

## 6 Resultados da Aplicação do Modelo

### 6.1 Introdução

No capítulo 5 foi apresentado o modelo geral para um projeto composto por  $T$  estágios. Agora será analisado o caso de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento de três estágios ( $T = 3$ ). O primeiro compreende as atividades de pesquisa básica; o segundo, as atividades de desenvolvimento; e o terceiro, as atividades de engenharia. Uma descrição detalhada de cada fase será evitada para que se possa direcionar a discussão para o modelo de apoio à decisão desenvolvido. A figura 6.1 mostra o processo de Pesquisa e Desenvolvimento e seus momentos de revisão.

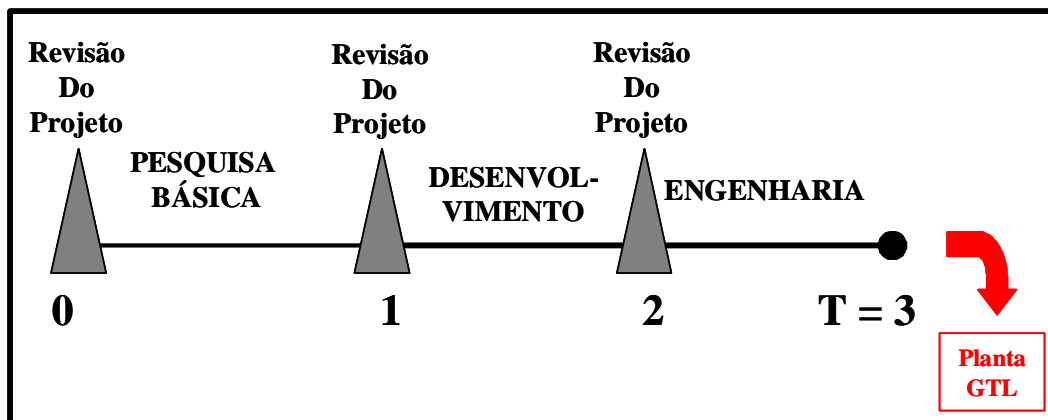


Figura 6.1 – Atividades do Processo de Pesquisa e Desenvolvimento com Três Estágios

### 6.2 Avaliação do Desempenho da Tecnologia

O desempenho da tecnologia vai ser observado ao longo do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, por meio da variável eficiência<sup>1</sup> da planta, que é expressa em termos percentuais na planilha de Francisco [7]. Ajuda a entender essa escolha a percepção de que quanto melhor o desempenho obtido pela tecnologia – monitorada em cada momento de revisão - maior a sua contribuição para o aumento da eficiência e para a diminuição do “CAPEX” da planta GTL.

<sup>1</sup> Coeficiente percentual que é multiplicado pela capacidade nominal da planta visando adequá-la à sua capacidade real de produção.

De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, o desenrolar aleatório do desempenho da tecnologia será capturado por uma treliça. As probabilidades de que a variável observada possa melhorar ou piorar são iguais ( $p = 1 - p = 50\%$ ). Ao passar de um estágio (anterior) para outro, o desempenho da tecnologia pode somar ou diminuir um percentual à eficiência do estágio anterior. Ao final do terceiro estágio os valores que enquadram a faixa relevante da função payoff são alcançados. A figura 6.2 ilustra essas considerações.

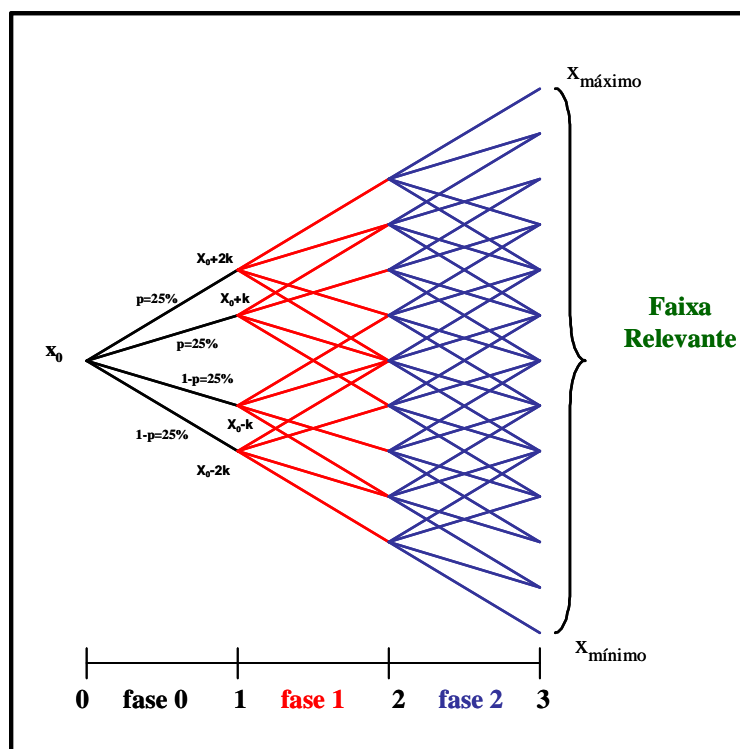


Figura 6.2 – Treliça e Probabilidades de Transição

### 6.3 Flexibilidade Gerencial e Custos

Em cada um dos estágios de revisão, a equipe encarregada pelo projeto pode: 1 - continuar o projeto a um custo que é desembolsado no início do estágio; 2 – abandonar o projeto sem custos adicionais. A opção que permite a melhoria do projeto, contemplada no modelo apresentado nos capítulos 4 e 5, não foi considerada devido ao entendimento de que, pelo menos neste momento, não consta do escopo do projeto.

Dependendo do estado do desempenho da tecnologia em cada momento de revisão, a regra de decisão do investimento indica se as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento deverão continuar ou não. O resultado da avaliação da opção de continuar com o projeto, depende do custo total implícito nessa ação, custo este que é composto por uma parte fixa e uma outra que varia linearmente de acordo com o tempo tomado para implantar a fase e são pagos no início de cada fase.

## **6.4**

### **A Função “Payoff”**

#### **6.4.1**

##### **Relação Eficiência e “CAPEX” da Planta**

Ao término do terceiro estágio do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, o estado alcançado pelo desempenho da tecnologia contribui para a formação do VPL da planta por meio do coeficiente de eficiência e da alteração provocada no “CAPEX” do empreendimento. A relação entre a eficiência e o “CAPEX” é uma questão complexa que, preferencialmente, deve ser abordada a partir da experiência e conhecimento técnicos de especialistas. Um outro caminho para se tratar dessa questão é a consulta à literatura especializada e trabalhos sobre o assunto.

A aplicação desta tese enveredou pelo segundo caminho e ficou estabelecida – embora haja muita flexibilidade nesse ponto – uma relação entre a eficiência e o “CAPEX”, na qual este último pode ser até 20% menor do que o valor de US\$25.000 por barril dia de produção proposto nos trabalhos de Francisco [7], Costa [8] e Vieira [9] . Assim, o valor máximo alcançado pela função “payoff” se relaciona a um “CAPEX” de US\$20.000 por barril dia e eficiência de 98,00%; e o valor mínimo de 88,00% se relaciona a um “CAPEX” de US\$25.000 por barril dia. Os valores intermediários da função payoff foram calculados com o auxílio da planilha desenvolvida por Francisco [7] e são mostrados pela tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Relação Eficiência - “CAPEX”

EFICIÊNCIA	"CAPEX" (US\$/bbl)
98,00%	20.000
96,50%	20.250
95,50%	20.750
95,00%	21.000
94,50%	22.000
93,50%	23.000
93,00%	23.500
91,00%	24.000
89,50%	24.250
88,50%	24.500
88,30%	24.600
88,10%	24.800
88,00%	25.000

#### 6.4.2 Tempo

O modelo deste trabalho considera o tempo para a implantação de cada uma das fases do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento uma variável aleatória, o que torna o momento inicial da construção planta GTL também incerto. Isto implica em que o cálculo do VPL para cada par Eficiência/“CAPEX” da função “payoff”, deva ser feito estendendo o período de projeção do Movimento Geométrico Browniano dos “input” e “outputs” usados pela planta, por um período igual à duração  $\tau$  (aleatória) de todo o projeto de Pesquisa & Desenvolvimento. Esta alternativa para calcular os valores da função “payoff” foi contornada, devido ao entendimento de que pode-se aproveitar a metodologia (planilha) desenvolvida por Francisco [7], usando como valor dos “input” e “outputs” o valor esperado destes preços  $E_t[P_\tau] = P_t e^{(r-\delta)(\tau-t)}$  ou<sup>2</sup>, posto que,  $(r-\delta)^3 = 0$ ,  $E_t[P_\tau] = P_t$ .

<sup>2</sup>  $E_t[P_\tau] = P_t e^{(r-\delta)(\tau-t)}$  é o valor esperado dos preço dos input (gás natural) e outputs (parafina, nafta, diesel e lubrificantes) obtido a partir da equação  $P_t = P_0 e^{[r-\delta-1/2\sigma^2]\Delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\Delta t}}$ , utilizada por Francisco [7] na Simulação de Monte Carlo Neutra ao Risco.

Com base nesta abordagem, os valores dos VPL's foram calculados para cada um dos pares Eficiência/"CAPEX" alcançados ao término do projeto de Pesquisa & Desenvolvimento. A tabela 6.2 e a figura 6.3 apresentam os valores alcançados para a função "payoff".

Tabela 6.2 – Função "Payoff"

<b>ESTADOS</b>	<b>EFIC</b>	<b>CAPEX (US\$/bbl)</b>	<b>VPL (US\$)</b>
1	98,00%	20.000	1.019.417.000
2	96,50%	20.250	895.054.400
3	95,50%	20.750	793.256.500
4	95,00%	21.000	742.357.600
5	94,50%	22.000	648.957.200
6	93,50%	23.000	518.825.000
7	93,00%	23.500	453.758.800
8	91,00%	24.000	278.497.500
9	89,50%	24.250	154.135.200
10	88,50%	24.500	66.504.490
11	88,30%	24.600	46.144.920
12	88,10%	24.800	20.118.480
13	88,00%	25.000	1.438.393

(\*) valores esperados do VPL da planta sem flexibilidade

Opex = 12,05% do Capex.

<sup>3</sup> Na dissertação de Francisco [7] a taxa de dividendo  $\delta$  foi considerada igual a taxa de juros  $r$  e, portanto,  $r - \delta = 0$ .

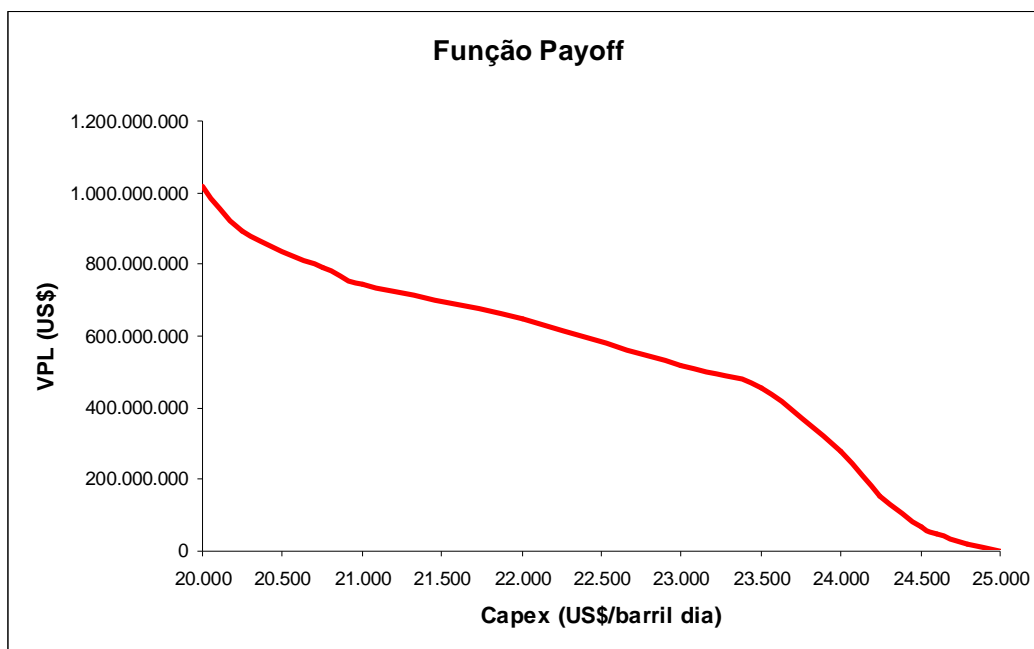


Figura 6.3 – Função “Payoff”

## 6.5 Cálculo do Valor da Flexibilidade

Consolidada a função “payoff”, o valor esperado da flexibilidade adicionada pela execução do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento foi calculado por meio de uma planilha Excel/@Risk (Apêndice I). A planilha foi estruturada de forma a simular<sup>4</sup> os valores da variável tempo necessário para implantação de cada uma das fases, produzindo os seguintes resultados: Valor Esperado do Projeto sem flexibilidade; Valor Esperado do Projeto com Flexibilidade; Valor Esperado da Flexibilidade; além de outras informações que permitem ampliar a análise dos resultados.

O valor da flexibilidade proporcionada pelo projeto de Pesquisa e Desenvolvimento é calculado utilizando o procedimento “backwards” da programação dinâmica para cada caminho aleatório, executado por intermédio de uma planilha em Excel/@RISK com as características destacadas a seguir:

1 – os valores dos VPL’s da função “payoff” são introduzidos manualmente na planilha Excel/@RISK ;

<sup>4</sup> As simulações foram feitas utilizando as distribuições Uniforme e Triangular, considerando que a soma do tempo de todas as fases do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento não poderia ultrapassar 4,5 anos.

- 2 – o sorteio da variável tempo pode ser feito escolhendo dois tipos de distribuições de probabilidades: triangular e uniforme<sup>5</sup>, e os parâmetros das distribuições são selecionados de acordo com a necessidade do projeto;
- 3 – a figura 6.4 ilustra a transição para um determinado estado de um estágio para outro;

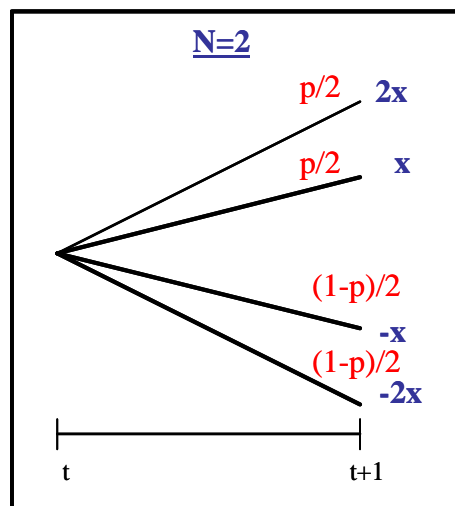


Figura 6.4 – Transição de Um Estágio para Outro

- 4 – As probabilidades de transição não são parâmetros fixados, mas escolhidos e introduzidos na planilha Excel/@RISK;
- 5 – Os custos fixos e variáveis, a taxa de juros livre de risco e o número de corridas de simulação não são parâmetros fixados, mas escolhidos e introduzidos na planilha Excel/@RISK. Os valores utilizados estão expostos na tabela 6.3

Tabela 6.3 – Custos (US\$), Taxa de Juros e Número de Simulações

Custo	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Fixo	12.000.000	12.000.000	12.500.000
Variável	18.000.000	28.000.000	37.500.000
Taxa de juros = 5% aa			
Número de simulações = 15.000			

<sup>5</sup> Foram desenvolvidas duas planilhas, uma para cada tipo de distribuição de probabilidades.

## 6.6 Análise de Sensibilidade

Entre as ferramentas disponíveis para abordar as incertezas associadas a um modelo, encontra-se a Análise de Sensibilidade. No contexto desta abordagem e de acordo com Saltelli [65], a decisão bem informada do gerente passa pelo estudo de como a incerteza no “output” do modelo pode ser atribuída às diferentes fontes de incertezas no “input” do mesmo. Segundo a autora, a Análise de Sensibilidade é considerada por alguns estudiosos como um pré-requisito para a construção de um modelo, em todas aquelas áreas em que os modelos são usados.

No contexto dos negócios, a Análise de Sensibilidade pode lidar com inúmeros problemas. Ela pode ajudar na comparação de modelos com estruturas diferentes; em indicações para coleta de dados e informações futuras; na comparação dos diferentes pressupostos a respeito dos parâmetros de entrada; na simplificação ou aprimoramento de modelos; etc. Evidentemente que existem também as desvantagens. Dentre elas, pode-se citar casos em que os “inputs” são variáveis correlacionadas, e o seu tratamento individualizado pode acarretar resultados não realistas; ou o caso em que a atribuição de valores depende da visão subjetiva da pessoa, pois afinal existem pessoas que são mais otimistas e aquelas que são mais pessimistas.

Percebida do ponto de vista de muitos livros textos de finanças, a Análise de Sensibilidade se encontra bastante simplificada. Ela pretende identificar as variáveis mais importantes dos fluxos de caixa (preços dos “inputs” e “outputs”, quantidades, etc) e a sua contribuição para a formação do Valor Presente Líquido de um projeto, fazendo diversas hipóteses sobre essas variáveis. Procura-se assim isolar aquelas variáveis que, mantidas as demais constantes, impactam mais significativamente o VPL. Entretanto, conforme esclarece o sítio da JRC European Commission [66], as idéias ligadas à abordagem vem evoluindo com o tempo de forma a incorporar incertezas na estrutura, nos pressupostos e nas especificações do modelo.

Saltelli [65] esclarece que o modelo computacional pode ser usado para fazer prognósticos ou diagnósticos. No primeiro caso ou modo, que é o dessa tese, o conhecimento a respeito da distribuição de probabilidades dos fatores de “input” já é dado; no segundo, a distribuição dos “inputs” é considerada uma distribuição



a priori e com base nas evidências, a análise deve ser conduzida no sentido de atualizar a distribuição dos fatores de “input” ou a formulação do modelo.

Apesar de todo o seu potencial, a Análise de Sensibilidade não prescreve um curso de ação ótimo e por isso é um método de suporte ao gerente no processo de tomada de decisão. Seu objetivo é aprofundar o conhecimento a respeito do comportamento de uma medida de mérito (no nosso estudo o valor da flexibilidade proporcionada por um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento) sob condições de incerteza. Ao gerente, cabe a decisão final.

## **6.7**

### **Resultados**

Nesta seção, dedicada aos resultados do trabalho, a Análise de Sensibilidade é aplicada para considerar diversos fatores que podem afetar o valor da flexibilidade propiciada pelo projeto de Pesquisa e Desenvolvimento. Especificamente, será avaliado o impacto decorrente do aumento dos seguintes fatores: variância do tempo de duração das fases; valor esperado do tempo de duração das fases; custo variável das fases; e a taxa de juros do projeto. Para dar ênfase à questão da importância da distribuição de probabilidades que governa a variável tempo, compara-se também os valores alcançados pelas flexibilidades utilizando as distribuições uniforme e triangular quando estas assumem: valores esperados fixos e variâncias crescentes; e variâncias fixas e valores esperados crescentes. É bom observar que os valores fixados são os mesmos e que os valores que variam para os casos analisados o fazem de forma idêntica para cada uma das distribuições.

#### **6.7.1**

##### **Variância**

A variância ou o desvio padrão (termos usados de forma intercambiável) forma uma idéia a respeito da incerteza da duração de cada uma das fases do projeto. À medida que o desvio padrão da variável tempo aumenta, a probabilidade de que o projeto leve mais ou menos tempo para terminar também aumenta.

Com base nos parâmetros das tabelas 6.4 e 6.5 foram construídos as tabelas 6.6 e 6.7 e as figuras 6.5 e 6.6, que mostram o quanto valor esperado da

flexibilidade do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento é sensível em relação ao aumento da variância do tempo de implantação de cada uma das fases do projeto de P&D (aumentos iguais para todas as fases). Para ambas as distribuições o aumento da variância da variável tempo contribui para o aumento do valor da flexibilidade.

Tabela 6.4 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.6 e Figura 6.5

<b>TEMPO: DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>			
<b>LIMITES</b>		<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,3000	1,1500	0,0866
0,9750	1,3250	1,1500	0,1010
0,9500	1,3500	1,1500	0,1155
0,9250	1,3750	1,1500	0,1299
0,9000	1,4000	1,1500	0,1443
0,8750	1,4250	1,1500	0,1588
0,8500	1,4500	1,1500	0,1732
0,8250	1,4750	1,1500	0,1876
0,8000	1,5000	1,1500	0,2021

Obs: tempo em anos

Tabela 6.5 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.7 e Figura 6.6

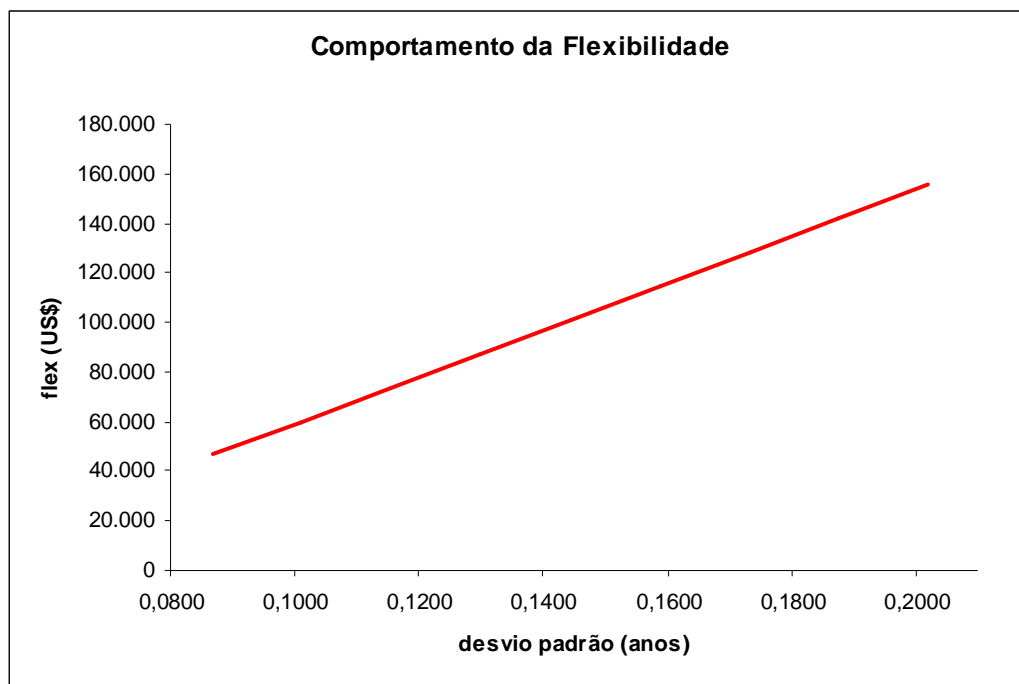
<b>TEMPO: DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR</b>				
<b>LIMITES E MODA</b>			<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>MODA</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,1500	1,3000	1,1500	0,0612
0,9750	1,1500	1,3250	1,1500	0,0714
0,9500	1,1500	1,3500	1,1500	0,0816
0,9250	1,1500	1,3750	1,1500	0,0919
0,9000	1,1500	1,4000	1,1500	0,1021
0,8750	1,1500	1,4250	1,1500	0,1123
0,8500	1,1500	1,4500	1,1500	0,1225
0,8250	1,1500	1,4750	1,1500	0,1327
0,8000	1,1500	1,5000	1,1500	0,1429

Obs: tempo em anos

**Tabela 6.6 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist U**  
(Variável Tempo: Valor Esperado Constante - Desvio Padrão Aumenta)

Desvio Padrão(*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
0,0866	226.449.800	226.403.200	46.562
0,1010	226.470.400	226.410.500	59.806
0,1155	226.491.600	226.418.400	73.256
0,1299	226.513.500	226.426.600	86.847
0,1443	226.535.900	226.435.400	100.537
0,1588	226.558.900	226.444.600	114.288
0,1732	226.582.400	226.454.300	128.091
0,1876	226.606.400	226.464.500	141.939
0,2021	226.631.000	226.475.200	155.824

(\*) tempo em anos



**Figura 6.5 - Comportamento da Flexibilidade - Dist U**  
(Variável Tempo: Valor Esperado Constante - Desvio Padrão Aumenta)

Tabela 6.7 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist T  
(Variável Tempo: Valor Esperado Constante - Desvio Padrão Aumenta)

Desvio Padrão(*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
0,0612	226.415.800	226.392.800	23.049
0,0714	226.428.600	226.397.600	31.054
0,0816	226.441.900	226.402.500	39.362
0,0919	226.455.600	226.407.800	47.874
0,1021	226.469.800	226.413.200	56.545
0,1123	226.484.300	226.418.900	65.334
0,1225	226.499.100	226.424.900	74.214
0,1327	226.514.200	226.431.100	83.166
0,1429	226.529.700	226.437.500	92.172

(\*) tempo em anos

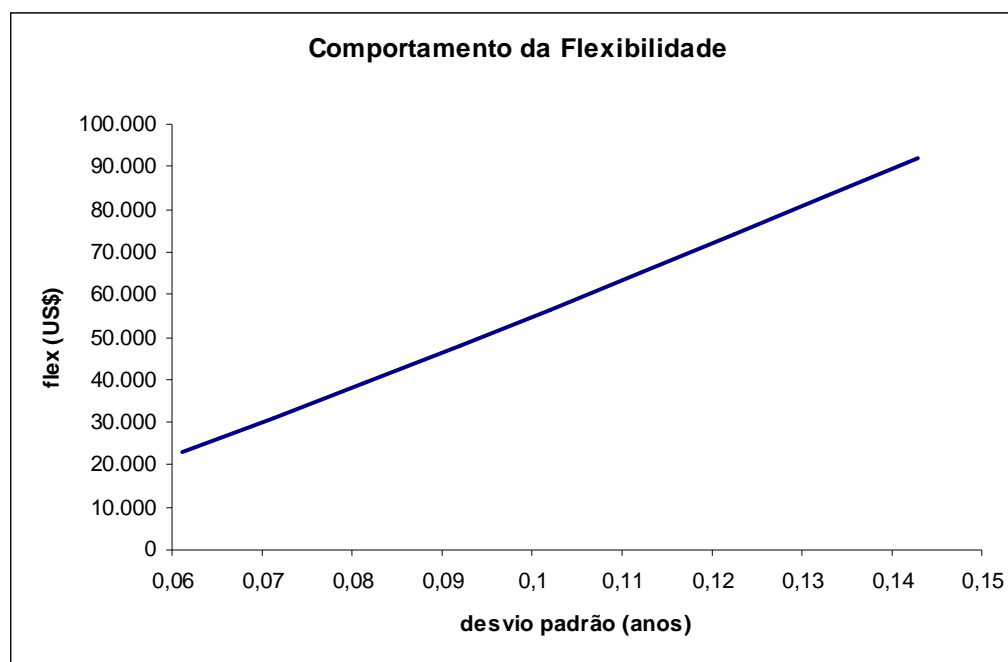


Figura 6.6 - Comportamento da Flexibilidade - Dist T

(Variável Tempo: Valor Esperado Constante - Desvio Padrão Aumenta)

Este comportamento é melhor compreendido observando-se os limites inferior e superior das tabelas 6.4 e 6.5. Por um lado verifica-se que à medida que a variância aumenta, o limite inferior diminui, indicando que a fase pode ser implantada mais rapidamente e a um custo menor; por outro lado, o aumento do limite superior que implica em mais tempo e custos maiores para implantação da fase, pode ter suas conseqüências mitigadas pelo exercício da opção de abandono

embutida no projeto de P&D e que pode ser exercida em qualquer uma de suas fases.

### 6.7.2 Valor Esperado

Com os parâmetros das tabelas 6.8 e 6.9 foram montadas as tabelas 6.10 e 6.11 e as figuras 6.7 e 6.8 que mostram como o valor esperado da flexibilidade se comporta em relação ao aumento do valor esperado do tempo de duração das fases do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento. Os resultados obtidos encaminha a análise para a mesma conclusão da seção anterior. Embora assumindo funções nitidamente diferentes em um caso e outro, o aumento do valor esperado do tempo aumenta o valor da flexibilidade para ambas as distribuições. Apesar dessa constatação, os gerentes devem tomar cuidado ao interpretar esses resultados, pois precisam observar as condições do mercado em que operam e ficarem atentos à sua janela de oportunidade, para que a entrada de competidores não venha erodir o valor da função “payoff” do projeto.

Tabela 6.8 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.10 e Figura 6.7

<b>DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>			
<b>LIMITES</b>		<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,3000	1,1500	0,0866
1,0250	1,3250	1,1750	0,0866
1,0500	1,3500	1,2000	0,0866
1,0750	1,3750	1,2250	0,0866
1,1000	1,4000	1,2500	0,0866
1,1250	1,4250	1,2750	0,0866
1,1500	1,4500	1,3000	0,0866
1,1750	1,4750	1,3250	0,0866
1,2000	1,5000	1,3500	0,0866

Obs: tempo em anos

**Tabela 6.9** - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.11 e Figura 6.8

<b>DISTRIBUIÇÃO TRIAGULAR</b>				
<b>LIMITES E MODA</b>			<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>MODA</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,1500	1,3000	1,1500	0,0612
1,0250	1,1750	1,3250	1,1750	0,0612
1,0500	1,2000	1,3500	1,2000	0,0612
1,0750	1,2250	1,3750	1,2250	0,0612
1,1000	1,2500	1,4000	1,2500	0,0612
1,1250	1,2750	1,4250	1,2750	0,0612
1,1500	1,3000	1,4500	1,3000	0,0612
1,1750	1,3250	1,4750	1,3250	0,0612
1,2000	1,3500	1,5000	1,3500	0,0612

Obs: tempo em anos

Tabela 6.10 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist U

(Variável Tempo: Valor Esperado Aumenta - Desvio Padrão Constante)

Valor Esperado (*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
1,150	226.449.800	226.403.200	46.562
1,175	223.393.800	223.323.900	69.868
1,200	220.352.800	220.254.900	97.839
1,225	217.326.600	217.196.300	130.306
1,250	214.314.900	214.147.900	167.014
1,275	211.317.900	211.109.800	208.133
1,300	208.335.500	208.081.800	253.625
1,325	205.367.600	205.064.100	303.523
1,350	202.413.600	202.056.400	357.206

(\*) tempo em anos

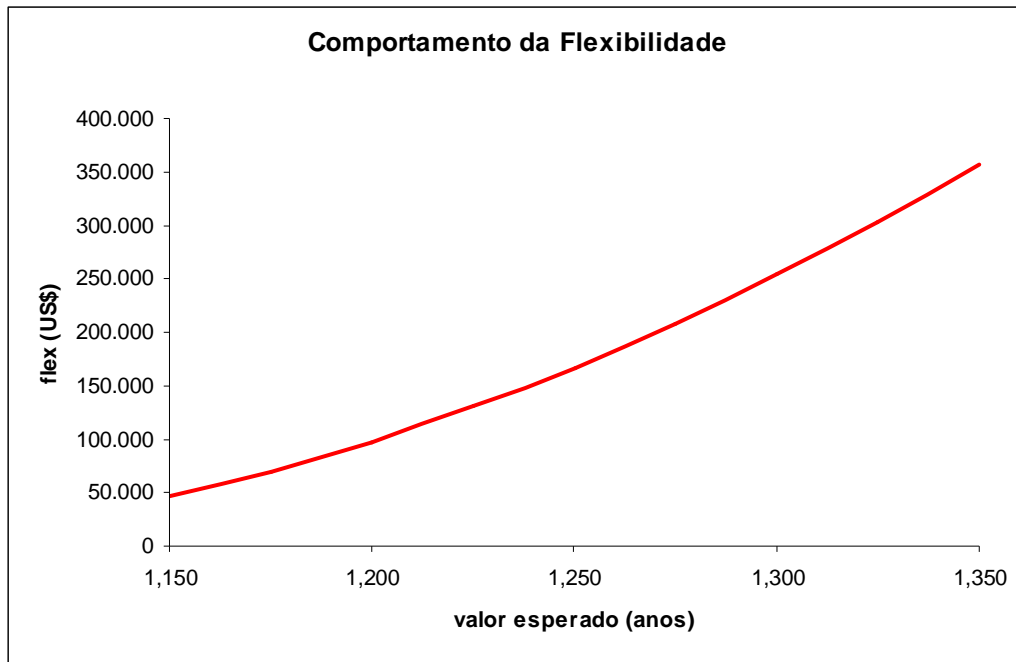


Figura 6.7 - Comportamento da Flexibilidade - Dist U

(Variável Tempo: Valor Esperado Aumenta - Desvio Padrão Constante)

Tabela 6.11 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist T

(Variável Tempo: Valor Esperado Aumenta - Desvio Padrão Constante)

Valor Esperado (*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
1,150	226.415.800	226.392.800	23.049
1,175	223.355.900	223.313.500	42.326
1,200	220.314.900	220.244.600	70.254
1,225	217.292.400	217.186.000	106.339
1,250	214.286.800	214.137.700	149.145
1,275	211.296.800	211.099.600	197.159
1,300	208.320.600	208.071.700	248.854
1,325	205.356.600	205.054.000	302.575
1,350	202.403.300	202.046.400	356.841

(\*) tempo em anos

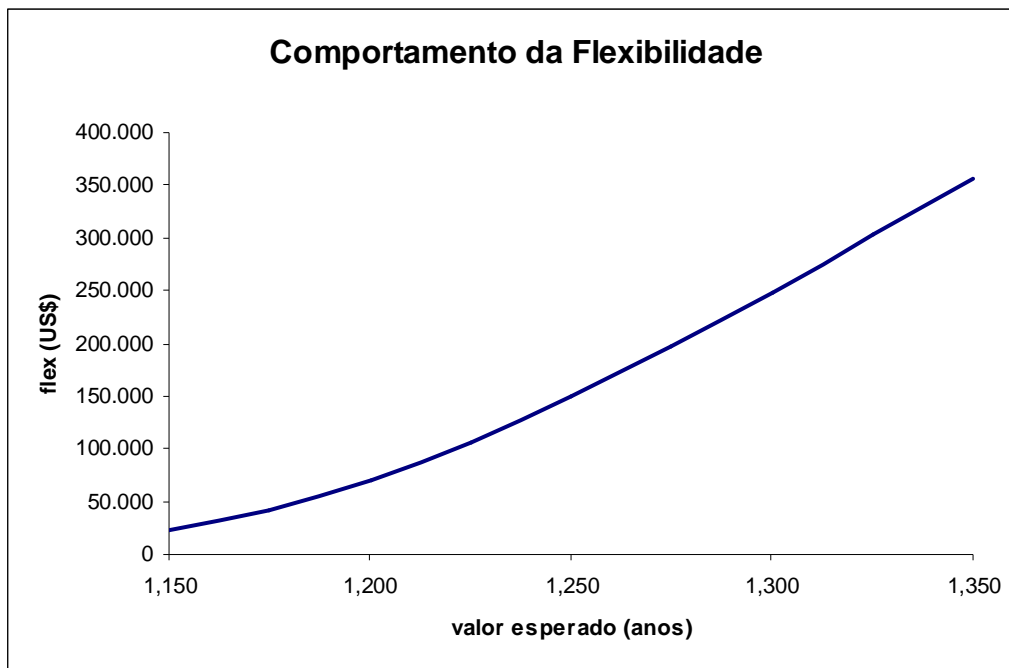


Figura 6.8 - Comportamento da Flexibilidade - Dist T  
(Variável Tempo: Valor Esperado Aumenta - Desvio Padrão Constante)

O comportamento da flexibilidade para ambas as distribuições de probabilidades pode ser explicado observando nas tabelas 6.10 e 6.11 os valores e as diferenças entre os VPLs do projeto com e sem flexibilidade. Como era de se esperar, o aumento do valor esperado de implantação das fases do projeto implica em valores menores para os VPLs. Entretanto, paralelamente a essa diminuição de valor, aumenta a diferença entre os VPLs com e sem flexibilidade. Tal situação pode ser entendida considerando que quanto maior o valor esperado do tempo da fase, maior é a cunha aberta entre os valores do projeto de P&D com e sem flexibilidade, causada pelo exercício mais intenso da opção de abandono. Cabe mencionar ainda, que a opção de abandono é exercida principalmente para os valores mais baixos da função “payoff”.

### 6.7.3 Custos Variáveis

Com base nos parâmetros das tabelas 6.12 e 6.13 foram montadas as Tabelas 6.14 e 6.15 e Figuras 6.9 e 6.10, que mostram como o valor esperado da flexibilidade se comporta em relação ao aumento dos custos variáveis necessários para implantar cada uma das fases do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento.



Tabela 6.12 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.14 e Figura 6.9

<b>DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>			
<b>LIMITES</b>		<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,3000	1,1500	0,0866

Obs: tempo em anos

Tabela 6.13 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.15 e Figura 6.10

<b>DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR</b>				
<b>LIMITES E MODA</b>			<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>MODA</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,0000	1,1500	1,3000	1,1500	0,0612

Obs: tempo em anos

Pode-se observar com o auxílio das tabelas 6.14 e 6.15 e das figuras 6.9 e 6.10 que o valor da flexibilidade se torna mais valioso à medida em que os custos variáveis aumentam tanto para a distribuição uniforme como para a triangular.

Tabela 6.14 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist U (Variável Tempo: Valor Esperado e Desvio Padrão Constantes - Custo Variável Aumenta)

Custo Variável(*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
4,00%	184.270.300	184.101.400	168.880
5,00%	183.438.900	183.253.600	185.344
6,00%	182.608.200	182.405.700	202.427
7,00%	181.778.000	181.557.900	220.141
8,00%	180.948.400	180.710.000	238.431
9,00%	180.119.500	179.862.200	257.293
10,00%	179.291.000	179.014.300	276.730
11,00%	178.463.200	178.166.500	296.717
12,00%	177.635.900	177.318.600	317.245

(%) percentual de aumento

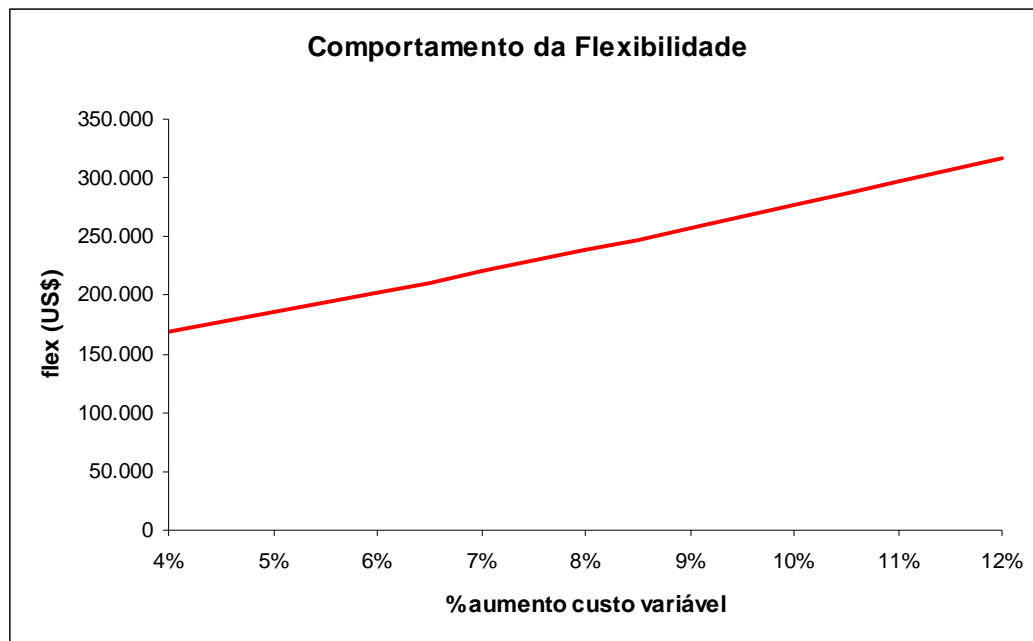


Figura - 6.9 - Comportamento da Flexibilidade - Dist U (Variável Tempo: Valor Esperado e Desvio Padrão Constantes - Custo Variável Aumenta)

Tabela 6.15 - Comportamento da Flexibilidade (US\$) - Dist T (Variável Tempo: Valor Esperado e Desvio Padrão Constantes - Custo Variável Aumenta)

Custo Variável(*)	VPL com flex	VPL sem flex	flex
4,00%	222.875.200	222.811.600	63.561
5,00%	221.994.000	221.916.300	77.718
6,00%	221.114.200	221.021.000	93.234
7,00%	220.235.700	220.125.700	109.987
8,00%	219.358.300	219.230.400	127.908
9,00%	218.482.000	218.335.100	146.883
10,00%	217.606.600	217.439.800	166.762
11,00%	216.731.900	216.544.500	187.450
12,00%	215.858.100	215.649.200	208.866

(\*) percentual de aumento

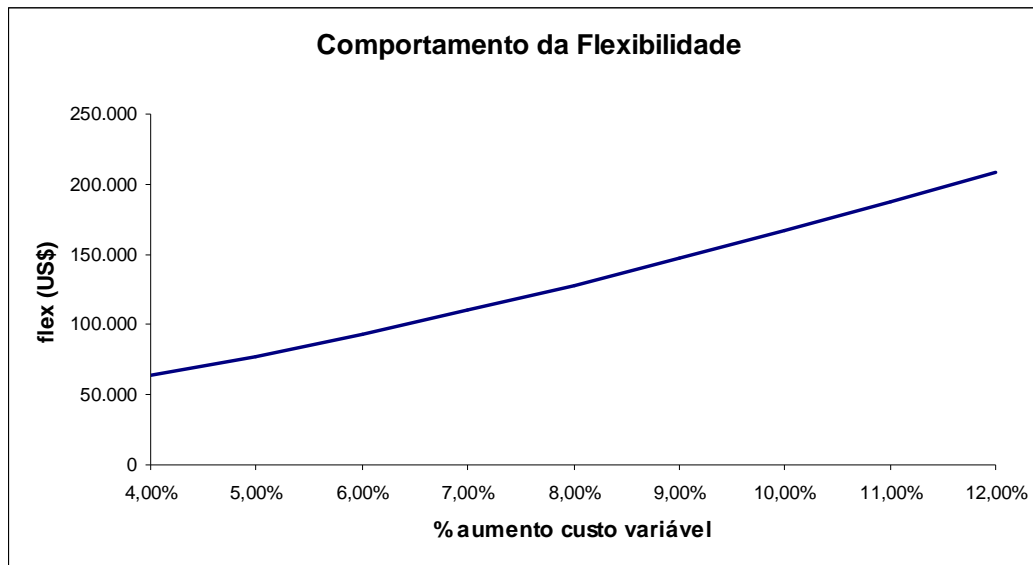


Figura 6.10 - Comportamento da Flexibilidade - Dist T (Variável Tempo: Valor Esperado e Desvio Padrão Constantes - Custo Variável Aumenta)

A explicação para o comportamento da flexibilidade com o aumento do custo para a implantação de cada uma das fases segue as mesmas linhas dos comentários feitos na seção anterior.

#### 6.7.4 Taxa de Juros

Para fazer a análise do comportamento da flexibilidade do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento em relação à taxa de juros foi necessário construir uma função<sup>6</sup> “payoff” para cada uma dessas taxas. A tabela 6.16 mostra os parâmetros utilizados para a construção de cada uma das funções bem como os valores resultantes da flexibilidade do projeto de P&D.

<sup>6</sup> Planilha Francisco [7]

Tabela 6.16 – Cálculo do Valor da Flexibilidade (US\$) para  
Diversas Taxas de Juros

VPL	FUNÇÕES "PAYOFF" (US\$)								
	2,00%	2,50%	3,00%	3,50%	4,00%	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%
1	1.743.704.000	1.598.374.000	1.464.004.000	1.339.704.000	1.224.659.000	1.118.123.000	1.019.417.000	927.915.800	843.050.000
2	1.569.955.000	1.434.418.000	1.309.148.000	1.193.308.000	1.086.135.000	986.930.100	895.054.400	809.923.400	731.002.300
3	1.431.416.000	1.303.153.000	1.184.646.000	1.075.099.000	973.785.200	880.040.300	793.256.500	712.878.100	638.396.400
4	1.362.147.000	1.237.521.000	1.122.395.000	1.015.994.000	917.610.200	826.595.300	742.357.600	664.355.500	592.093.400
5	1.241.791.000	1.122.478.000	1.012.301.000	910.513.000	816.433.200	729.437.800	648.957.200	574.469.800	505.498.700
6	1.069.195.000	958.272.800	855.903.200	761.386.000	674.081.800	593.406.300	518.825.000	449.849.100	386.031.600
7	982.896.800	876.170.300	777.704.400	686.822.500	602.906.200	525.390.500	453.758.800	387.538.800	326.298.000
8	739.878.000	646.582.300	560.597.300	481.322.200	408.207.800	340.752.400	278.497.500	221.023.700	167.947.300
9	566.128.400	482.626.400	405.741.000	334.926.400	269.684.300	209.559.300	154.135.200	103.031.300	55.899.620
10	444.619.000	367.832.400	297.187.400	232.176.300	172.335.100	117.240.300	66.504.490	19.773.750	-23.275.730
11	416.911.400	341.579.600	272.287.100	208.534.400	149.865.100	95.862.300	46.144.920	364.695	-41.796.920
12	385.588.000	311.746.400	243.841.000	181.380.100	123.915.000	71.035.590	20.118.480	-22.432.650	-63.677.340
13	358.320.900	285.729.900	218.988.700	157.612.800	101.159.400	49.224.490	1.438.393	-42.536.580	-83.009.270
<b>DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>	<b>inf = 1,000</b>		<b>sup = 1,300</b>						
VPL com flex	734.207.400	626.184.100	528.801.400	441.025.700	361.926.800	290.667.000	226.449.800	171.038.300	124.272.400
VPL sem flex	734.207.400	626.184.100	528.801.400	441.025.700	361.926.800	290.667.000	226.403.200	168.721.500	116.742.900
Flexibilidade	0	0	0	0	0	0	46.562	2.316.831	7.529.496
<b>DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR</b>	<b>inf = 1,000</b>		<b>moda = 1,150</b>		<b>sup = 1,300</b>				
vpl flex	734.198.900	626.174.800	528.791.500	441.015.300	361.916.200	290.656.400	226.415.800	171.028.000	124.261.800
vpl	734.198.900	626.174.800	528.791.500	441.015.300	361.916.200	290.656.400	226.392.800	168.711.500	116.733.600
Flexibilidade	0	0	0	0	0	0	23.049	2.316.409	7.528.197

obs: Taxa de juros anual; Opex = 12,05% do CAPEX; ALFA = 90%.

inf = limite inferior da distribuição; moda = moda da distribuição; sup = valor superior da distribuição.

A partir da Tabela 6.16 foram construídos as Tabelas 6.17 e 6.18 e as figuras 6.11 e 6.12. Pode ser observado que, para ambas as distribuições, a flexibilidade deixa o valor zero e aumenta a partir de um determinado patamar da taxa de juros. Os valores nulos para a flexibilidade podem ser explicados levando em consideração que quanto menor a taxa de juros usada para desconto do fluxo de caixa da planta GTL, maiores serão os valores da função “payoff”, implicando no não exercício da opção de abandono; à medida que a taxa de juros aumenta, diminuindo os valores da função “payoff”, o exercício da opção de abandono distancia os valores dos VPLs com e sem flexibilidade.

Tabela 6.17 – Comportamento da Flexibilidade (US\$) em Relação ao  
Aumento % da Taxa de Juros – Distribuição U

Taxa de Juros Anual	VPL com flex	VPL sem flex	Flexibilidade
2,00%	734.207.400	734.207.400	0
2,50%	626.184.100	626.184.100	0
3,00%	528.801.400	528.801.400	0
3,50%	441.025.700	441.025.700	0
4,00%	361.926.800	361.926.800	0
4,50%	290.667.000	290.667.000	0
5,00%	226.449.800	226.403.200	46.562
5,50%	171.038.300	168.721.500	2.316.831
6,00%	124.272.400	116.742.900	7.529.496

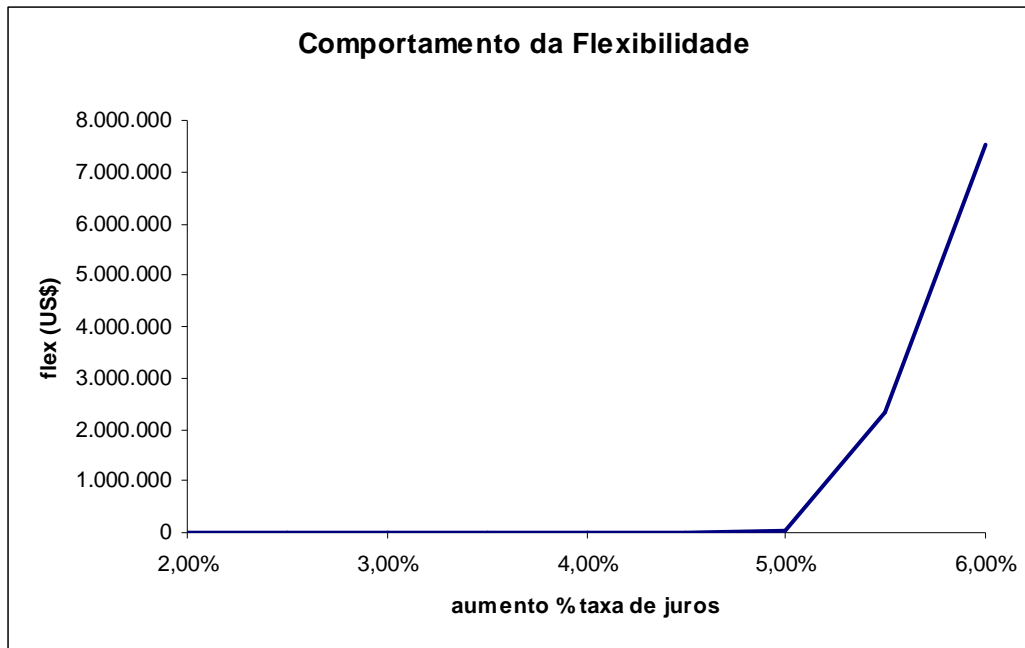


Figura 6.11 – Comportamento da Flexibilidade em Relação ao Aumento % da Taxa de Juros – Distribuição U

Tabela 6.18 – Comportamento da Flexibilidade (US\$) em Relação ao Aumento % da Taxa de Juros – Distribuição T

Taxa de Juros Anual	VPL com flex	VPL sem flex	Flexibilidade
2,00%	734.198.900	734.198.900	0
2,50%	626.174.800	626.174.800	0
3,00%	528.791.500	528.791.500	0
3,50%	441.015.300	441.015.300	0
4,00%	361.916.200	361.916.200	0
4,50%	290.656.400	290.656.400	0
5,00%	226.415.800	226.392.800	23.049
5,50%	171.028.000	168.711.500	2.316.409
6,00%	124.261.800	116.733.600	7.528.197

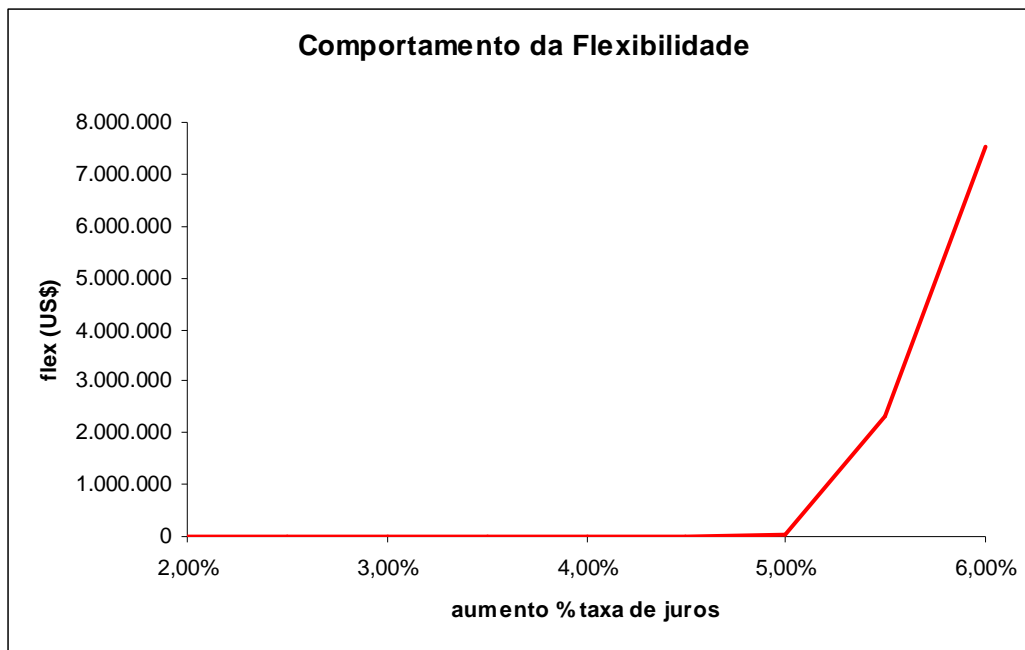


Figura 6.12 – Comportamento da Flexibilidade em Relação ao Aumento % da Taxa de Juros – Distribuição T

### 6.7.5

#### Comparações do Comportamento das Flexibilidades para as Distribuições Uniforme e Triangular

Os resultados obtidos e apresentados até esse momento são muito importantes, no sentido de indicar aos gerentes da equipe de Pesquisa e Desenvolvimento valores e uma tendência geral do impacto de alguns fatores também importantes para a rentabilidade do projeto. Entretanto, é preciso um escrutínio mais acurado para que se ressalte ainda mais a importância da escolha da distribuição de probabilidades para a avaliação do investimento.

Essa abordagem será feita considerando-se duas situações: na primeira delas serão mostradas as diferenças entre os valores das flexibilidades obtidas para as distribuições de probabilidades uniforme e triangular que possuem a mesma média (constante) e variâncias que aumentam de forma idêntica; na outra, a mesma variância (constante) será mantida e a média será aumentada de forma idêntica para ambas as distribuições de probabilidades.

### 6.7.5.1 Média Constante – Desvio Padrão Crescente

As tabelas 6.19 e 6.20 mostram os parâmetros com os quais foram construídos a tabela 6.21 e a figura 6.13.

**Tabela 6.19** - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.21  
e Figura 6.13 (Distribuição U)

<b>DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>			
<b>LIMITES</b>		<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,043998	1,256002	1,1500	0,0612
1,026332	1,273668	1,1500	0,0714
1,008665	1,291335	1,1500	0,0816
0,990825	1,309175	1,1500	0,0919
0,973158	1,326842	1,1500	0,1021
0,955491	1,344509	1,1500	0,1123
0,937824	1,362176	1,1500	0,1225
0,920157	1,379843	1,1500	0,1327
0,902490	1,397510	1,1500	0,1429

obs: tempo em anos

**Tabela 6.20** - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.21  
e Figura 6.13 (Distribuição T)

<b>DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR</b>				
<b>LIMITES E MODA</b>			<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>MODA</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,000000	1,150000	1,300000	1,1500	0,0612
0,975000	1,150000	1,325000	1,1500	0,0714
0,950000	1,150000	1,350000	1,1500	0,0816
0,925000	1,150000	1,375000	1,1500	0,0919
0,900000	1,150000	1,400000	1,1500	0,1021
0,875000	1,150000	1,425000	1,1500	0,1123
0,850000	1,150000	1,450000	1,1500	0,1225
0,825000	1,150000	1,475000	1,1500	0,1327
0,800000	1,150000	1,500000	1,1500	0,1429

obs: tempo em anos

Tabela 6.21 – Comparação de Valores (US\$) Gerados pelas Distribuições Uniforme e Triangular (Média Constante – Desvio Padrão Crescente)

Desvio Padrão(*)	flex U	flex T	dif (U - T)
0,0612	24.199	23.049	1.150
0,0714	32.976	31.054	1.923
0,0816	42.041	39.362	2.679
0,0919	51.393	47.874	3.518
0,1021	60.791	56.545	4.245
0,1123	70.287	65.334	4.953
0,1225	79.861	74.214	5.647
0,1327	89.493	83.166	6.327
0,1429	99.171	92.172	6.999

(\*) Tempo em anos

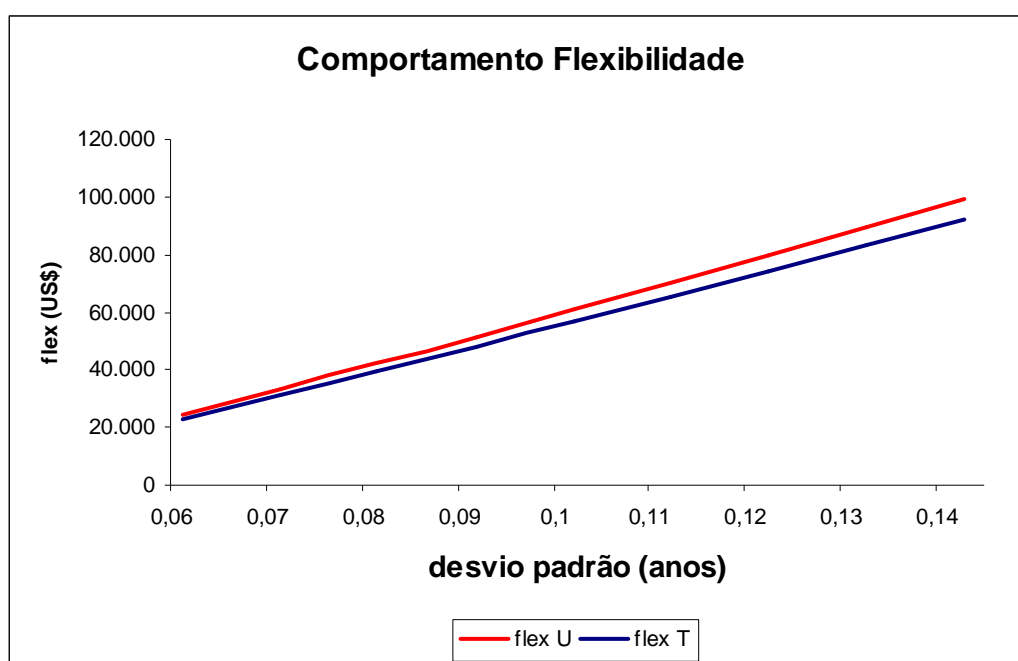


Figura 6.13 – Comparação de Valores Gerados pelas Distribuições Uniforme e Triangular (Média Constante – Desvio Padrão Crescente)

A tabela 6.21 e a figura 6.13 mostram que para uma mesma média para as distribuições de probabilidades, o aumento da incerteza faz com que os valores gerados pela distribuição de probabilidades uniforme domine aqueles gerados pela distribuição de probabilidades triangular.



### 6.7.5.2

#### Média Crescente – Desvio Padrão Constante

As tabelas 6.22 e 6.23 mostram os parâmetros com os quais foram construídas a tabela 6.24 e a figura 6.14

Tabela 6.22 - Parâmetros Utilizados para Construir Tabela 6.24  
e Figura 6.14 (Distribuição U)

<b>DISTRIBUIÇÃO UNIFORME</b>			
<b>LIMITES</b>		<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,043998	1,256002	1,150000	0,0612
1,068998	1,281002	1,175000	0,0612
1,093998	1,306002	1,200000	0,0612
1,118998	1,331002	1,225000	0,0612
1,143998	1,356002	1,250000	0,0612
1,168998	1,381002	1,275000	0,0612
1,193998	1,406002	1,300000	0,0612
1,218998	1,431002	1,325000	0,0612
1,243998	1,456002	1,350000	0,0612

Obs: tempo em anos

Tabela 6.23 - Parâmetros Utilizados Para Construir Tabela 6.24  
e Figura 6.14 (Distribuição T)

<b>DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR</b>				
<b>LIMITES E MODA</b>			<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>INFERIOR</b>	<b>MODA</b>	<b>SUPERIOR</b>		
1,000000	1,150000	1,300000	1,150000	0,0612
1,025000	1,175000	1,325000	1,175000	0,0612
1,050000	1,200000	1,350000	1,200000	0,0612
1,075000	1,225000	1,375000	1,225000	0,0612
1,100000	1,250000	1,400000	1,250000	0,0612
1,125000	1,275000	1,425000	1,275000	0,0612
1,150000	1,300000	1,450000	1,300000	0,0612
1,175000	1,325000	1,475000	1,325000	0,0612
1,200000	1,350000	1,500000	1,350000	0,0612

Obs: tempo em anos

Tabela 6.24 – Comparação Valores (US\$) Gerados pelas Distribuições Uniforme e Triangular (Média Crescente – Desvio Padrão Constante = 0,0612 anos)

Valor Esperado(*)	flex U	flex T	dif (U - T)
1,15000	24.199	23.049	1.150
1,17500	45.454	42.326	3.128
1,20000	73.446	70.254	3.191
1,22500	107.752	106.339	1.413
1,25000	148.282	149.145	-863
1,27500	195.133	197.159	-2.026
1,30000	248.106	248.854	-748
1,32500	302.691	302.575	116
1,35000	356.998	356.841	156

(\*) tempo em anos

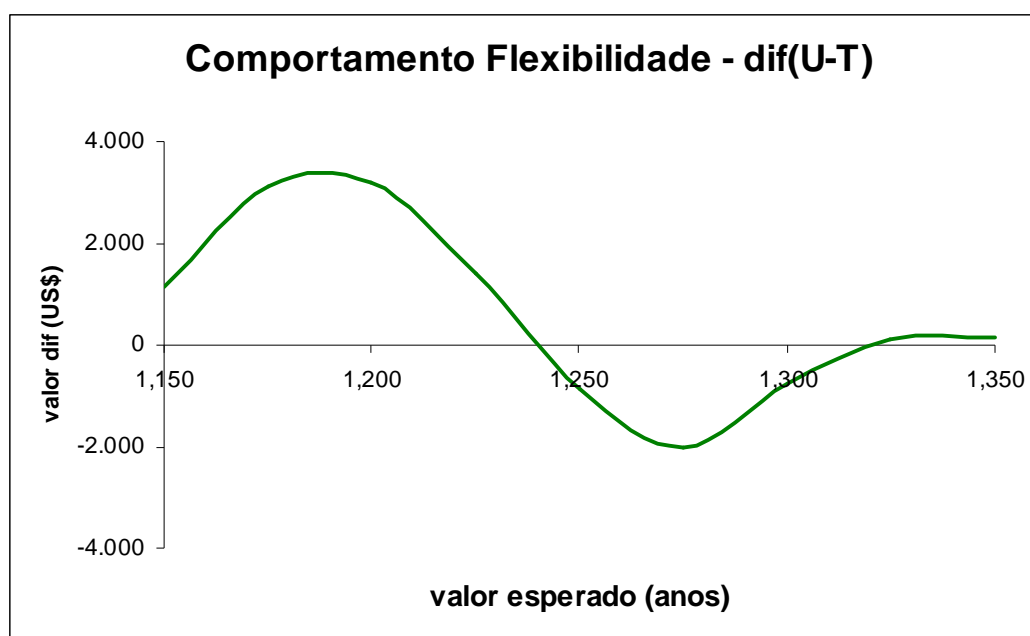


Figura 6.14 – Comparação Valores Gerados pelas Distribuições Uniforme e Triangular (Média crescente – Desvio Padrão constante)

Neste caso, embora as flexibilidades relativas a cada uma das distribuições apresentem um comportamento crescente, além dos valores das diferenças serem muito pequenos, não existe uma dominância clara entre os números gerados por uma distribuição sobre a outra. A tabela 6.26 e a figura 6.14 sugerem uma alternância de situações. Existem faixas de valores em que a flexibilidade derivada da distribuição uniforme é superior aos valores gerados pela distribuição triangular e vice-versa.

### **6.7.5.3**

#### **Breve Comentário Sobre a Comparação do Comportamento das Distribuições Uniforme e Triangular**

A explicação dos resultados obtidos com as comparações feitas nas duas seções anteriores, demandam um estudo mais detalhado a respeito de suas distribuições de probabilidades. Mais especificamente, tal tarefa envolveria o estudo de suas funções de Distribuições de Probabilidades Acumuladas que, para os diversos limites estudados, se interceptam.