

4

Aplicação ao Carro *Flex Fuel*

4.1. Introdução

Como visto no início da dissertação, o conceito do automóvel *flex fuel* tem como origem a possibilidade do carro utilizar como combustível álcool, gasolina ou qualquer proporção de mistura entre os dois em um mesmo tanque de combustível. A tecnologia *flex fuel* foi desenvolvida pelo centro de pesquisas da Bosch do Brasil e lançado comercialmente no país em 2003 com uma produção de 39.853 automóveis no primeiro ano. Em 2004 foram fabricados 282.706 e em 2005 789.758, ou seja, mais que 39% da produção anual. Além disso, segundo a Associação Brasileira de Agribusiness (Abag) até 2008 70% dos veículos produzidos no Brasil devem funcionar com esse tipo de motor.

Ano	Automóveis				
	Gasolina	Álcool	<i>Flex Fuel</i>	Diesel	Total
2000	1.315.885	9.428	-	36.408	1.361.721
2001	1.466.375	15.406	-	19.805	1.501.586
2002	1.456.354	48.022	-	15.909	1.520.285
2003	1.416.324	31.728	39.853	17.234	1.505.139
2004	1.499.118	49.796	282.706	31.160	1.862.780
2005	1.151.704	26.685	789.758	41.347	2.009.494

Tabela VI – Produção por Combustível - 2000/2005

Ano	Automóveis				
	Gasolina	Álcool	<i>Flex Fuel</i>	Diesel	Total
2000	96,6%	0,7%	-	2,7%	100%
2001	97,7%	1,0%	-	1,3%	100%
2002	95,8%	3,2%	-	1,0%	100%
2003	94,1%	2,1%	2,6%	1,1%	100%
2004	80,5%	2,7%	15,2%	1,7%	100%
2005	57,3%	1,3%	39,3%	2,1%	100%

Tabela VII – Participação da Produção por Combustível - 2000/2005

Mais expressiva que a participação da produção do carro *flex fuel* é o seu percentual com relação às vendas. Em 2005 mais de 53% das vendas internas no atacado foram do carro *flex fuel*, enquanto o carro a gasolina representou 44,5% do total comercializado no Brasil.

Ano	Automóveis				
	Gasolina	Álcool	Flex Fuel	Diesel	Total
2000	1.167.164	9.610	-	-	1.176.774
2001	1.280.117	14.979	-	-	1.295.096
2002	1.181.780	47.366	-	-	1.229.146
2003	1.046.474	33.034	39.095	-	1.118.603
2004	967.235	49.801	278.764	-	1.295.800
2005	606.903	30.904	728.375	-	1.366.182

Tabela VIII – Vendas Internas no Atacado por Combustível - 2000/2005

Ano	Automóveis				
	Gasolina	Álcool	Flex Fuel	Diesel	Total
2000	99,2%	0,8%	-	0,0%	100%
2001	98,8%	1,2%	-	0,0%	100%
2002	96,1%	3,9%	-	0,0%	100%
2003	93,6%	3,0%	3,5%	0,0%	100%
2004	74,6%	3,8%	21,5%	0,0%	100%
2005	44,4%	2,3%	53,3%	0,0%	100%

Tabela IX – %Vendas Internas no Atacado por Combustível - 2000/2005

O sucesso do automóvel *flex fuel* no mercado nacional e a sua participação cada vez maior nas vendas criam um estímulo para a reflexão sobre o tema.

4.2. Opção *Flex Fuel*

Ao analisar uma possibilidade de investimento, o investidor se depara com três fatores que determinam a natureza do investimento: irreversibilidade, incerteza e o momento de investir. Segundo os autores Dixit e Pindyck (1994), a irreversibilidade pode ser definida como o custo inicial do investimento, que é ao menos parcialmente perdido e não se pode recuperar caso haja mudança de idéia quanto à decisão de investir. No caso do carro *flex fuel*, o conceito de irreversibilidade se aplica à compra do automóvel. O consumidor tem um custo inicial, o valor do veículo, que é parcialmente perdido no caso do consumidor desistir do carro. O preço de revenda do veículo é sempre menor que o preço de

compra, ou seja, o consumidor não consegue recuperar integralmente o investimento feito.

A incerteza é referente aos benefícios futuros do investimento, que no melhor cenário, é possível calcular as probabilidades dos resultados possíveis que podem gerar retornos maiores ou menores para o investimento. No caso do comprador, a incerteza de um automóvel está no preço do combustível. O dono do veículo não sabe como vai variar o preço da gasolina ou do álcool ao longo do tempo. Por fim, há flexibilidade de escolher o combustível com a melhor relação custo benefício cada vez que o veículo é abastecido.

4.3. Premissas

Uma questão importante que cerca o tema dos carros *flex fuel* é a diferença no rendimento entre a gasolina e o álcool. Apesar do álcool ter um preço por litro menor que a gasolina nem sempre essa diferença é vantajosa para o cliente pois, o álcool possui um menor rendimento quando comparado à gasolina, o que faz com que o veículo rode menos quilômetros que a gasolina com um mesmo volume de combustível.

O Cepea-USP (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), recomenda ao motorista não abastecer o veículo *flex fuel* com álcool sempre que o preço do litro superar 70% do valor da gasolina. Assim, nesse estudo foi considerado que o cliente sempre escolhe o melhor preço levando em conta a relação de rendimento de 70%, toda vez em que abastece. Sendo assim, o álcool nunca será escolhido quando seu preço superar 70% do preço da gasolina.

Preço do Litro da gasolina em R\$	Abastece com álcool somente se o litro custar menos que	Preço do Litro da gasolina em R\$	Abastece com álcool somente se o litro custar menos que
R\$ 2,20	R\$ 1,540	R\$ 2,31	R\$ 1,617
R\$ 2,21	R\$ 1,547	R\$ 2,32	R\$ 1,624
R\$ 2,22	R\$ 1,554	R\$ 2,33	R\$ 1,631
R\$ 2,23	R\$ 1,561	R\$ 2,34	R\$ 1,638
R\$ 2,24	R\$ 1,568	R\$ 2,35	R\$ 1,645
R\$ 2,25	R\$ 1,575	R\$ 2,36	R\$ 1,652
R\$ 2,26	R\$ 1,582	R\$ 2,37	R\$ 1,659
R\$ 2,27	R\$ 1,589	R\$ 2,38	R\$ 1,666
R\$ 2,28	R\$ 1,596	R\$ 2,39	R\$ 1,673
R\$ 2,29	R\$ 1,603	R\$ 2,40	R\$ 1,680
R\$ 2,30	R\$ 1,610	R\$ 2,41	R\$ 1,687

Tabela X – Relação Preço Álcool x Gasolina

É importante ressaltar que nessa dissertação, no primeiro período do fluxo de caixa dinâmico o consumidor é indiferente ao consumo de álcool ou gasolina. O preço inicial usado para o litro da gasolina é R\$2,50 e o preço do litro do álcool é R\$1,75, respeitando relação de rendimento do álcool e gasolina de 70%. A seguir pode ser visto que, dessa forma, o consumidor gasta o mesmo com qualquer um dos combustíveis, sendo indiferente na escolha entre álcool ou gasolina:

- Gasto com gasolina: quantidade de tanques de gasolina consumidos em um mês x capacidade do tanque em litros x preço da gasolina/litro. Assim, o gasto mensal com gasolina é de R\$250 ($2,5 \times 40 \times R\$2,50 = R\250).
- Gasto com álcool: (quantidade de tanques de gasolina consumidos em um mês/eficiência do álcool) x capacidade do tanque em litros x preço da gasolina/litro. Assim, o gasto mensal com álcool é de R\$250 ($[2,5/0,7] \times 40 \times R\$1,75 = R\$250$).

4.4. Modelo Financeiro

Para a valoração da opção do automóvel *flex fuel* será considerado um projeto com vida útil de 120 meses (10 anos) com uma taxa livre de risco de

6,85% a.a. (TJPL de outubro de 2006 a dezembro de 2006). Como a taxa é anual e o fluxo de caixa dinâmico tem periodicidade mensal, a taxa livre de risco precisa ser transformada em uma taxa equivalente mensal assim, o valor para a taxa livre de risco será de 0,55% ao mês ($[1 + 6,85\%]^{1/12} - 1$). O tanque do carro tem capacidade para 40 litros e o consumo mensal é de 2,5 tanques.

Premissas	Valores
vida útil	120 meses
taxa livre de risco	0,55% a.m.
capacidade do tanque	40 litros
consumo mensal	2,5 tanques

Tabela XI – Parâmetros adotados na avaliação

4.5. Preço dos Combustíveis

Para o cálculo da opção *flex fuel* através do método de simulação com fluxos de caixa dinâmicos é preciso ter, primeiramente, a série de preços do álcool e da gasolina⁹. A série mensal de preços dos combustíveis utilizada neste trabalho se estende de julho de 2001 a outubro de 2006 e os valores para o álcool e para a gasolina estão na Tabela XII.

⁹ OS valores foram retirados do *site* da Agência Nacional de Petróleo (ANP): www.anp.gov.br

Mês	Preço do Álcool	Preço da Gasolina	Mês	Preço do Álcool	Preço da Gasolina
jul/01	R\$ 1,01	R\$ 1,68	mar/04	R\$ 1,06	R\$ 1,98
ago/01	R\$ 1,01	R\$ 1,71	abr/04	R\$ 1,03	R\$ 1,97
set/01	R\$ 1,03	R\$ 1,72	mai/04	R\$ 1,05	R\$ 1,98
out/01	R\$ 1,04	R\$ 1,78	jun/04	R\$ 1,14	R\$ 2,06
nov/01	R\$ 1,03	R\$ 1,78	jul/04	R\$ 1,16	R\$ 2,11
dez/01	R\$ 1,03	R\$ 1,78	ago/04	R\$ 1,26	R\$ 2,13
jan/02	R\$ 1,02	R\$ 1,59	set/04	R\$ 1,27	R\$ 2,12
fev/02	R\$ 1,01	R\$ 1,51	out/04	R\$ 1,35	R\$ 2,16
mar/02	R\$ 1,01	R\$ 1,57	nov/04	R\$ 1,41	R\$ 2,19
abr/02	R\$ 1,01	R\$ 1,71	dez/04	R\$ 1,44	R\$ 2,27
mai/02	R\$ 1,00	R\$ 1,72	jan/05	R\$ 1,42	R\$ 2,27
jun/02	R\$ 0,99	R\$ 1,71	fev/05	R\$ 1,41	R\$ 2,26
jul/02	R\$ 0,94	R\$ 1,77	mar/05	R\$ 1,41	R\$ 2,26
ago/02	R\$ 0,91	R\$ 1,75	abr/05	R\$ 1,41	R\$ 2,27
set/02	R\$ 0,94	R\$ 1,74	mai/05	R\$ 1,33	R\$ 2,25
out/02	R\$ 1,01	R\$ 1,76	jun/05	R\$ 1,22	R\$ 2,23
nov/02	R\$ 1,30	R\$ 1,98	jul/05	R\$ 1,25	R\$ 2,23
dez/02	R\$ 1,31	R\$ 2,00	ago/05	R\$ 1,27	R\$ 2,24
jan/03	R\$ 1,39	R\$ 2,16	set/05	R\$ 1,33	R\$ 2,38
fev/03	R\$ 1,57	R\$ 2,22	out/05	R\$ 1,45	R\$ 2,45
mar/03	R\$ 1,59	R\$ 2,22	nov/05	R\$ 1,47	R\$ 2,45
abr/03	R\$ 1,56	R\$ 2,20	dez/05	R\$ 1,55	R\$ 2,46
mai/03	R\$ 1,51	R\$ 2,11	jan/06	R\$ 1,72	R\$ 2,50
jun/03	R\$ 1,35	R\$ 2,03	fev/06	R\$ 1,75	R\$ 2,50
jul/03	R\$ 1,20	R\$ 1,97	mar/06	R\$ 1,98	R\$ 2,58
ago/03	R\$ 1,21	R\$ 1,98	abr/06	R\$ 1,99	R\$ 2,58
set/03	R\$ 1,23	R\$ 2,00	mai/06	R\$ 1,77	R\$ 2,57
out/03	R\$ 1,20	R\$ 2,00	jun/06	R\$ 1,61	R\$ 2,54
nov/03	R\$ 1,18	R\$ 1,99	jul/06	R\$ 1,62	R\$ 2,55
dez/03	R\$ 1,19	R\$ 2,00	ago/06	R\$ 1,62	R\$ 2,55
jan/04	R\$ 1,21	R\$ 2,01	set/06	R\$ 1,57	R\$ 2,54
fev/04	R\$ 1,17	R\$ 2,00	out/06	R\$ 1,53	R\$ 2,54

Tabela XII – Preços dos Combustíveis: Álcool e Gasolina

4.6. Série de Inflação

É importante que seja descontada a inflação acumulada da série de preços, para então calcular a média simples do crescimento do preço desses combustíveis ao longo do tempo e a volatilidade do álcool e da gasolina, ou seja, variação dos preços de cada um dos combustíveis a preços de hoje.

Os indicadores de inflação reconhecidamente mais utilizados nas análises de preços nacionais são:

- **IPC-FGV:** O Índice de Preços ao Consumidor é calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e tem periodicidade mensal. Mede o movimento médio de preços de determinado conjunto de bens e serviços no mercado varejista. Tem abrangência geográfica nacional, com pesquisa de preços nos principais centros consumidores do país: Belém, Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. Abrange o conjunto da população com renda de 1 a 33 salários mínimos.
- **INPC:** O Índice Nacional de Preços ao Consumidor é calculado pelo Instituto de Geografia e Estatística e pelo Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (IBGE/SNIPC) e tem periodicidade mensal. Até julho de 1999 a estrutura do índice de preços era composta por 7 grupos: alimentação e bebidas, habitação, artigos de residência, vestuário, transportes e comunicação, saúde e cuidados pessoais e despesas pessoais. A partir de agosto de 1999, o indicador de preços passou a ser composto por 9 grupos: alimentação e bebidas, habitação, artigos de residência, vestuário, transportes, saúde e cuidados pessoais, despesas pessoais, educação leitura e papelaria e comunicação.
- **IPCA:** O Índice de Preços ao Consumidor Amplo é calculado pelo Instituto de Geografia e Estatística e pelo Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (IBGE/SNIPC) e tem periodicidade mensal. Possui coleta de preços ao longo do mês civil. Tem como população-objeto as famílias com rendimento monetário de 1 a 40 salários mínimos, qualquer que seja a fonte, e abrange as regiões metropolitanas de Belém, Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, e São Paulo, além de Brasília e Goiânia.
- **IGP-DI:** O Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna é calculado pela Fundação Getúlio Vargas e Conjuntura Econômica

(FGV/Conj. Econômica) e tem periodicidade mensal. Compreende o período entre o primeiro e o último dia do mês de referência e reflete a evolução dos preços captada pelo Índice de Preços por Atacado (IPA), Índice de Preços ao Consumidor (IPC-FGV) e Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC).

- **IGP-M:** O Índice Geral de Preços – Mercado é calculado pela Fundação Getúlio Vargas e Conjuntura Econômica (FGV/Conj. Econômica) e tem periodicidade mensal. Compreende o período entre os dias 20 do mês de referência e 21 do mês anterior e registra o ritmo evolutivo de preços como medida síntese da inflação nacional. É composto pela média ponderada de Índice de Preços por Atacado (IPA), Índice de Preços ao Consumidor (IPC-FGV) e Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC). O peso usado na ponderação de cada índice segue: IPA é usado 60%, para o IPC-FGV é usado 30% e no INCC 10%.

Na Tabela XVII tem-se a série histórica dos indicadores de inflação apresentados anteriormente: IPC-FGV, INPC, IPCA, IGP-DI e IGP-M¹⁰. Neste trabalho foi utilizado como indicador de inflação o Índice Geral de Preços – Mercado (IGP-M) pois, como visto anteriormente, esse indicador registra o ritmo evolutivo de preços como medida síntese da inflação nacional.

Para deflacionar os preços do álcool e da gasolina, primeiro é preciso transformar a variação percentual dos preços nacionais (inflação) em um número índice, da seguinte forma:

$$i_n = 1 + \left(\frac{\Delta p_n}{100} \right) \quad (\text{Equação 5.1})$$

Em que:

n = mês da série de preços

¹⁰ Para maiores informações com relação ao Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC), consultar as seguintes fontes: Fundação Getúlio Vargas (FGV) no site www.fgv.com.br e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) no site www.ipeadata.gov.br.

i_n = número índice do preço da inflação nacional no mês n

Δp_n = variação percentual dos preços nacionais (inflação) no mês n

Em seguida, é preciso acumular o número índice da inflação de cada mês a preços de hoje. No caso em questão, entende-se por preços de hoje o mês de outubro de 2006. Para acumular o número índice de cada mês da série de preços utiliza-se a seguinte fórmula:

$$I_n = i_1 \times i_2 \times i_3 \times i_4 \times (\dots) \times i_n \quad (\text{Equação 5.2})$$

Em que:

n = mês da série de preços

i_n = número índice do preço da inflação nacional no mês n

I_n = índice acumulado dos números índices da série de preços no mês n

Assim, tem-se o indicador de variação mensal do Índice Geral de Preços – Mercado (IGP-M), o número índice mensal e o acumulado desse indicador até outubro de 2006 (ver Tabela XVIII).

4.7. Preços dos Combustíveis Deflacionados

Até esse ponto já foi coletada a série de preços dos combustíveis álcool e gasolina, já foi escolhido o indicador de inflação nacional para deflacionar as séries de preços, o IGP-M e, em seguida, calculou-se o número índice mensal e acumulado do IGP-M.

Nesse momento será calculada a série de preços do álcool e da gasolina a preços de outubro de 2006, utilizando a seguinte fórmula (ver Tabela XIX e Tabela XX):

$$\Delta P_n = \Delta p_n \times I_n$$

Em que:

n = mês da série de preços

ΔP_n = valor do combustível a preços de hoje

Δp_n = variação percentual dos preços nacionais (inflação) no mês n

I_n = índice acumulado dos números índices da série de preços no mês n

4.8. Volatilidade dos Preços dos Combustíveis

Primeiramente, encontrou-se uma taxa de crescimento médio mensal do preço da gasolina de 1,55% e do preço do álcool de 1,71%. Esses serão usados para o cálculo da volatilidade e foram calculados a partir da média simples da variação percentual do valor dos combustíveis a preços de outubro de 2006, ou seja, descontada a inflação do período. Os detalhes estão nas Tabela XXI e Tabela XXII.

Em seguida, calculou-se a volatilidade (ver Tabela XIII e Tabela XIV) baseada na mesma série de preços dos combustíveis de julho de 2001 a outubro de 2006. Para a gasolina a volatilidade calculada foi de 1,54% ao mês e para o álcool foi de 2,82%. A volatilidade, como vista na equação 2.1 da seção 2.1.3, é o desvio padrão do logaritmo da razão do preço em $t + 1$ sobre o preço em t , para toda a série de preços dos combustíveis.

Mês	Valor do Álcool a preços de out/06	Log (P_{t+1}/P_t)	Mês	Valor do Álcool a preços de out/06	Log (P_{t+1}/P_t)	Volatilidade do Álcool
jul/01	R\$ 0,60	-	mar/04	R\$ 0,92	-4,19%	2,82%
ago/01	R\$ 0,61	0,85%	abr/04	R\$ 0,91	-0,47%	
set/01	R\$ 0,63	1,15%	mai/04	R\$ 0,94	1,36%	
out/01	R\$ 0,64	0,64%	jun/04	R\$ 1,02	3,90%	
nov/01	R\$ 0,64	0,26%	jul/04	R\$ 1,06	1,58%	
dez/01	R\$ 0,64	0,31%	ago/04	R\$ 1,17	4,15%	
jan/02	R\$ 0,64	-0,33%	set/04	R\$ 1,19	0,90%	
fev/02	R\$ 0,64	-0,23%	out/04	R\$ 1,27	2,75%	
mar/02	R\$ 0,64	0,03%	nov/04	R\$ 1,33	2,09%	
abr/02	R\$ 0,64	0,04%	dez/04	R\$ 1,37	1,24%	
mai/02	R\$ 0,64	-0,10%	jan/05	R\$ 1,37	-0,07%	
jun/02	R\$ 0,63	-0,12%	fev/05	R\$ 1,36	-0,20%	
jul/02	R\$ 0,61	-1,63%	mar/05	R\$ 1,37	0,16%	
ago/02	R\$ 0,60	-0,47%	abr/05	R\$ 1,38	0,31%	
set/02	R\$ 0,63	2,08%	mai/05	R\$ 1,31	-2,13%	
out/02	R\$ 0,70	4,55%	jun/05	R\$ 1,19	-4,09%	
nov/02	R\$ 0,94	12,37%	jul/05	R\$ 1,22	1,08%	
dez/02	R\$ 1,00	2,70%	ago/05	R\$ 1,24	0,58%	
jan/03	R\$ 1,09	3,95%	set/05	R\$ 1,28	1,49%	
fev/03	R\$ 1,26	6,39%	out/05	R\$ 1,40	3,65%	
mar/03	R\$ 1,31	1,45%	nov/05	R\$ 1,42	0,86%	
abr/03	R\$ 1,31	0,00%	dez/05	R\$ 1,51	2,48%	
mai/03	R\$ 1,27	-1,19%	jan/06	R\$ 1,67	4,47%	
jun/03	R\$ 1,13	-4,93%	fev/06	R\$ 1,72	1,32%	
jul/03	R\$ 1,00	-5,38%	mar/06	R\$ 1,95	5,33%	
ago/03	R\$ 1,00	0,00%	abr/06	R\$ 1,95	-0,03%	
set/03	R\$ 1,03	1,05%	mai/06	R\$ 1,72	-5,31%	
out/03	R\$ 1,01	-0,63%	jun/06	R\$ 1,58	-3,85%	
nov/03	R\$ 1,00	-0,75%	jul/06	R\$ 1,59	0,49%	
dez/03	R\$ 1,01	0,76%	ago/06	R\$ 1,60	0,19%	
jan/04	R\$ 1,03	0,77%	set/06	R\$ 1,56	-1,26%	
fev/04	R\$ 1,01	-0,90%	out/06	R\$ 1,53	-0,83%	

Tabela XIII – Volatilidade do Preço do Álcool

Mês	Valor da Gasolina a preços de out/06	Log (P_{t+1}/P_t)	Mês	Valor da Gasolina a preços de out/06	Log (P_{t+1}/P_t)	Volatilidade da Gasolina
jul/01	R\$ 1,00	-	mar/04	R\$ 1,72	-0,18%	1,54%
ago/01	R\$ 1,03	1,41%	abr/04	R\$ 1,73	0,29%	
set/01	R\$ 1,05	0,77%	mai/04	R\$ 1,76	0,76%	
out/01	R\$ 1,09	1,65%	jun/04	R\$ 1,86	2,26%	
nov/01	R\$ 1,10	0,53%	jul/04	R\$ 1,92	1,53%	
dez/01	R\$ 1,11	0,35%	ago/04	R\$ 1,97	0,98%	
jan/02	R\$ 1,00	-4,74%	set/04	R\$ 1,99	0,47%	
fev/02	R\$ 0,95	-2,06%	out/04	R\$ 2,04	1,05%	
mar/02	R\$ 0,99	1,86%	nov/04	R\$ 2,07	0,75%	
abr/02	R\$ 1,08	3,71%	dez/04	R\$ 2,17	1,93%	
mai/02	R\$ 1,09	0,47%	jan/05	R\$ 2,18	0,26%	
jun/02	R\$ 1,10	0,08%	fev/05	R\$ 2,18	0,05%	
jul/02	R\$ 1,15	2,06%	mar/05	R\$ 2,19	0,15%	
ago/02	R\$ 1,16	0,44%	abr/05	R\$ 2,21	0,44%	
set/02	R\$ 1,18	0,77%	mai/05	R\$ 2,22	0,10%	
out/02	R\$ 1,22	1,50%	jun/05	R\$ 2,19	-0,62%	
nov/02	R\$ 1,43	6,70%	jul/05	R\$ 2,18	-0,07%	
dez/02	R\$ 1,52	2,70%	ago/05	R\$ 2,18	-0,01%	
jan/03	R\$ 1,70	4,92%	set/05	R\$ 2,31	2,39%	
fev/03	R\$ 1,79	2,25%	out/05	R\$ 2,36	0,96%	
mar/03	R\$ 1,82	0,82%	nov/05	R\$ 2,37	0,28%	
abr/03	R\$ 1,84	0,27%	dez/05	R\$ 2,39	0,33%	
mai/03	R\$ 1,78	-1,26%	jan/06	R\$ 2,43	0,68%	
jun/03	R\$ 1,71	-1,94%	fev/06	R\$ 2,46	0,50%	
jul/03	R\$ 1,64	-1,63%	mar/06	R\$ 2,53	1,32%	
ago/03	R\$ 1,64	-0,09%	abr/06	R\$ 2,53	-0,07%	
set/03	R\$ 1,67	0,78%	mai/06	R\$ 2,51	-0,40%	
out/03	R\$ 1,68	0,38%	jun/06	R\$ 2,49	-0,28%	
nov/03	R\$ 1,69	0,08%	jul/06	R\$ 2,51	0,41%	
dez/03	R\$ 1,70	0,32%	ago/06	R\$ 2,52	0,06%	
jan/04	R\$ 1,72	0,46%	set/06	R\$ 2,52	0,06%	
fev/04	R\$ 1,73	0,29%	out/06	R\$ 2,53	0,14%	

Tabela XIV – Volatilidade do Preço da Gasolina

4.9. Solução

De forma resumida, tem-se os seguintes inputs do modelo por simulação de fluxos de caixa dinâmicos:

- Capacidade do tanque do automóvel *flex fuel*: 40 litros
- Eficiência do álcool: 70%
- Consumo mensal gasolina: 2,5 tanques

- Volatilidade do preço da gasolina: 1,54%
- Volatilidade do preço do álcool: 2,82%
- Preço inicial da gasolina: R\$2,50
- Preço inicial do álcool: R\$1,75
- Taxa livre de risco (TJPL outubro a dezembro de 2006): 6,85% a.a., ou a taxa equivalente mensal de 0,55% a.m.
- Períodos: 120 meses (10 anos)

Com o método de simulação com fluxos de caixa dinâmicos, em primeiro lugar é feito o fluxo de caixa tradicional para 120 meses considerando somente a possibilidade de abastecer com gasolina. Posteriormente, é feito outro fluxo de caixa, também com 120 meses, mas dessa vez considerando apenas a possibilidade de abastecer com álcool.

Em seguida, os dois fluxos de caixa tradicionais são convertidos para fluxos de caixa dinâmicos, em que assumimos que os preços do álcool e da gasolina seguem um processo de difusão de acordo com um Movimento Geométrico Browniano na seguinte forma:

$$\text{Gasolina:} \quad dG = \mu_G G dt + \sigma_G G dz_G$$

$$\text{Álcool:} \quad dA = \mu_A A dt + \sigma_A A dz_A$$

onde dG e dA representam respectivamente as variações nos preços da gasolina e do álcool num espaço de tempo dt ,

μ_A e μ_G são respectivamente a taxa de crescimento do preço da gasolina e do álcool

σ_A e σ_G são as volatilidades dos preço da gasolina e do álcool e

$dz_G = \varepsilon_G \sqrt{dt}$ e $dz_A = \varepsilon_A \sqrt{dt}$ onde são respectivamente o processo de Wiener da gasolina e do álcool

Dessa forma, é feito o preço do combustível no período $t+1$, em cada fluxo, como sendo igual ao preço do período t multiplicado pela exponencial de uma

normal com média v ($v = r - \frac{(\sigma)^2}{2}$), onde r = taxa de juros livre de risco) e variância igual à volatilidade estimada do preço do combustível.

$$\text{Preço Gasolina: } P_{gas_{t+1}} = P_{gas_t} \exp\{RiskNormal(v_{gas}; \sigma_{gas})\}$$

$$\text{Preço Álcool: } P_{al_{t+1}} = P_{al_t} \exp\{RiskNormal(v_{al}; \sigma_{al})\}$$

No trabalho em questão, $v_{gas} = 0,54\%$, $v_{al} = 0,52\%$, $\sigma_{gas} = 1,54\%$ e $\sigma_{al} = 2,82\%$. Passamos a ter dois fluxos: fluxo de caixa dinâmico somente álcool e fluxo de caixa dinâmico somente gasolina.

Por fim, é feito um terceiro fluxo de caixa, este também é dinâmico, pois este escolhe o melhor resultado em cada período entre os dois fluxos dinâmicos: somente álcool e somente gasolina, da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{\min(\text{preço álcool}_i; \text{preço gasolina}_i)}{(1+k)^i}$$

Com uma simulação com 10.000 interações de Monte Carlo realizada no programa computacional @Risk e respeitando as premissas do Movimento Geométrico Browniano o custo médio com combustível em 10 anos diminui de R\$ 30.267 no fluxo de caixa dinâmico somente gasolina, para R\$ 27.463 no fluxo de caixa dinâmico álcool e gasolina.

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{\min(\text{preço álcool}_i; \text{preço gasolina}_i)}{(1+k)^i} = \text{R\$}27.463$$

Para obter o preço da opção do carro *flex fuel* é preciso calcular a diferença entre o valor presente do fluxo de caixa dinâmico somente gasolina e o valor presente do fluxo de caixa dinâmico álcool e gasolina. Dessa forma, a opção do carro *flex fuel* tem o valor de R\$2.804.

Nas Tabela XV e Tabela XVI é possível ver como varia o gasto com combustível para vários valores de volatilidade, tanto no fluxo de caixa dinâmico somente gasolina como no fluxo de caixa dinâmico álcool e gasolina.

Custo Gasolina		Volatilidade Álcool				
		1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%
Volatilidade Gasolina	1,0%	R\$ 30.275	R\$ 30.287	R\$ 30.232	R\$ 30.284	R\$ 30.260
	2,0%	R\$ 30.233	R\$ 30.257	R\$ 30.294	R\$ 30.344	R\$ 30.267
	3,0%	R\$ 30.307	R\$ 30.223	R\$ 30.314	R\$ 30.217	R\$ 30.238
	4,0%	R\$ 30.180	R\$ 30.256	R\$ 30.363	R\$ 30.322	R\$ 30.248
	5,0%	R\$ 30.309	R\$ 30.140	R\$ 30.217	R\$ 30.210	R\$ 30.131

Tabela XV – Gasto com Combustível no Fluxo Dinâmico Gasolina

Custo Flex Fuel		Volatilidade Álcool				
		1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%
Volatilidade Gasolina	1,0%	R\$ 29.034	R\$ 28.325	R\$ 27.498	R\$ 26.667	R\$ 25.824
	2,0%	R\$ 28.305	R\$ 27.779	R\$ 27.067	R\$ 26.411	R\$ 25.551
	3,0%	R\$ 27.532	R\$ 27.099	R\$ 26.611	R\$ 25.872	R\$ 25.151
	4,0%	R\$ 26.611	R\$ 26.387	R\$ 25.913	R\$ 25.302	R\$ 24.704
	5,0%	R\$ 25.848	R\$ 25.485	R\$ 25.174	R\$ 24.615	R\$ 24.072

Tabela XVI – Gasto com Combustível no Fluxo Dinâmico Álcool e Gasolina

Na Figura XI e na Figura XII tem-se o valor da opção *flex fuel* para cada par de volatilidade dos combustíveis.

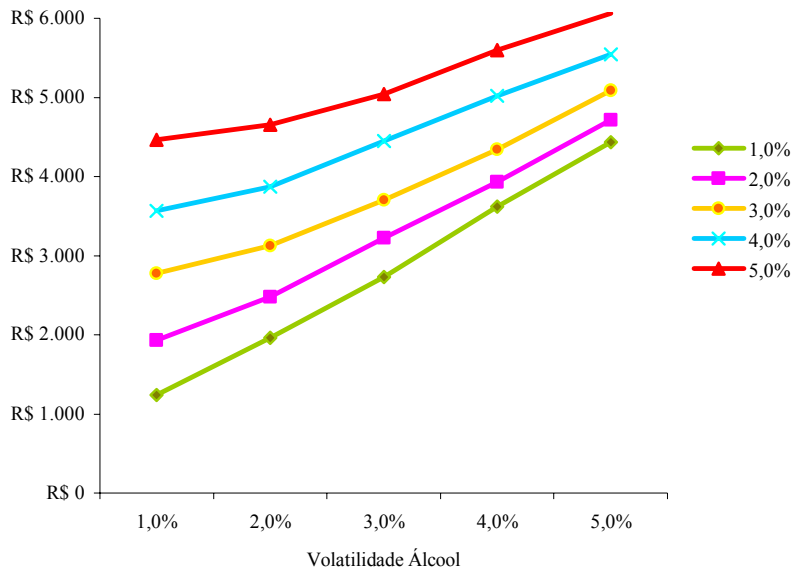


Figura XI – Valor da Opção *Flex Fuel* Variando a Volatilidade do Álcool

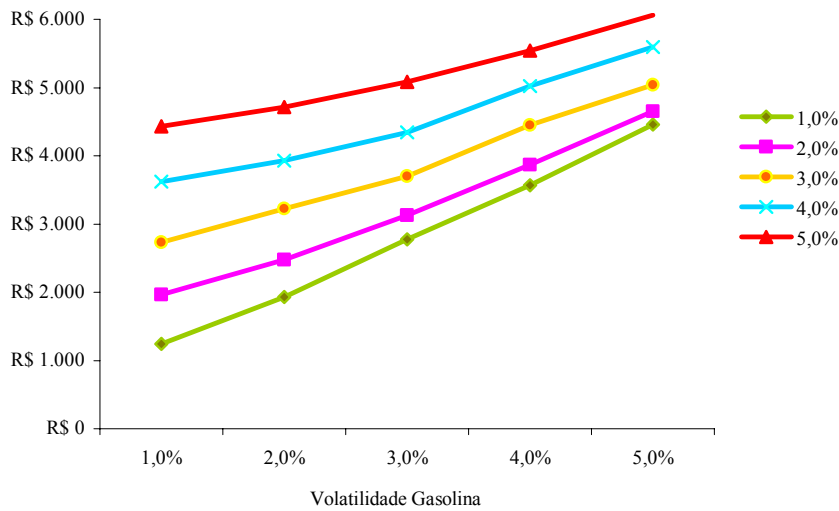


Figura XII – Valor da Opção *Flex Fuel* Variando a Volatilidade da Gasolina

Por fim, é feita uma análise de sensibilidade do preço da opção do carro *flex fuel* alterando apenas a quantidade de tanques consumidos por mês, variando de 1 a 5 e mantendo todas as demais variáveis constantes como segue:

- Eficiência do álcool: 70%
- Consumo mensal gasolina: 2,5 tanques
- Volatilidade do preço da gasolina: 1,54%

- Volatilidade do preço do álcool: 2,82%
- Preço inicial da gasolina: R\$2,50
- Preço inicial do álcool: R\$1,75
- Taxa livre de risco (TJPL outubro a dezembro de 2006): 6,85% a.a., ou a taxa equivalente mensal de 0,55% a.m.
- Períodos: 120 meses (10 anos)

Na Figura XIII é possível notar que o valor da opção aumenta consideravelmente com o aumento do consumo mensal de combustível, como já era esperado.

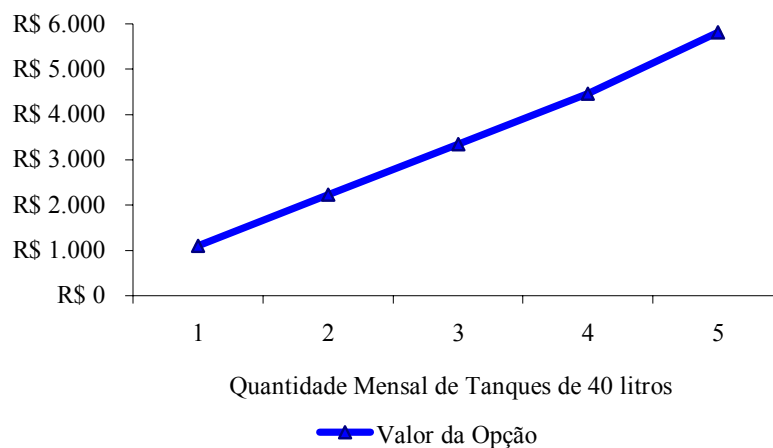


Figura XIII – Valor da Opção *Flex Fuel* Variando o Consumo de Combustível