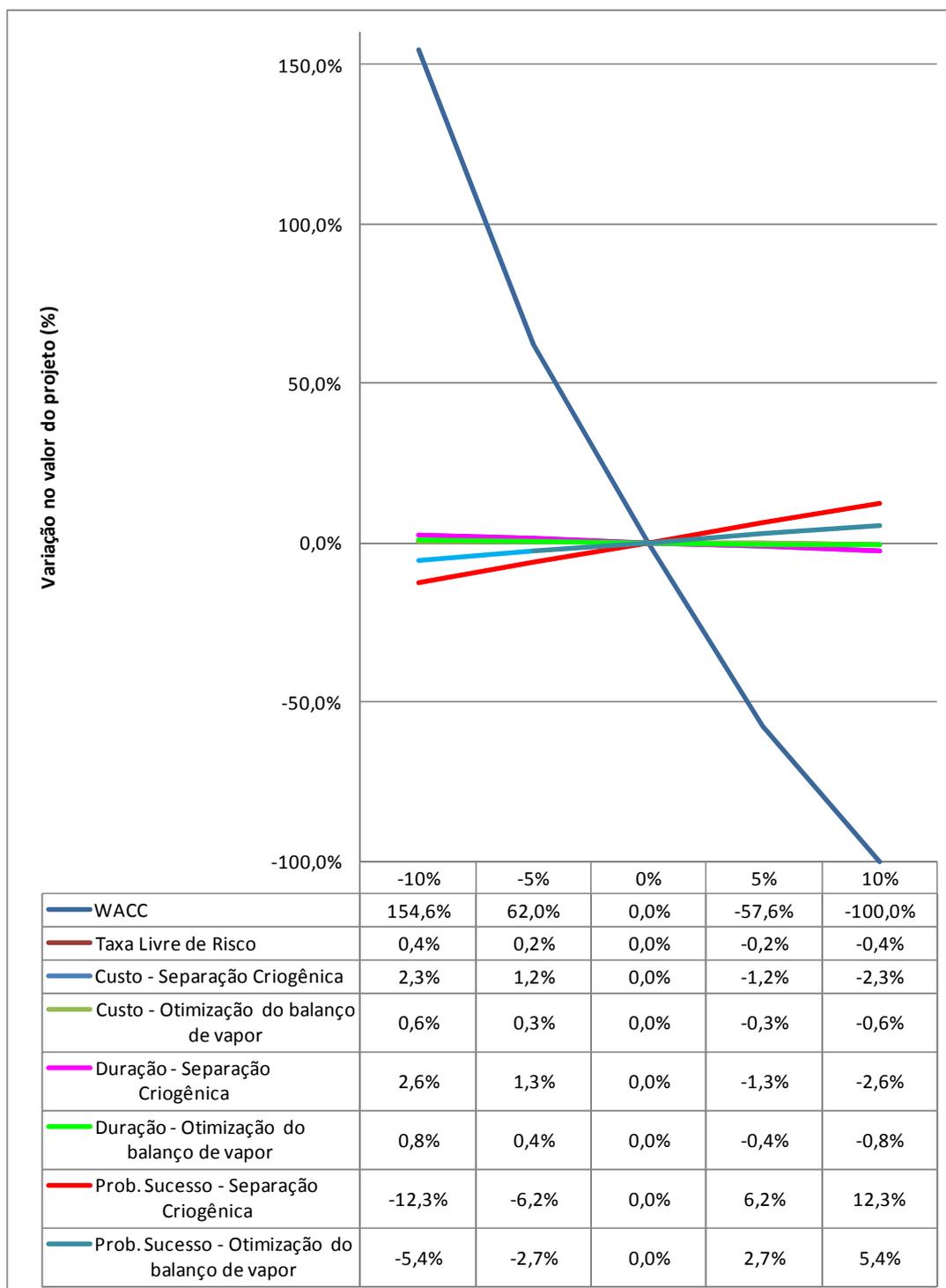


Figura 5.4: Análise de sensibilidade do valor do projeto.

### 5.3 Análise dos resultados e limitações

Os resultados da simples projeção dos fluxos de caixa do projeto (VPL sem flexibilidade) apontam para a não implementação da unidade produtiva

integrada. O alto custo do investimento no Brasil é um dos grandes responsáveis por este resultado negativo, e foi esta a motivação para o aprofundamento do estudo e para a investigação das incertezas e das opções existentes no projeto.

Como cada incerteza está atrelada a um conjunto de opções, nota-se que algumas delas nunca são exercidas, de modo a preservar o valor do projeto e dar continuidade até que uma incerteza que agregue valor seja resolvida. O resultado obtido com a árvore de decisão mostra que as flexibilidades existentes agregam valor ao projeto. Nesse caso, a diferença entre o valor do projeto com e sem flexibilidade foi de US\$ 38,6 milhões, o que representa o valor adicionado pelas opções reais. A responsabilidade por este aumento de valor pode ser atribuída a dois fatores relacionados entre si:

- (1) Agir de maneira estratégica: existia uma esperança de que os projetos de pesquisa e desenvolvimento e mesmo as sinergias identificadas neste caso agregassem valor ao projeto. Esta esperança era depositada no fato de que, em geral, os pesquisadores enaltecem as características positivas do projeto e minimizam seus revezes. A modelagem minuciosa e imparcial dos impactos de cada uma das incertezas ofereceu mais clareza para a tomada de decisão, evitando assim, desperdício de tempo e de recursos;
- (2) Com isso, destacaram-se aquelas incertezas que apresentam maior potencial de auxiliar o projeto a se tornar rentável. São elas: a remoção da seção de separação rigorosa e a otimização do balanço de vapor da unidade, já que a primeira oferece uma redução significativa no CAPEX – lembrando que o CAPEX é o maior problema da análise de FCD – e ambas reduzem o consumo de insumos caros (fluido de processo na primeira e vapor na segunda).

Cabe ressaltar que a otimização do balanço de vapor precisa ser a última incerteza a ser resolvida porque o seu arranjo é diferente para cada configuração da unidade.

O fato de a opção “continuar” ocorrer desde a opção 1 até a opção 5 mostra que existem incertezas que merecem atenção pelas empresas envolvidas, caso contrário, a opção abandonar apareceria em seu lugar. Além disso, o último conjunto de opções (“investir” ou “abandonar”), relacionado com a resolução da otimização do balanço de vapor, guarda uma relação direta com a resolução da incerteza da remoção da seção de separação rigorosa. Todas as vezes em que esta incerteza é resolvida com sucesso, a opção “investir” é exercida. Isto significa que somente a otimização do balanço de vapor não é suficiente para viabilizar o projeto, mas, ainda assim, ela agrega valor quando a seção de separação rigorosa é removida.

Uma observação interessante pode ser feita neste ponto. É intuitivo que o valor das flexibilidades seja sempre positivo, sendo este o ponto defendido em toda a análise de opções reais e a razão pela qual existe aumento no valor do projeto quando as flexibilidades são consideradas. Porém, neste caso particular, observou-se que nem toda resolução de incerteza agrega valor ao projeto. Isto se explica, pelo fato de que “embora a flexibilidade tenha sempre um valor positivo, o preço que você tem de pagar por ela não raro supera seu valor” (Copeland e Antikarov, 2002, p. 14). Portanto, neste caso existem flexibilidades que, apesar de apresentarem valor positivo, têm um custo de implementação, ou resultam em um custo operacional superior ao seu benefício esperado.

Existem, de fato, limitações nesta análise. Este tipo de estudo se caracteriza pela multidisciplinaridade e pela dependência da opinião de profissionais especialistas em diferentes tópicos. Desta forma, a primeira barreira encontra-se no desconhecimento da técnica e na dificuldade de admitir as fraquezas e revezes das alternativas identificadas. Este comportamento é natural, visto que, para realizar uma pesquisa, é necessário, em primeiro lugar, acreditar nela. Porém, este tipo de visão faz com que as probabilidades de sucesso empregadas não sejam exatamente probabilidades neutras ao risco, e podem resultar em avaliações muito otimistas (negligenciando o risco), o que afeta diretamente o valor do projeto, como foi visto na análise de sensibilidade. Também por conta desta dificuldade em mapear aspectos negativos de cada uma

das incertezas, é possível que estes estejam subdimensionados. No entanto, nesse estudo não foram consideradas as incertezas de mercado (preço dos produtos A e B, custo de energia, etc.), dado que a firma tem a opção e não a obrigação de continuar cada fase do projeto de P&D, estas incertezas poderiam agregar valor ao projeto, incluindo o exercício de algumas opções que no caso base não foi ótimo exercer. A inclusão de incertezas de mercado interagindo com as incertezas técnicas fica como sugestão para um futuro trabalho de opções reais.

Uma vantagem identificada se refere ao fato que um dos resultados deste tipo de estudo é alertar para caminhos que não devem ser tomados, e possibilitar que os fatores que estão tornando os projetos de pesquisa e de melhorias “negativos” sejam revistos e novas possibilidades surjam, para que se faça uma nova análise, até que o tomador da decisão esteja confortável a respeito do que merece investimento e do que não merece. Apesar de apontar um caminho ótimo, cabe lembrar que a árvore de decisão não tem a ambição de predizer o futuro. Ela é uma fotografia das expectativas relacionadas a este projeto tomando por base as referências atuais. E esta é outra vantagem, visto que, ao longo do tempo, caso cenários diferentes daqueles que foram mapeados sejam revelados, sempre é possível investir ou abandonar.

Uma análise baseada apenas em opções reais também poderá falhar ao não identificar a importância da interação entre os concorrentes no mercado e a possível reação deles a uma sinalização, que pode ser, por exemplo, um investimento. Os modelos de opções reais, muitas vezes, consideram o mercado perfeito e um único agente isolado e não levam em conta as possíveis interações estratégicas entre os investidores. Porém, o que se observa é que a maioria das decisões de investimento se insere em um ambiente corporativo que certamente é um ambiente de incerteza. Existe o risco de investimentos prematuros, que é ainda maior quando há a vantagem em ser o primeiro a investir, para tomar o mercado ou dominar uma tecnologia. Neste sentido, uma futura extensão desse trabalho é considerar a interação estratégica entre as firmas usando a teoria dos jogos combinada com a teoria das opções reais, a chamada *teoria dos jogos de opções reais* (ver, por ex., Smit & Trigeorgis (2004)).