

## 6 Resultados do modelo de Opções Reais

Neste capítulo apresentaremos os resultados dos modelos apresentados na sessão anterior. Dividiremos este capítulo entre os seguintes tópicos: apresentação do modelo determinístico, também chamado de caso base, onde utilizaremos os valores esperados das variáveis estocásticas e que servirá de base para a comparação dos resultados do modelo estocásticos, apresentado em seguida. Neste tópico será apresentado o resultado do valor da opção, comprovando que a opção de importar GNL como complementação do suprimento de GN agrega valor ao empreendimento. O último tópico deste capítulo apresenta análise de sensibilidades relevantes para a análise dos resultados do modelo com opção.

### 6.1. Modelo determinístico

O modelo de fluxo de caixa tradicional determinístico, também referenciado como caso base, foi elaborado considerando as premissas apresentadas no Capítulo 5, no qual adotamos os valores esperados para as variáveis preço de GN e disponibilidade de GN, que posteriormente serão redefinidas para o modelo estocástico.

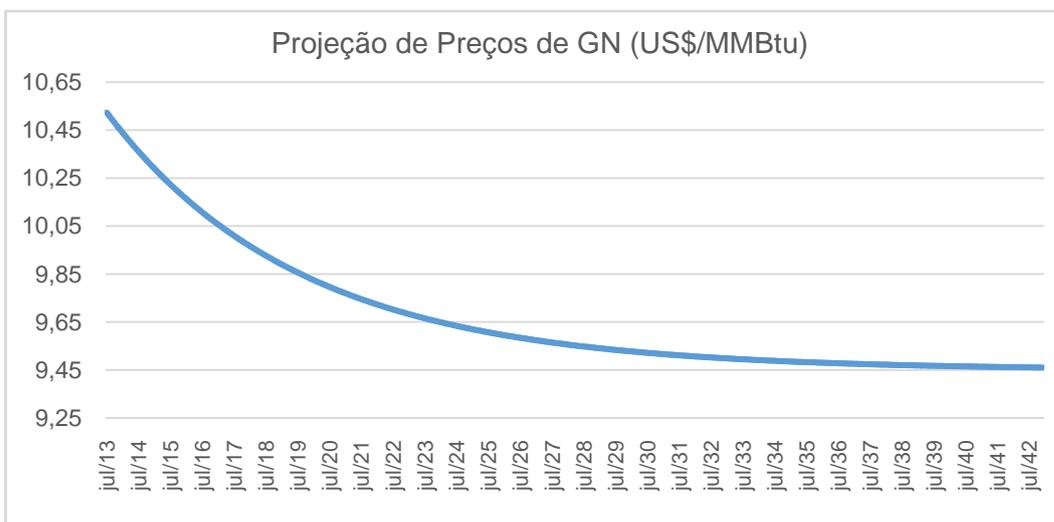


Figura 1: Projeção de preços dos valores esperados de GN (US\$/MMBtu)

Fonte: Própria

Para a projeção de preços de GN utilizamos a Equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.** para calcular os valores esperados segundo o processo de reversão a média (MRM). A Figura 1 apresenta a série projetada do período de julho de 2013 à dezembro de 2042 começando com o valor inicial  $S_{GN_0}$  de US\$ 10,55/MMBtu e tendendo a média de longo prazo  $\bar{S}_{GN}$  de US\$ 9,45/MMBtu.

A variável disponibilidade de GN, conforme apresentada no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foi definida por uma distribuição triangular, apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, na qual adicionamos uma restrição de que nenhum valor deveria ser menor de 60%. Esta restrição, entretanto não tem interferência no modelo determinístico, pois este considera sempre o valor esperado da distribuição triangular que é de 84,88%.

Montamos o fluxo de caixa determinístico do modelo considerando todas as premissas apresentadas até o momento, e descontamos o fluxo a valores presentes utilizando uma WACC de 8,49%. Apresentamos na Figura 2 os valores presentes acumulados do fluxo de caixa líquido do projeto, já descontando o investimento inicial. Como pode-se observar, os primeiros 5 anos do período analisado considerado o período de desembolso, ou seja, de construção do empreendimento, previsto para finalizar em dezembro de 2017. A partir desta data, o empreendimento entra em operação, gerando receita suficiente para ir amortizando o investimento inicial. Pode se verificar que em Julho de 2033 o fluxo de caixa acumulado reverte o sinal de negativo para positivo indicando que o *payback* descontado do empreendimento é de 241 meses a partir do início das obras, julho de 2013.

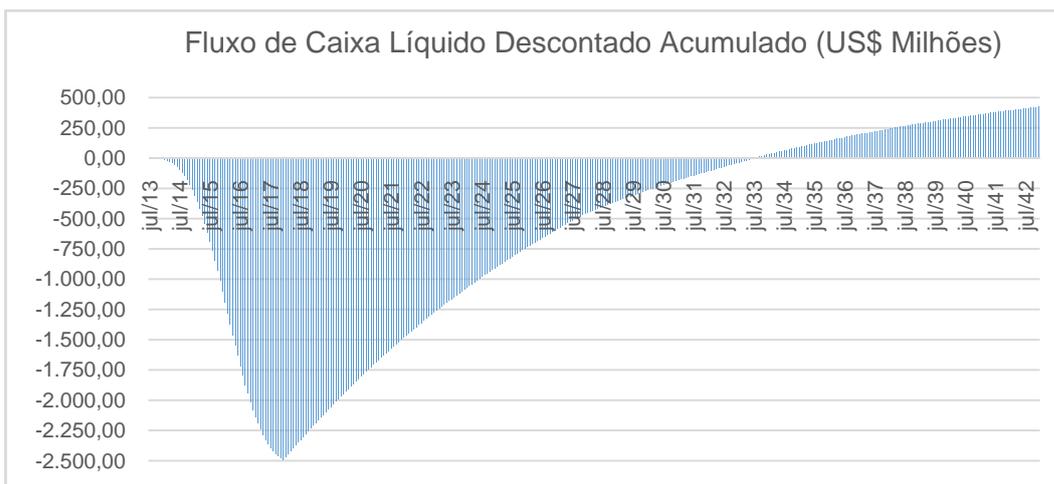


Figura 2: Fluxo de Caixa Líquido Descontado Acumulado (US\$ Milhões)

Fonte: WACC

A Tabela 1 apresenta os resultados do modelo determinístico resumindo as informações contidas no gráfico anterior. Nesta avaliação obtivemos um resultado de VPL do projeto de US\$422,37 milhões.

Resultados do Modelo Determinístico (US\$ Milhões)	
VP Capex	-\$2.489,25
VP Modelo Base	\$2.911,62
<b>VPL Modelo Base</b>	<b>\$422,37</b>

Tabela 1: Resultados do Modelo de Fluxo de Caixa Determinístico

Fonte: Própria

## 6.2.

### Modelo estocástico e neutro ao risco

O modelo estocástico é construído com base no modelo determinístico, porém existem mudanças significativas que descrevêramos neste trecho. Em primeiro lugar, é necessário se alterar a fórmula de cálculo dos preços de GN, onde passamos a utilizar a fórmula apresentada na Equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Posteriormente, incluímos o cálculo do preço da opção, onde utilizamos a mesma equação definida para o cálculo dos preços de GN para a obtenção da projeção dos preços de GNL com os parâmetros definidos no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde o valor inicial da série  $S_{GNL_0}$  15,52 US\$/MMBtu e a média de longo prazo  $\bar{S}_{GNL}$  é 15,03 US\$/MMBtu.

Ao rodarmos uma simulação com 100.000 iterações no modelo estocástico obtivemos os resultados mesmos de VPL do projeto determinístico, de US\$422,37 milhões. Além disso, o resultado da distribuição de disponibilidade de GN para a

planta agora considera a restrição de 60%, como pode ser observado na Figura 3, o que resulta também em uma pequena alteração da média da distribuição, que passa a ser de 84,91%.

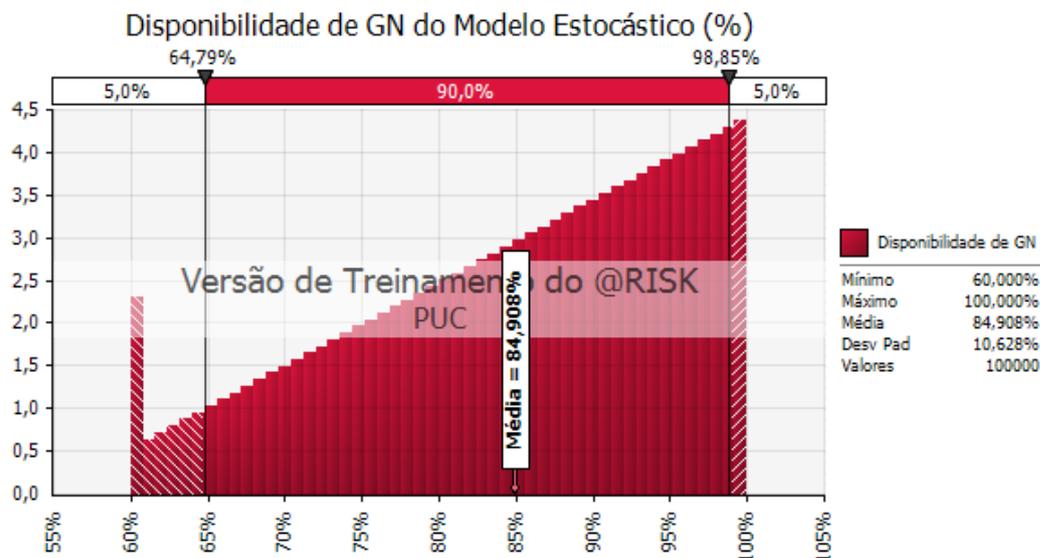


Figura 3: Distribuição de probabilidade da disponibilidade de GN do Modelo Estocástico (em %) Fonte: Própria

Para a análise neutra a risco precisamos alterar algumas premissas do modelo estocástico rodado anteriormente. Para calcular o prêmio de risco é preciso substituir a WACC pela taxa livre de risco de 3,86%, e posteriormente, objetiva-se achar qual a média de longo prazo do preço de GN que mantém o VPL do modelo estocástico idêntico ao do determinístico de US\$ 422,37 milhões. Nesta análise obtivemos que a nova média de longo prazo dos preços de GN que mantém o mesmo VPL para o projeto no modelo estocástico é 15,92 US\$/MMBtu. Em termos absolutos, o prêmio obtido foi de 6,47 US\$/MMBtu, ou 68,4% acima do valor utilizado no modelo sem a neutralidade ao risco.

De acordo com Schwartz (1997), para que uma variável estocástica que segue um MRM como a estudada nesta dissertação possa ser ajustada para um ambiente neutro ao risco, basta subtrair um prêmio de risco normalizado,  $\mu - r/\eta$ , da média de longo prazo (SAMANEZ, 2013). Entretanto, como se pode observar pelos resultados apresentados no parágrafo acima, o prêmio de risco calculado foi acrescido ao valor inicial da média de longo prazo ao invés de ser subtraído. No caso apresentado, prêmio de risco somado à média de longo prazo devido ao fato de a variável estocástica ser um custo, e não uma receita, o que justifica a

diferença de aplicação da literatura acadêmica. Pois quando se altera a taxa WACC para a taxa livre de risco, o VPL do projeto em análise é acrescido, sendo o prêmio de risco sobre a média de longo prazo a variação responsável por igualar o VPL do novo fluxo de caixa ao anterior, encontrado no fluxo de caixa determinístico. Quando se diminui a receita, ou seja, quando se subtrai um prêmio de risco de uma receita temos o mesmo efeito de quando se acresce (ou soma) um prêmio de risco a um custo deste novo fluxo de caixa estocástico. Em ambos os casos, o novo VPL será amortecido (diminuído), revertendo o efeito da troca de taxa de juros, seja pela redução da receita, seja pelo aumento de custo.

Para calcular a série de preços de GNL neutra a risco, utilizamos a mesma premissa aplicada ao GN. Desta forma, a média de longo prazo que foi calculada no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.** de US\$ 15,03/MMBtu passou para US\$ 21,40/MMBtu após somarmos o prêmio encontrado de US\$ 6,47/MMBtu.

Após realizarmos essas alterações, rodamos novamente o modelo estocástico, agora com a análise de neutralidade ao risco para obtermos os resultados finais do estudo. Em primeiro lugar, analisamos se o VPL do projeto sem opção se manteve inalterado. Verificamos que neste resultado, houve um pequeno desvio de US\$ 0,02 milhões, conforme apresentado no resultado da média da Figura 4. O resultado foi considerado aceitável, visto que o desvio representa apenas 0,005% do VPL e, portanto não traria impacto significativo ao resultado final.

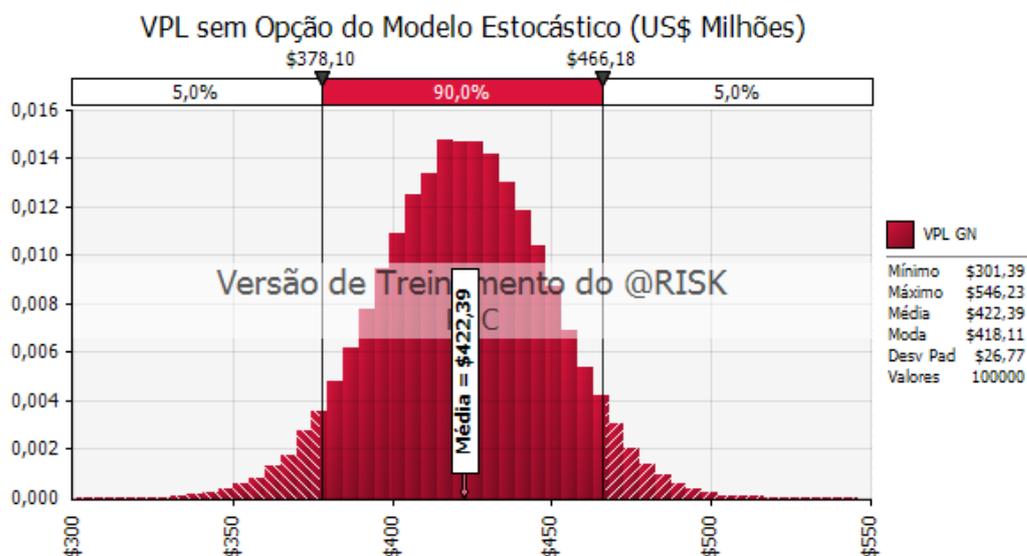


Figura 4: Distribuição do VPL sem Opção do Modelo Estocástico (US\$ Milhões)  
Fonte: Própria

Ao longo dos 25 anos de operação analisados, a opção de complementação da produção através da importação de GNL foi exercida 63 vezes, ao longo dos 300 períodos analisados, como pode-se verificar na Figura 5. Nas demais 237 vezes, a opção não é exercida e, portanto, a planta de fertilizante fica com a produção reduzida.

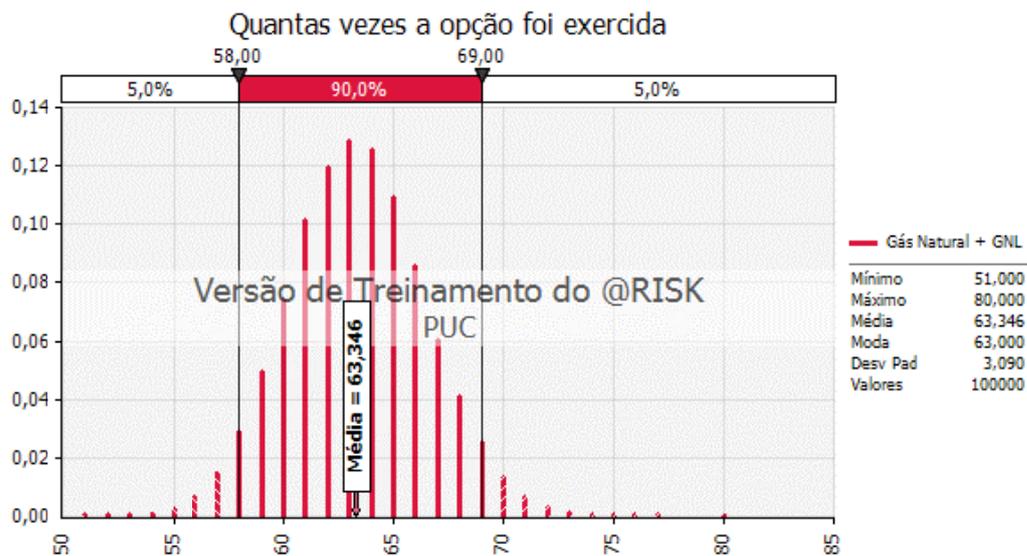


Figura 5: Quantas vezes a opção foi exercida ao longo do período analisado  
Fonte: Própria

O VPL do projeto considerando a opção foi avaliado em US\$ 441,16 milhões, conforme apresentado na Figura 6. Portanto podemos concluir que a opção de importação de GNL para a complementação da produção agrega valor ao projeto do Complexo Gás-químico, aumentando em US\$ 18,76 milhões a estimativa do VPL deste projeto, o que corresponde a 4% do VPL pelo método determinístico, conforme pode-se observar pelo resultado apresentado na Figura 7.

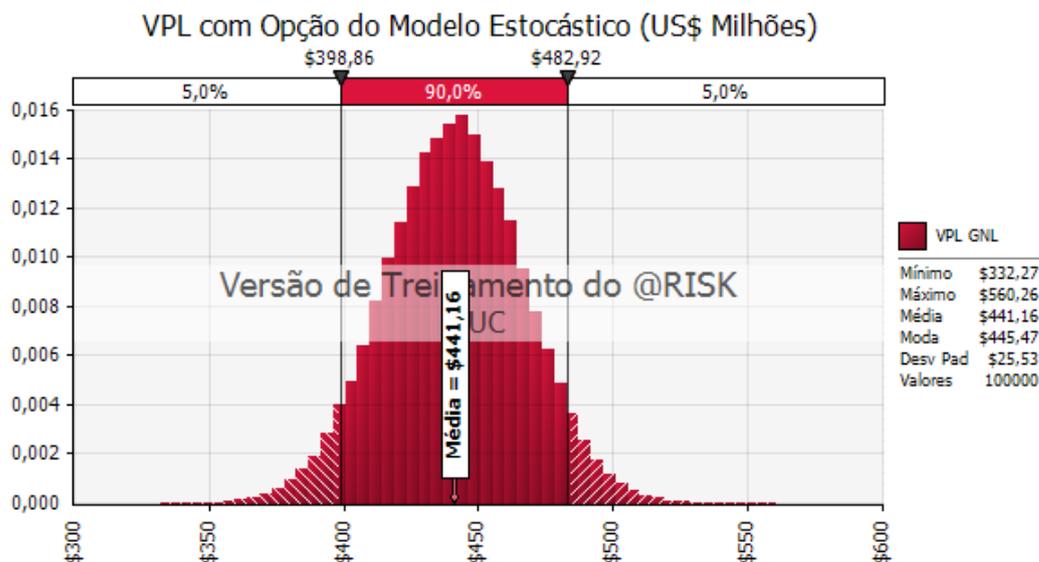


Figura 6: Distribuição do VPL com Opção do Modelo Estocástico (US\$ Milhões)  
Fonte: Própria

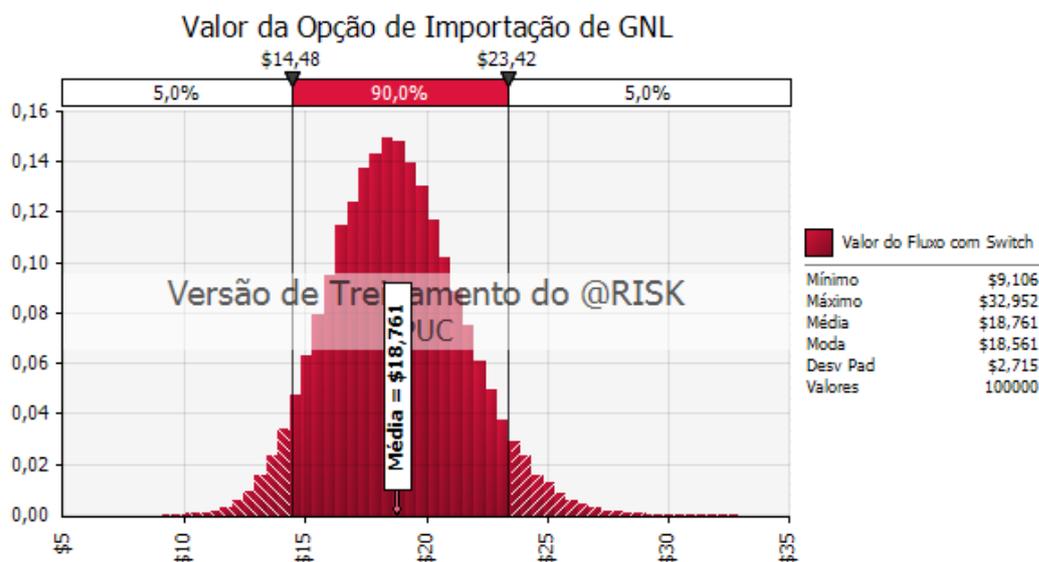


Figura 7: Distribuição do Valor da Opção do Modelo Estocástico (US\$ Milhões)  
Fonte: Própria

### 6.3. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma técnica utilizada para se verificar o impacto da variação de determinadas variáveis no valor do projeto. Realizamos uma análise de sensibilidade considerando o valor do prêmio de risco e a volatilidade do preço de GNL, ICMS e PIS/COFINS. Verificamos que as variáveis de maior sensibilidade ao VPL com opção são o prêmio de risco do preço de GNL e os impostos relacionados à operação, quais sejam PIS/COFINS e

ICMS, como se pode visualizar no tornado de sensibilidade apresentado na Figura 8. É importante frisar que toda a análise de sensibilidade tomou como base o VPL do projeto com opção, no valor de US\$ 441,16 milhões, conforme apresentado no subitem anterior, ou o valor da opção de US\$ 18,76 milhões. Abaixo apresentaremos os impactos dessas variáveis no valor da opção.

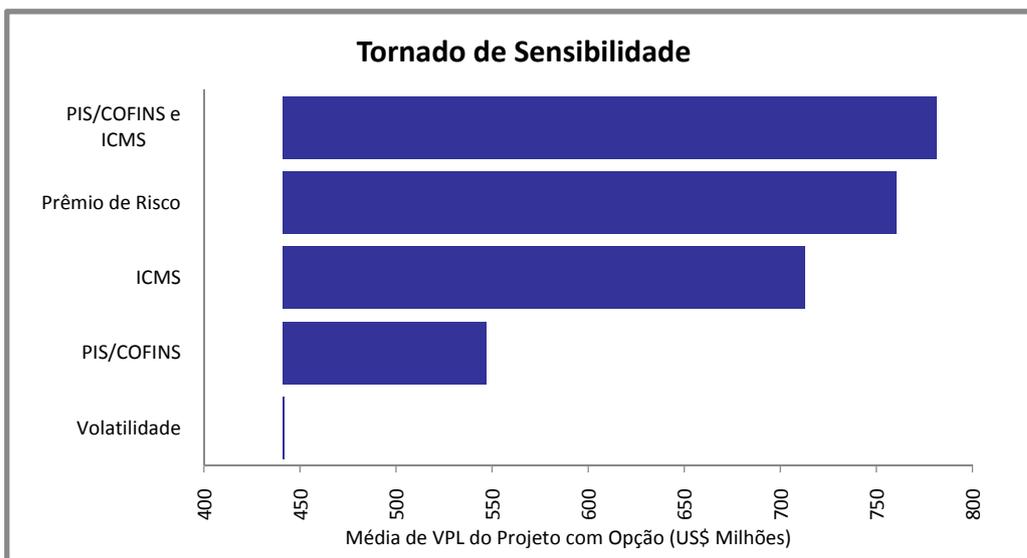


Figura 8: Gráfico de Tornado de Sensibilidade  
Fonte: Própria

Foi realizada uma análise de sensibilidade sobre o prêmio de risco aplicado sobre a série de preço de GNL, que elevou a média de longo prazo em US\$ 6,47/MMBtu, de US\$ 15,03/MMBtu para US\$ 21,40/MMBtu. Desta forma, realizamos uma sensibilidade, reduzindo o prêmio até zero, em nove escalas e confrontamos as variações com o resultado do VPL com opção. Associamos inicialmente o mesmo risco de prêmio do preço de GN ao preço de GNL por falta de uma medida mais apropriada para o cálculo deste prêmio, visto que o mesmo não pode ser obtido pelo modelo determinístico. Desta forma, podemos supor que os preços de GNL são mais estáveis que os preços de GN, nos anos recentes, portanto podem assumir um risco menor que os de GN para o futuro. Os resultados desta análise são apresentados na Figura 9.

O valor presente da opção de importação de GNL, que sai de US\$ 18,76 milhões, pode chegar a US\$ 338,19 milhões, quando o prêmio é nulo, elevando o VPL do projeto com opção de US\$ 441,16 milhões para US\$ 760,59 milhões. Mas se assumirmos que o prêmio de risco para o preço de GNL seja 25% menor do que o prêmio de risco adotado para o preço de GN, assumindo o valor de US\$ 4,85/MMBtu, o VP da opção passa a ser US\$ 60,86 milhões, elevando o VPL do projeto com opção para US\$ 483,25 milhões.

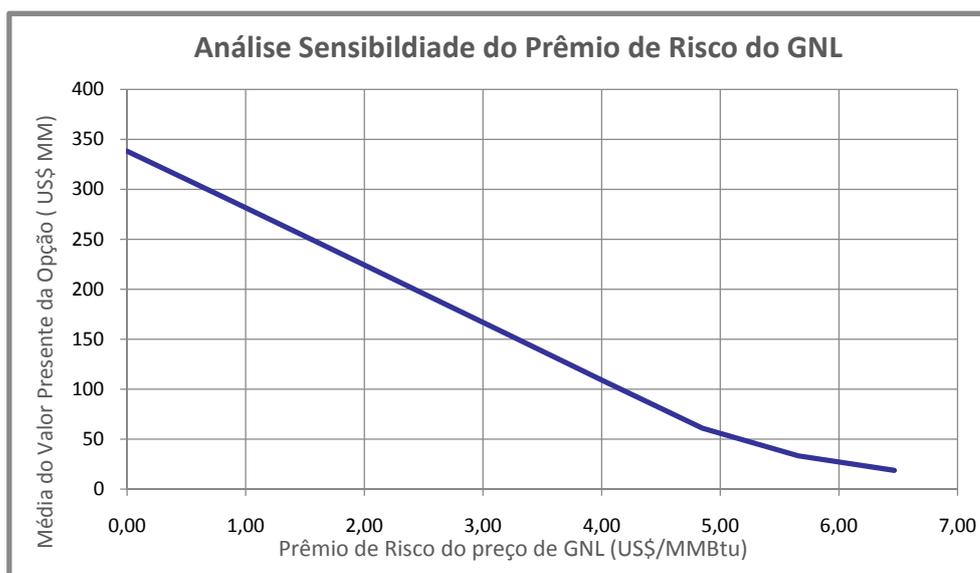


Figura 9: Sensibilidade do prêmio de risco do preço de GNL sobre o Valor da Opção  
Fonte: Própria

Realizou-se uma análise semelhante elevando a volatilidade do preço de GNL, entretanto, apesar de elevarmos a volatilidade de 4% a.m. para 20% a.m. os resultados sobre o valor da opção são imperceptíveis e por esta razão não entraremos em detalhes sobre este teste.

Os incentivos do governo, tais como deduções de PIS/COFINS e ICMS tem um grande potencial de aumento do valor do projeto com opção. Para avaliar o benefício desses possíveis incentivos, realizamos esta análise de três formas diferentes: verificando a dedução do PIS/COFINS isoladamente, depois do ICMS isoladamente, e a combinação da isenção de ambos os impostos. Verificamos que somente o PIS/COFINS, que para a ureia fertilizante já existe 100% de isenção, pode aumentar o valor do projeto com opção para US\$ 547,13 milhões, como pode-se observar na Figura 10(a).

A isenção de 50% do ICMS para todos os produtos, o deixando em um patamar de 9%, tem o potencial de elevar o VPL do projeto com opção para US\$ 592,13 milhões, conforme apresentado na Figura 10(b). Já se a isenção fosse de 100% este valor subiria para US\$ 712,96 milhões.

A análise do benefício fiscal conjunto de todos os impostos PIS/COFINS e ICMS estão apresentados na Figura 10(c). Podemos observar que com o desconto de 50%, mantendo o ICMS em 9,00% e o PIS/COFINS em 4,63%, elevaria o VPL do projeto com opção para US\$ 636,52 milhões. As análises de sensibilidade sobre os impostos indicam que existe uma possibilidade de se ampliar os ganhos através de negociações com os agentes dos estados, sejam federais, sejam estaduais, visando à garantia de regime diferenciado para os produtos que passarão a ser produzidos nacionalmente. Maiores detalhes sobre esta análise de sensibilidade, consultar Apêndice I.

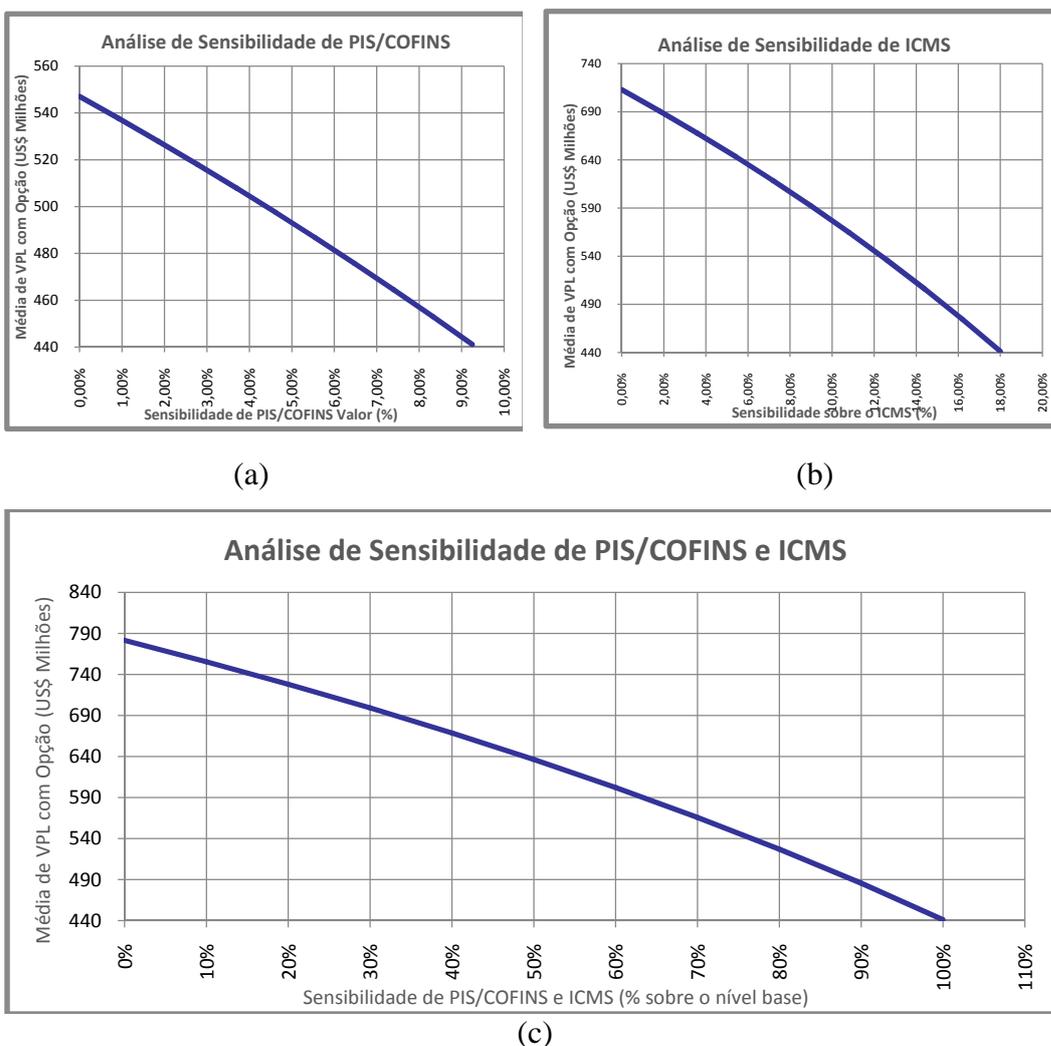


Figura 10: Análises de sensibilidades de impostos: (a) PIS/COFINS, (b) ICMS e (c) PIS/COFINS e ICMS.

Fonte: Própria