

5

Modelagem: Aplicação a um Projeto de Troca de Aparelhos de Ar Condicionado

Será analisado nesta seção do trabalho o valor da flexibilidade gerencial que os administradores da Companhia têm em fazer o investimento na troca dos aparelhos de ar condicionado hoje ou em esperar para fazer o investimento no ano seguinte.

5.1 Premissas

A rede varejista em questão possui um projeto para trocar seus aparelhos de ar condicionado por modelos energeticamente mais eficientes. A decisão pela troca poderá acontecer imediatamente ou será reavaliada no prazo de um ano. Assim, compõem os ativos da rede varejista os aparelhos de ar condicionado e a opção de trocá-los através de um projeto de renovação. Foi levado em consideração o fato da varejista ser uma consumidora livre de energia e para o preço da energia na primeira análise, determinística, foi considerada a média de PLDs para os próximos 10 anos . Adicionalmente, foram analisadas lojas localizadas nas áreas de concessão de quatro distribuidoras distintas. Foram consideradas as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) das seguintes empresas: Light, Eletropaulo, CEMIG e CPFL, para consumidores livres no subgrupo tarifário A4. A Tabela 4 mostra as premissas básicas do projeto de forma detalhada e a Tabela 5 mostra as premissas de TUSD:

Tabela 4 – Premissas Básicas do Projeto

Premissas	Valores	Unidade
Investimento na Troca do aparelho (Split System)	225.000	R\$
Capacidade dos Sistemas de Ar Condicionado	90	TR
Consumo do Sistema Atual	0,143	MW
Consumo do Sistema Atual	515,52	MWh/ano
Consumo do Sistema Novo (Split System)	0,065	MW
Consumo do Sistema Novo	232,2	MWh/ano
Horas de Utilização	3.600	Horas/ano
Vida Útil do Projeto	10	anos

Imposto de Renda	34%	
Depreciação	1.875	(R\$/mês)

Tabela 5 – Premissas de TUSD

Distribuidora	TUSD na Ponta (R\$/kW)	TUSD Fora Ponta (R\$/kW)	TUSD Ponta Encargo (R\$/MWh)	TUSD Fora Ponta Encargo (R\$/MWh)
Light	42,07	11,27	27,75	27,75
CEMIG	38,63	10,81	20,30	20,30
Eletropaulo	31,13	7,35	25,46	25,46
CPFL	25,05	6,19	23,08	23,08

5.1.1

O Consumo de Energia nas Lojas

As lojas da rede varejista em análise têm em média 1.500 m² de área de vendas e seus sistemas de ar condicionado possuem uma potência média de 90 TR, podendo variar um pouco em função da região do país e de aspectos arquitetônicos, como a presença de forro ou não na loja, do tipo de cobertura (com ou sem isolamento térmico) e presença ou não de áreas envidraçadas.

Do total de aproximadamente 470 lojas, 85 delas possuem equipamentos de ar condicionado com mais de 10 anos de utilização, portanto, já tendo ultrapassado o seu tempo de depreciação total (10 anos).

Esses aparelho com mais de 10 anos, consomem em média, para 90 TR de potência, o equivalente a 515 MWh de energia por ano, enquanto o novo sistema de ar condicionado consumiriam em média 232 MWh de energia por ano para a mesma potência de 90 TR.

5.1.2

Tipos de Aparelho de Ar Condicionado e Investimentos Necessários

Para a troca dos sistemas de ar condicionado nas lojas existem algumas opções a serem analisadas. Um item importante é verificar se a loja é localizada na rua ou dentro de um *Shopping Center*. Para as lojas de rua, de cerca de 1.500 m², é preferível um sistema de expansão direta com o uso de condicionadores de ar tipo *Split System*. Outra opção, porém mais cara, é o sistema *Self Contained* remoto a ar. Para as lojas de *Shopping Center*, o sistema a ser utilizado depende da infra-estrutura disponível no *Shopping*. Se o *Shopping Center* fornece água gelada para as lojas, o lojista implanta um sistema de ar condicionado com condicionadores de ar tipo *Fan-Coil*. Se o *Shopping Center* fornece para as lojas água de condensação, o lojista implanta um sistema com condicionadores de ar *Self Contained* de condensação a água. No caso do *Shopping Center* não disponibilizar nada, as melhores opções para os lojistas seriam um sistema independente de expansão indireta, utilizando *chiller*, bombas e condicionadores de ar *Fan-Coil* ou um sistema de expansão direta com *Split System* ou *Self Contained* de condensação a ar.

A Tabela 6 apresenta um resumo das opções de sistema de ar condicionado existentes para uma loja de 1.500 m², o custo de implantação de cada um deles, assim como o consumo elétrico de cada um.

Tabela 6 – Custos para Instalação de Sistemas de Ar Condicionado

	Equipamento	Área (m ²)	Capacidade (TR)	Consumo Elétrico (kW)	Descrição	Aplicação	Custo (R\$)
Expansão Direta	Split ambiente	1.500	90,0	97,92	18 x 60.000 Btu/h	Lojas de rua	270.000,00
	Split System	1.500	90,0	64,50	3 x 30 TR	Lojas de rua	225.000,00
	Self Remoto a ar	1.500	90,0	85,60	4 x 22 TR	Lojas de rua ou Shopping	252.000,00
	Self a água	1.500	90,0	85,60	4 x 23 TR	Lojas de shopping	288.000,00
Expansão Indireta	Fan Coil	1.500	90,0	11,03	3 x 30 TR	Lojas de shopping	198.000,00
	Fan Coil + C.A.G.	1.500	90,0	141,65	3 x 30 TR + C.A.G de 90,0 TR	Lojas de rua ou Shopping (lojas âncoras)	378.000,00

Como as lojas em questão estão localizadas em sua maioria em rua, e o sistema mais indicado para esse formato de loja é o *Split System*, nesse trabalho será considerado que os investimentos para a troca dos aparelhos existentes será pela implantação de *Split Systems*.

5.1.3 Preço da Energia

Nesta seção do trabalho, a formação do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) será explorada mais detalhadamente.

Para formar e simular os PLDs neste trabalho, foi utilizado o modelo Newave (elaborado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) com projeções mensais para os próximos 10 anos. O modelo Newave, conforme demonstrado em seções anteriores, otimiza a estratégia de geração de energia a longo prazo. O PLD é limitado a um piso e um teto de preço definidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

O modelo Newave possui dois módulos. O primeiro módulo calcula a política ótima de operação ao longo do tempo planejado. Este módulo representa um “mapa de decisão” em função do que acontecer ou do que for simulado em termos de afluições aos reservatórios. Já no segundo módulo, são feitas simulações da operação do sistema considerando cenários futuros de afluições, resultando em cenários de operação do sistema, e os respectivos cenários de custos marginais de operação.

Neste estudo, após a utilização do modelo Newave para calcular a política ótima de operação hidrotérmica ao longo de um período de planejamento, será feita uma simulação com a qual se obtêm séries de custos marginais de operação, e, aplicando-se os limites, obtêm-se séries de PLDs. A simulação será realizada mediante a geração de séries sintéticas de afluições aos reservatórios utilizando um modelo periódico auto-regressivo (PAR(p)) de séries temporais (Maceira e Bezerra, 1997).

É importante ressaltar que o modelo Newave é utilizado na formação dos preços de curto prazo (PLD) publicados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Os PLDs foram simulados em 2.000 séries para o horizonte de 10 anos do projeto a partir do modelo Newave. Foram utilizados os dados de entrada empregados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para o leilão de energia nova em Setembro de 2008. O piso e o teto de preço considerados foram R\$ 15,47 por MWh e R\$ 569,59 por MWh respectivamente.

A discrepância entre o piso de R\$ 15,47 por MWh e o teto de R\$ 569,59 por MWh é uma consequência das condições características da operação de um sistema hidrotérmico. Na existência de água armazenada em excesso, o preço da energia é próximo a zero. Com isso, para garantir uma receita mínima aos geradores de energia ou outros agentes que tenham sobra de energia, a ANEEL estabelece um piso de preço. Já quando o nível médio dos reservatórios de água está muito baixo e as perspectivas de chuvas estão bem abaixo da média, o sistema fica dependente da geração de termelétricas com custos variáveis de operação da ordem de R\$ 400 a R\$ 500 por MWh (termelétricas a óleo diesel). O teto é estabelecido para garantir que praticamente todas as termelétricas do sistema estejam em operação.

5.1.4 Custo de Capital

A seguir serão apresentadas as premissas para a estimação do custo de capital do projeto apresentado. Para o cálculo da taxa livre de risco, foi utilizada a taxa de juros de longo prazo dos Estados Unidos (10 anos) em 31 de dezembro de 2008 combinada ao risco país (Brasil) na mesma data. O prêmio de mercado considerado foi de 5,38%, com base em estudo feito no Centro de Estudos em finanças da FGV (FGV, 2008). O beta realavancado da Companhia de 0,92 foi calculado com base no beta desalavancado dos principais varejistas norte americanos de capital aberto (0,70) e a estrutura de capital utilizada para a realavancagem do beta foi estimada com base na média dos principais varejistas brasileiros de capital aberto (48% dívida, 52% patrimônio líquido). A figura a seguir ilustra as premissas utilizadas para a estimação do custo de capital do projeto.

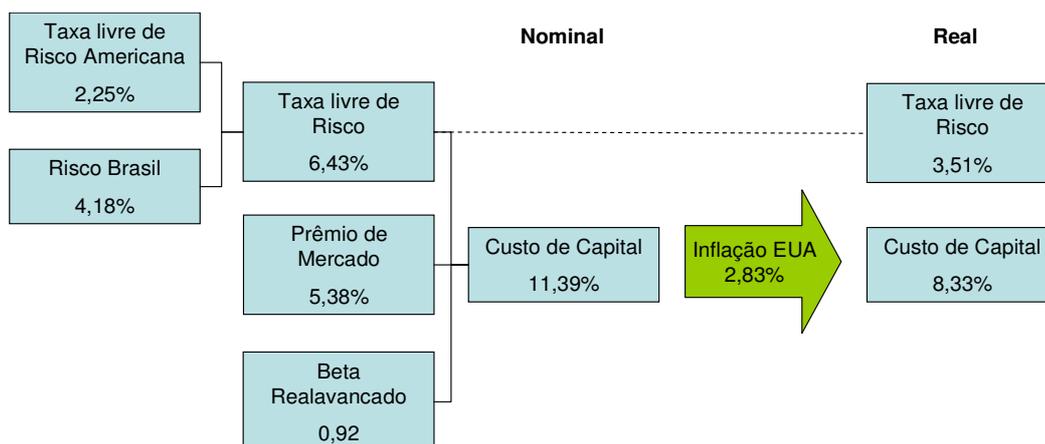


Figura 6 – Premissas para a Estimação do Custo de Capital do Projeto

As tabela a seguir demonstra os cálculos da Taxa Livre de Risco e do Custo de Capital do projeto.

Tabela 7 – Cálculo da Taxa Livre de Risco e do Custo de Capital do Projeto

Taxa Livre de Risco		Custo de Capital	
Taxa de juros de longo prazo dos EUA	2,25%	Prêmio de Risco do Mercado de Ações	5,38%
(+) Risco Brasil	4,18%	(x) Beta	0,92
(=) Taxa Livre de Risco Nominal	6,43%	(=) Prêmio de Risco do Mercado	4,96%
(÷) Inflação média últimos 10 anos EUA	2,83%	(+) Taxa Livre de Risco	6,43%
(=) Taxa Livre de Risco Real	3,51%	(=) Custo de Capital Próprio Nominal	11,39%
		(÷) Inflação média últimos 10 anos EUA	2,83%
		(=) Custo de Capital Próprio Real	8,33%

5.1.5 Modelagem Financeira do Projeto

A modelagem financeira do projeto foi feita com base no impacto gerado pelo ganho entre o consumo de energia dos equipamentos novos versus os equipamentos antigos no fluxo de caixa da empresa, considerando também o investimento necessário para a troca dos equipamentos. Os cálculos realizados levam em consideração a troca dos sistemas de ar condicionado de uma única loja.

5.2 Modelagem sem Opções

5.2.1 Modelagem da média dos fluxos de caixa com utilização da TUSD da Light

Utilizando o método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), levando em consideração um ganho fixo no consumo de energia pelo período de 10 anos vindo da troca do aparelho de ar condicionado, utilizando as premissas básicas do projeto demonstradas na seção 5.1 e a TUSD da Light, chegou-se ao fluxo de caixa a seguir.

Tabela 8 – Fluxo de Caixa Descontado do Projeto Base – TUSD Light

FLUXO DE CAIXA ANUAL (R\$ MIL)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Investimento	(225,0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Economia no Custo da Energia (PLD)		23,0	30,6	28,8	31,5	32,6	20,4	22,1	27,9	27,9	27,9
Economia no ágio pago na compra de energia		5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Economia no preço da TUSD		28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6
Depreciação do aparelho de ar condicionado		(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)
	(225,0)	34,7	42,4	40,5	43,2	44,3	32,1	33,8	39,7	39,7	39,7
IR gerado em função das economias		(11,8)	(14,4)	(13,8)	(14,7)	(15,1)	(10,9)	(11,5)	(13,5)	(13,5)	(13,5)
Retorno da depreciação		22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Fluxo de Caixa	(225,0)	45,4	50,5	49,2	51,0	51,7	43,7	44,8	48,7	48,7	48,7
Fluxo de Caixa a Valor Presente	106,0										

Utilizando a taxa de desconto de 8,33%, o valor do projeto, sem considerar nenhum tipo de flexibilidade gerencial ou incerteza no valor da energia ao longo dos próximos 10 anos, ficou em R\$ 105.986.

O fluxo de caixa a valor presente de R\$ 105.986 representa a média de 2.000 simulações de fluxo, cada uma delas utilizando uma série diferente do modelo Newave de estimativa do preço do PLD para os próximos 10 anos.

5.2.2 Modelagem da média dos fluxos de caixa com utilização da TUSD da CPFL

Fazendo a mesma análise da seção anterior, porém com a utilização da TUSD da CPFL, chegou-se ao seguinte fluxo de caixa:

Tabela 9 – Fluxo de Caixa Descontado do Projeto Base – TUSD CPFL

FLUXO DE CAIXA ANUAL (R\$ MIL)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Investimento	(225,0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Economia no Custo da Energia (PLD)		23,0	30,6	28,8	31,5	32,6	20,4	22,1	27,9	27,9	27,9
Economia no ágio pago na compra de energia		5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Economia no preço da TUSD		18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7
Depreciação do aparelho de ar condicionado		(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)	(22,5)
	(225,0)	24,8	32,5	30,6	33,3	34,4	22,2	23,9	29,8	29,8	29,8
IR gerado em função das economias		(8,4)	(11,0)	(10,4)	(11,3)	(11,7)	(7,6)	(8,1)	(10,1)	(10,1)	(10,1)
Retorno da depreciação		22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Fluxo de Caixa	(225,0)	38,9	43,9	42,7	44,5	45,2	37,2	38,3	42,2	42,2	42,2
Fluxo de Caixa a Valor Presente	61,2										

Utilizando a taxa de desconto de 8,33%, o valor do projeto, sem considerar nenhum tipo de flexibilidade gerencial ou incerteza no valor da energia ao longo dos próximos 10 anos, ficou em R\$ 61.158.

O fluxo de caixa a valor presente de R\$ 61.158 representa a média de 2.000 simulações de fluxo, cada uma delas utilizando uma série diferente do modelo Newave de estimativa do preço do PLD para os próximos 10 anos.

5.2.3

Análise de risco utilizando duas mil séries de fluxos de caixa

Nesta seção, para estudar o risco do projeto, será analisada a distribuição dos 2.000 fluxos de caixa a valor presente utilizados para se chegar ao VPLs médios das seções anteriores.

Tais fluxos foram montados utilizando as premissas básicas de investimento, economia de energia e ágio pago no preço da energia mencionados na seção **5.1 Premissas** deste trabalho. Os PLDs utilizados foram obtidos com o uso do modelo Newave, utilizando os dados de entrada empregados pela Empresa de Pesquisa Energética para o leilão de energia nova em Setembro de 2008. Como a Companhia estudada possui lojas espalhadas por todo o país, nesta seção serão apresentadas as análises de distribuição dos fluxos de caixa a valor presente utilizando a TUSD de quatro distribuidoras de energia diferentes. Sendo elas, Light, Eletropaulo, CEMIG e CPFL.

Inicialmente serão exploradas de forma mais detalhada as distribuições de VPL com as TUSD da Light e CPFL, distribuidoras com os maiores e menores preços de TUSD respectivamente. Para esses mesmos distribuidores, além do

cado base, serão feitas análises de sensibilidade considerando alterações no investimento inicial e na eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado, com o intuito de obter uma sensibilidade do valor do projeto de acordo com a localização das lojas.

Primeiramente, serão utilizadas as premissas básicas de investimento e de eficiência dos aparelhos de ar condicionado descritas na seção 5.1. Logo após, serão realizadas algumas análises de sensibilidade, com as seguintes premissas:

- i) redução de 10% na eficiência energética do novo aparelho de ar condicionado;
- ii) investimento 10% maior que o inicialmente proposto;
- iii) aumento de 10% na eficiência energética do novo aparelho de ar condicionado;
- iv) investimento 10% menor que o inicialmente proposto;
- v) combinação do investimento 10% maior que o inicialmente proposto e da redução de 10% na eficiência energética do novo aparelho de ar condicionado; e
- vi) combinação do investimento 10% menor que o inicialmente proposto e do aumento de 10% na eficiência energética do novo aparelho de ar condicionado.

Posteriormente, a distribuição dos fluxos de caixa a valor presente do caso base para cada uma das distribuidoras será comparada, podendo assim, chegar a uma conclusão de qual seria a região do país mais interessante para a realização do investimento.

5.2.3.1 Análise de risco utilizando TUSD da Light

A Figura 7, a seguir, ilustra a distribuição dos dois mil fluxos de caixa a valor presente calculados com a utilização das premissas do caso base e com a utilização do preço da TUSD da Light.

Tabela 10 – Estatística Descritiva Caso Base - Light

Máximo	426.335
Mínimo	8.874
Intervalo	417.461
Média	105.986
Mediana	85.680
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	67%
Pr VPL < 0 (%)	0%

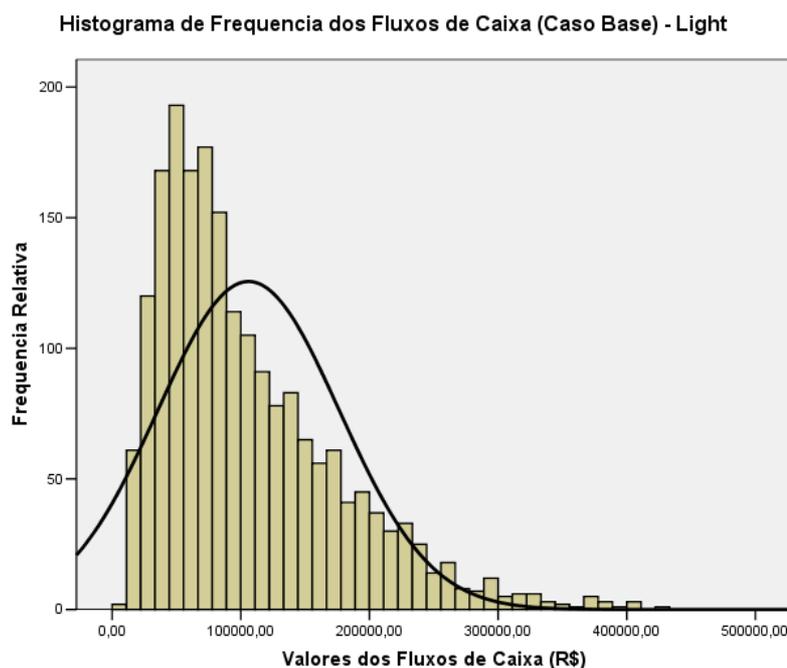


Figura 7 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Caso Base) - Light

Neste caso, a média encontrada para todos os fluxos de caixa é de R\$ 105.986. O intervalo entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 417.461, sendo que o menor valor é positivo em R\$ 8.874, uma forte indicação de que, a partir das premissas básicas e com a TUSD da Light, vale a pena seguir com o projeto. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 70.587, o que leva a um coeficiente de variação (desvio-padrão / média) de 67%, um valor relativamente alto. Por fim, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 85.680 – o que indica que 50% dos fluxos calculados são menores ou iguais a esse valor. Nenhum dos valores obtidos é negativo.

O próximo passo será a apresentação dos resultados de distribuição dos fluxos de caixa a partir de mudanças de cenário, considerando ainda a TUSD da Light. Será possível assim, verificar o impacto de cada variável ao risco do projeto.

A Figura 8 ilustra a distribuição dos fluxos de caixa a valor presente considerando uma redução de 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 11 – Estatística Descritiva para Redução de 10% na Eficiência dos Aparelhos - Light

Máximo	366.450
Mínimo	-9.265
Intervalo	375.715
Média	78.136
Mediana	59.861
Desvio Padrão	63.529
Coefficiente de Variação	81%
Pr VPL < 0 (%)	2%

Frequencia dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% na eficiência do aparelho) - Light

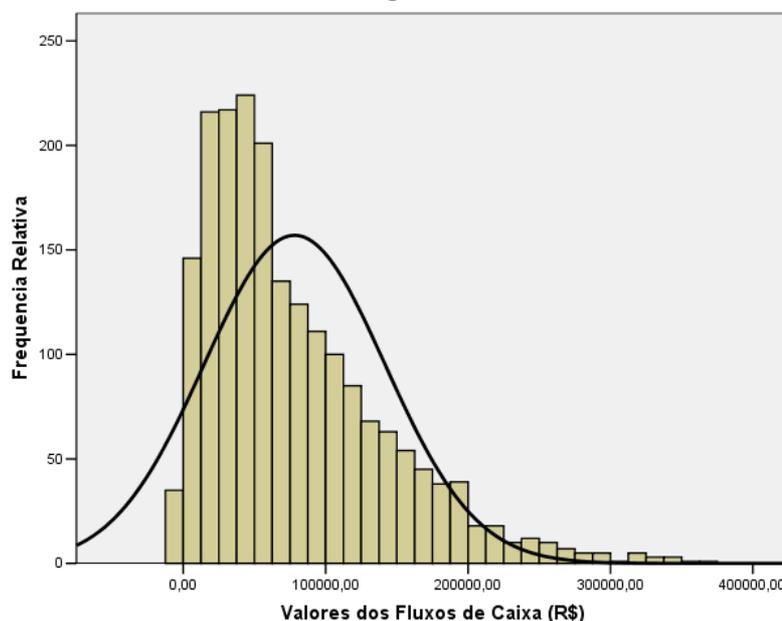


Figura 8 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% na Eficiência Energética dos Aparelhos de Ar Condicionado) - Light

Com a alteração na eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado, a média dos fluxos de caixa passa para R\$ 78.136 e a diferença entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 375.715. Com a redução de 10% na eficiência dos aparelhos, o menor valor de fluxo encontrado é negativo em R\$ 9.265, significativamente inferior ao caso base, além de ser negativo. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 63.529, o equivalente a um coeficiente de variação de 81%. Por fim, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 59.861 – o que indica que 50% dos fluxos calculados são menores ou iguais a esse valor. Neste caso, aproximadamente 2% dos fluxos de caixa apresentam valor negativo, o que indica uma possibilidade de não valer a pena fazer o investimento. Como é de se esperar, com a redução da eficiência dos aparelhos, o projeto se torna menos atrativo que no caso base.

A próxima simulação, ilustrada na Figura 9, considera um aumento de 10% no investimento inicial para a troca dos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 12 – Estatística Descritiva para Aumento de 10% no Investimento - Light

Máximo	409.083
Mínimo	-8.378
Intervalo	417.461
Média	88.734
Mediana	68.429
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	80%
Pr VPL < 0 (%)	1%

Frequencia dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no investimento) - Light

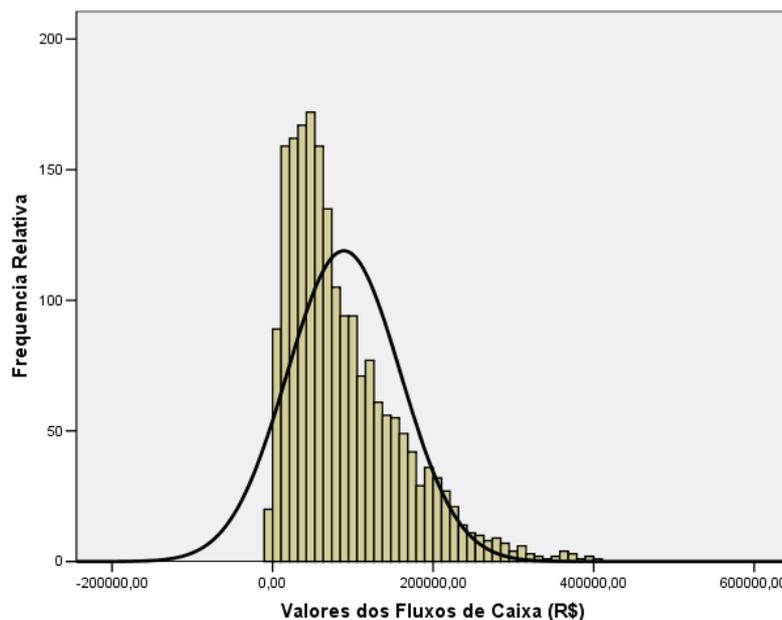


Figura 9 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no Investimento) - Light

Com o aumento do investimento inicial em 10%, a média dos fluxos de caixa obtida é de R\$ 88.734. Nesta nova simulação, o intervalo encontrado entre o maior e menor valor do projeto é de R\$ 417.461, assim como no caso base. O desvio-padrão apresentado é de R\$ 70.587, também igual ao do caso base e a mediana dos fluxos é de R\$ 68.429. Neste caso, cerca de 1% das simulações apresentam valor negativo. O aumento de 10% no investimento, apesar de gerar uma distribuição de fluxos de caixa menos atrativa que o caso base, gera uma distribuição mais atrativa que o caso da redução na eficiência dos aparelhos. Isso demonstra que os fluxos de caixa são mais sensíveis a uma variação na eficiência dos aparelhos que a uma variação percentualmente igual no investimento inicial.

A Figura 10 ilustra a distribuição dos fluxos de caixa a valor presente considerando um aumento de 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 1 – Estatística Descritiva para Aumento de 10% na Eficiência do Aparelho - Light

Máximo	486.220
Mínimo	27.013
Intervalo	459.207
Média	133.836
Mediana	111.500
Desvio Padrão	77.646
Coefficiente de Variação	58%
Pr VPL < 0 (%)	0%

Frequencia dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% na eficiencia do aparelho) - Light

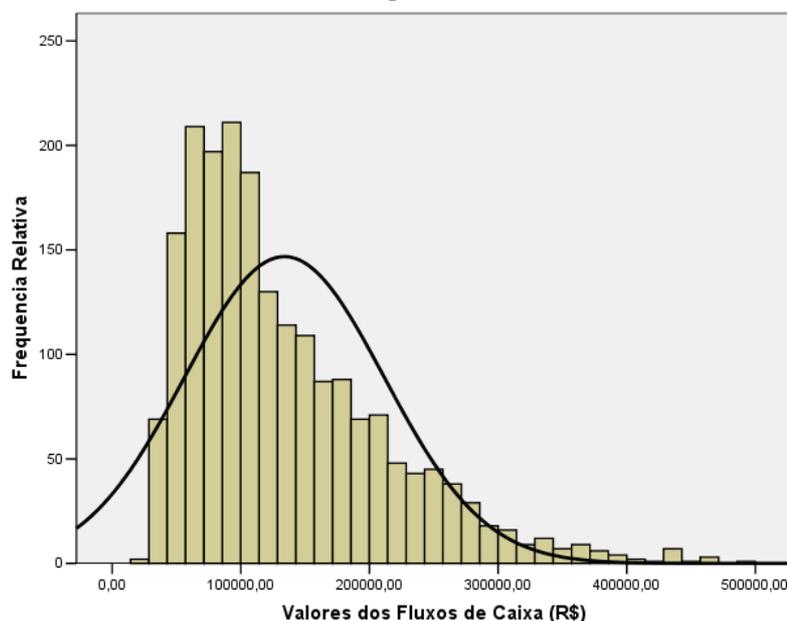


Figura 10 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - Light

Com o aumento na eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado, a média dos fluxos de caixa passa para R\$ 133.836 e o intervalo entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 459.207. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 77.646. Neste caso, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 111.500. Nenhum fluxo de caixa a valor presente apresentou valor negativo. Esta simulação mostra-se mais atraente que o caso base dada a sua média superior e seu coeficiente de variação menor.

A próxima simulação, ilustrada na Figura 11, considera uma redução de 10% no investimento inicial para a troca dos aparelhos de ar condicionado.

Frequencia dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no investimento) - Light

Tabela 2 – Estatística Descritiva para Redução de 10% no Investimento - Light

Máximo	443.586
Mínimo	26.126
Intervalo	417.461
Média	123.238
Mediana	102.932
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	57%
Pr VPL < 0 (%)	0%

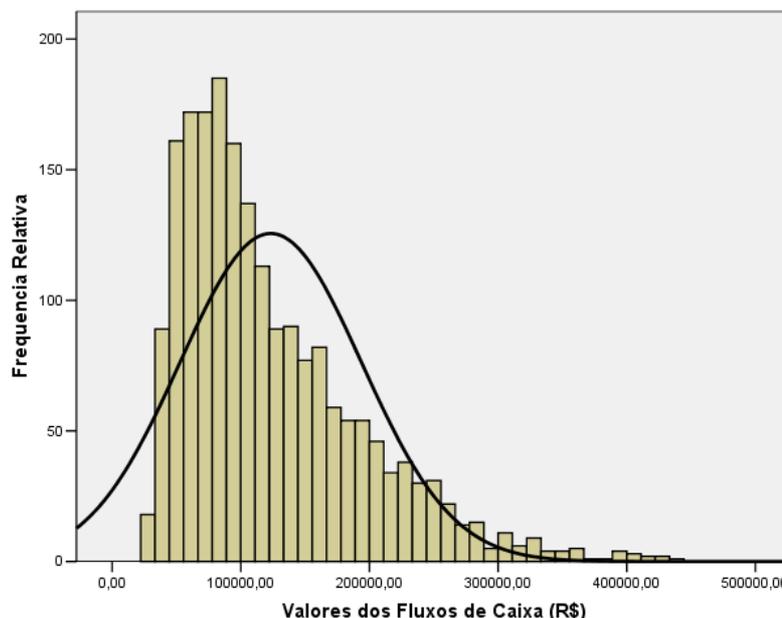


Figura 11 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no Investimento) - Light

Com a redução do investimento inicial em 10%, saindo de R\$ 225.000 para R\$ 202.500, a média dos fluxos de caixa obtida é de R\$ 123.238. Nesta nova simulação, o intervalo encontrado entre o maior e menor valor do projeto é de R\$ 417.461, assim como no caso base. O desvio-padrão apresentado é de R\$ 70.587, também igual ao do caso base, porém apresentando um coeficiente de variação de 57%, ou seja, inferior ao caso base. Já a mediana dos fluxos é de R\$ 102.932. Comparando o caso de redução de 10% no investimento com o caso de 10% de aumento na eficiência dos aparelhos de ar condicionado, mais uma vez fica comprovado que os fluxos de caixa são mais sensíveis à eficiência dos aparelhos, já que os fluxos apresentados são em média superiores. Esta simulação mostra-se também menos arriscada que o caso base, dado seu menor coeficiente de variação.

A Figura 12 ilustra a combinação, nos mesmos fluxos, da redução em 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado com o aumento em 10% no investimento inicial para a troca dos mesmos.

Tabela 3 – Estatística Descritiva para Combinação de Aumento de 10% nos Investimentos e Redução de 10% na Eficiência dos Aparelhos - Light

Máximo	349.198
Mínimo	-26.517
Intervalo	375.715
Média	60.884
Mediana	42.609
Desvio Padrão	63.529
Coefficiente de Variação	104%
Pr VPL < 0 (%)	13%

Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no investimento e redução de 10% na eficiência do aparelho) - Light

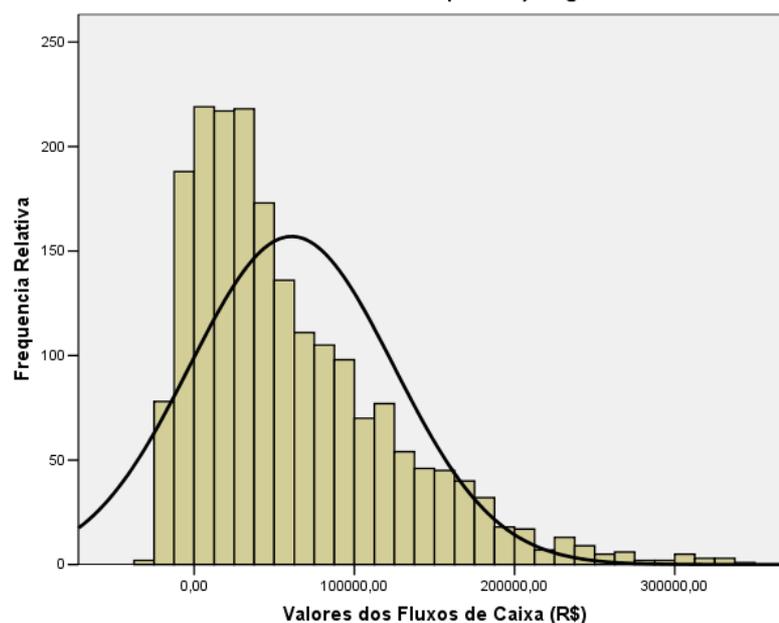


Figura 12 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% nos Investimentos e Redução de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - Light

Com tal combinação, a média dos fluxos de caixa passa para R\$ 60.884 e o intervalo encontrado entre o maior e o menor fluxo é de R\$ 375.715, sendo que o menor valor encontrado é negativo em R\$ 26.517. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 63.529, apresentando um coeficiente de variação de 104%, o maior dentre os casos estudados até o momento. A mediana dos fluxos apresentada neste caso é de R\$ 42.609. Como era de se esperar, este é o cenário mais arriscado. Cerca de 13% das simulações de fluxo de caixa a valor presente apresentam valores negativos.

Já a Figura 13 ilustra a combinação, nos mesmos fluxos, do aumento em 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado com a redução em 10% no investimento inicial para a troca dos mesmos.

Tabela 4 – Estatística Descritiva para Combinação de Redução de 10% nos Investimentos e Aumento de 10% na Eficiência dos Aparelhos – Light

Máximo	503.472
Mínimo	44.265
Intervalo	459.207
Média	151.088
Mediana	128.752
Desvio Padrão	77.646
Coefficiente de Variação	51%
Pr VPL < 0 (%)	0%

Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no investimento e aumento de 10% na eficiência do aparelho) - Light

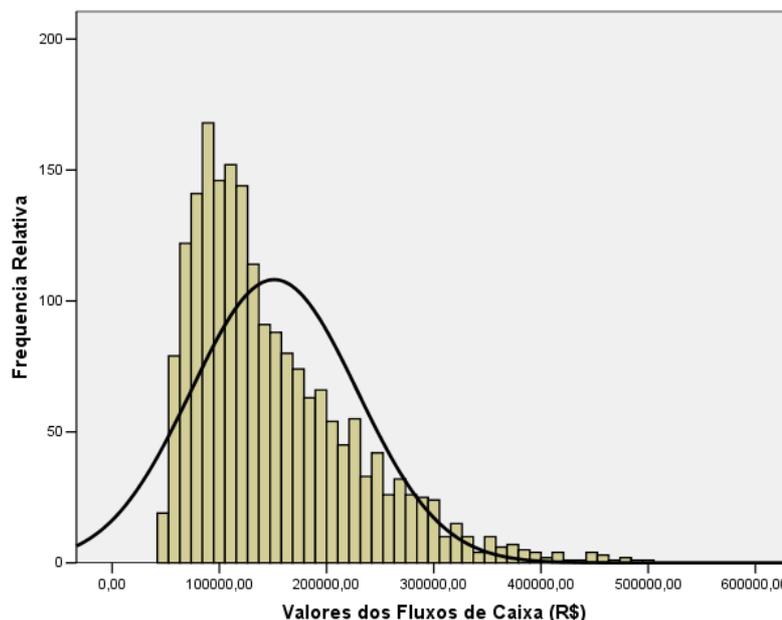


Figura 13 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% nos Investimentos e Aumento de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - Light

Com tal combinação, a média dos fluxos de caixa a valor presente é de R\$ 151.088. O intervalo encontrado entre o maior e o menor fluxo é de R\$ 459.207 e o desvio-padrão da amostra R\$ 77.646. A mediana dos fluxos para este caso é de R\$ 128.752 e nenhuma das simulações apresentou valor negativo. Este é o mais positivo dos casos, já que apresenta a maior média e o menor coeficiente de variação, além de não apresentar nenhuma simulação de fluxo de caixa a valor presente com valor negativo.

A tabela a seguir traz de forma resumida as estatísticas descritivas com os pontos analisados para cada um dos casos apresentados.

Tabela 5 – Resumo das simulações dos fluxos de caixa - Light

R\$	Base (A)	Eficiência 10% Menor (B)	Investimento 10% Maior (C)	Eficiência 10% Maior (D)	Investimento 10% Menor (E)	(B+C)	(D+E)
Máximo	426.335	366.450	409.083	486.220	443.586	349.198	503.472
Mínimo	8.874	-9.265	-8.378	27.013	26.126	-26.517	44.265
Intervalo	417.461	375.715	417.461	459.207	417.461	375.715	459.207
Média	105.986	78.136	88.734	133.836	123.238	60.884	151.088
Mediana	85.680	59.861	68.429	111.500	102.932	42.609	128.752
Desvio Padrão	70.587	63.529	70.587	77.646	70.587	63.529	77.646
Coefficiente de Variação	67%	81%	80%	58%	57%	104%	51%
Pr VPL < 0 (%)	0%	2%	1%	0%	0%	13%	0%

Conforme a Tabela 5 demonstra, o caso que apresenta o menor risco para o projeto é a combinação de uma eficiência 10% maior nos aparelhos de ar condicionado com uma redução de 10% nos investimentos necessários para a troca destes aparelhos. Ao fazer a análise da estatística descritiva dos casos estudados, chega-se a conclusão que, apesar de alguns casos apresentarem simulações de valor presente líquido do projeto negativo, em sua maioria isso não é uma verdade.

Utilizando o caso base como o mais provável, valeria a pena seguir em frente com o projeto, já que a probabilidade de se obter um VPL negativo do projeto é nula.

A seguir, as mesmas análises serão feitas para os fluxos de caixa onde foram utilizadas as premissas de TUSD da CPFL. Assim será possível ter uma sensibilidade de qual localidade é mais atraente para a implantação do projeto, Rio de Janeiro (Light) ou interior de São Paulo (CPFL).

5.2.3.2

Análise de risco utilizando TUSD da CPFL

Depois de fazer a análise de risco utilizando a TUSD da Light, o próximo passo é fazer uma análise similar com a TUSD da CPFL, distribuidora de energia no interior do estado de São Paulo. Assim, será possível ter uma noção do quanto a localização da loja pode influenciar na troca dos aparelhos de ar condicionado.

A Figura 14, ilustra a distribuição dos dois mil fluxos de caixa a valor presente calculados com a utilização das premissas do caso base para a TUSD da CPFL.

Tabela 6 – Estatística Descritiva Caso Base - CPFL

Máximo	381.507
Mínimo	-35.954
Intervalo	417.461
Média	61.158
Mediana	40.852
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	115%
Pr VP < 0 (%)	17,8%

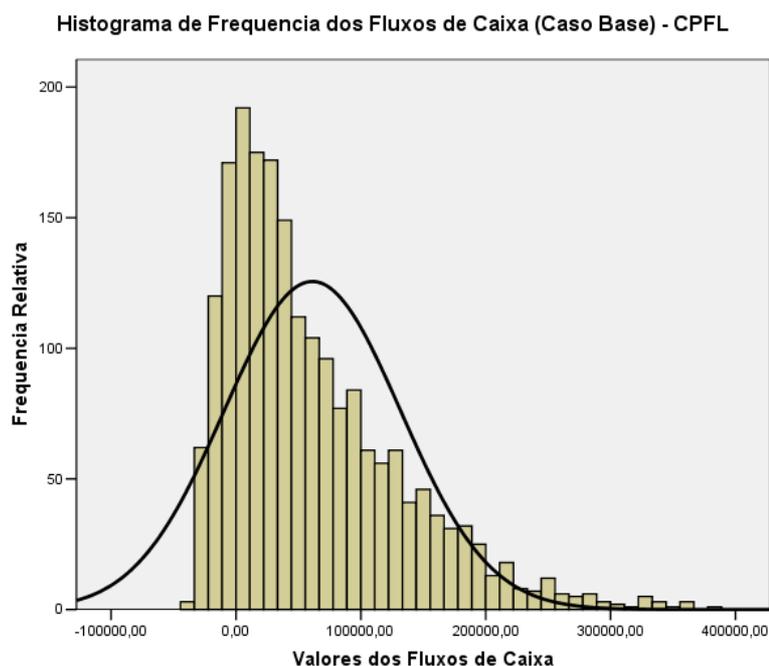


Figura 14 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Caso Base) - CPFL

Neste caso, a média encontrada para todos os fluxos de caixa é de R\$ 61.158 e o intervalo entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 417.461, sendo que o menor valor é negativo em R\$ 35.954. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 70.587, o que leva a um coeficiente de variação (desvio-padrão / média) de 115%, um valor bastante alto. Por fim, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 40.852 – o que indica que 50% dos fluxos calculados são menores ou iguais a esse valor. Fazendo uma análise similar, 17,8% dos fluxos de caixa apresentam valor negativo, o que demonstra que o risco do projeto em questão pode não valer a pena.

O próximo passo é apresentar os fluxos de caixa a valor presente a partir da mudança de cenários e utilizando a TUSD da CPFL. Será possível assim, verificar o impacto de cada variável ao risco do projeto para a praça em questão.

A Figura 15 ilustra a distribuição dos fluxos de caixa a valor presente considerando uma redução de 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 7 – Estatística Descritiva para Redução de 10% na Eficiência dos Aparelhos - CPFL

Máximo	326.104
Mínimo	-49.611
Intervalo	375.715
Média	37.790
Mediana	19.515
Desvio Padrão	63.529
Coefficiente de Variação	168%
Pr VP < 0 (%)	33,5%

Histograma dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% na eficiência do aparelho) - CPFL

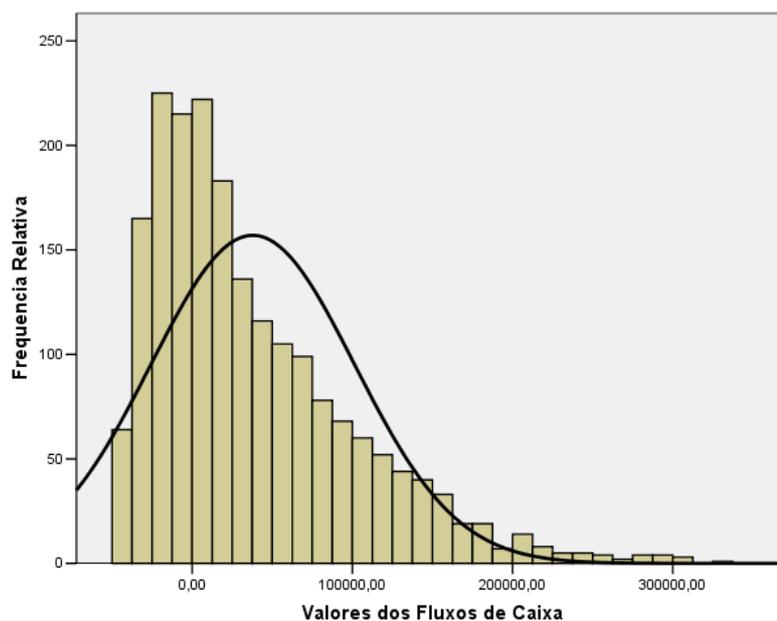


Figura 15 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% na Eficiência Energética dos Aparelhos de Ar Condicionado) - CPFL

Com a alteração na eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado, a média dos fluxos de caixa passa para R\$ 37.790 e a diferença entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 375.715. Com a redução de 10% na eficiência dos aparelhos, o menor valor encontrado é negativo em R\$ 49.611, significativamente inferior ao caso base, mostrando um risco ainda maior do projeto não valer a pena. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 63.529, o equivalente a um coeficiente de variação de 168%, extremamente alto. Por fim, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 19.515 – o que indica que 50% dos fluxos calculados são menores ou iguais a esse valor. Como é de se esperar, com a redução da eficiência dos aparelhos, o projeto se torna menos atrativo que no caso base. No caso em questão, 33,5% dos fluxos de caixa apresentaram valor negativo.

A próxima simulação, ilustrada na Figura 1, considera um aumento de 10% no investimento inicial para a troca dos aparelhos de ar condicionado.

Histograma dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no investimento) - CPFL

Tabela 8 – Estatística Descritiva para Aumento de 10% no Investimento - CPFL

Máximo	364.255
Mínimo	-53.206
Intervalo	417.461
Média	43.906
Mediana	23.601
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	161%
Pr VP < 0 (%)	31,7%

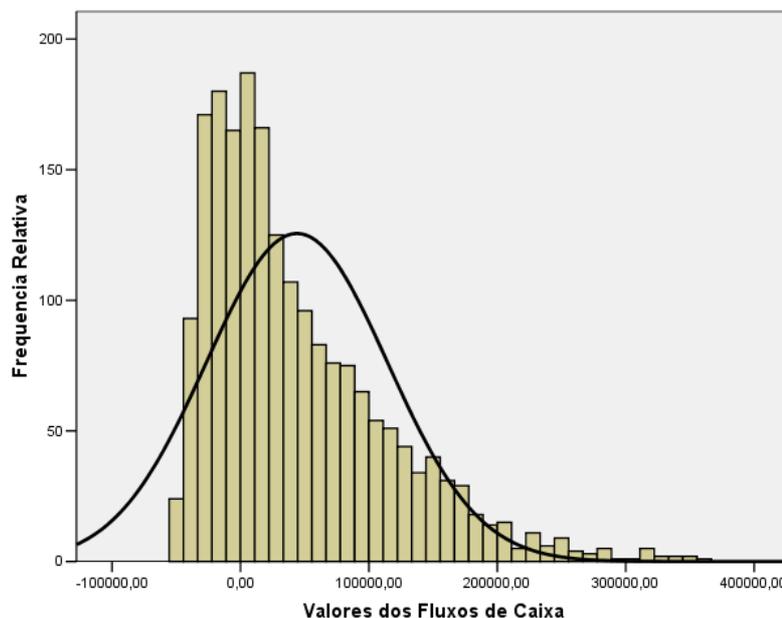


Figura 1 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no Investimento) - CPFL

Com o aumento do investimento inicial em 10%, a média dos fluxos de caixa obtida é de R\$ 43.906. Nesta nova simulação, o intervalo encontrado entre o maior e menor valor do projeto é de R\$ 417.461, assim como no caso base. O desvio-padrão apresentado é de R\$ 70.587, também igual ao do caso base e a mediana dos fluxos é de R\$ 23.601. O aumento de 10% no investimento, apesar de gerar uma distribuição de fluxos de caixa menos atrativa que o caso base, gera uma distribuição mais atrativa que o caso da redução na eficiência dos aparelhos. Isso demonstra que os fluxos de caixa são mais sensíveis a uma variação na eficiência dos aparelhos que a uma variação percentualmente igual no investimento inicial. Neste caso, 31,7% dos fluxos apresentaram valor negativo.

A Figura 2 ilustra a distribuição dos fluxos de caixa a valor presente considerando um aumento de 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado.

Histograma dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% na eficiência do aparelho) - CPFL

Tabela 9 – Estatística Descritiva para Aumento de 10% na Eficiência do Aparelho - CPFL

Máximo	436.909
Mínimo	-22.298
Intervalo	459.207
Média	84.525
Mediana	62.189
Desvio Padrão	77.646
Coefficiente de Variação	92%
Pr VP < 0 (%)	6,1%

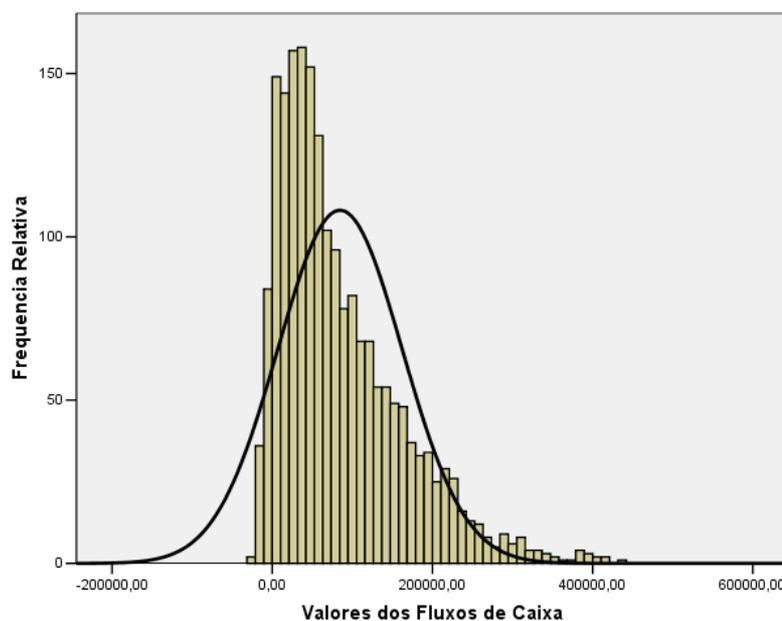


Figura 2 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - CPFL

Com o aumento na eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado, a média dos fluxos de caixa passa para R\$ 84.525 e o intervalo entre o maior e o menor valor encontrado é de R\$ 459.207. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 77.646. Neste caso, a mediana da amostra de fluxos de caixa é de R\$ 62.189 e 6,1% dos fluxos apresentam valor negativo, mostrando um risco do projeto não gerar valor significativamente inferior aos casos anteriores.

A próxima simulação, ilustrada na Figura 38, considera uma redução de 10% no investimento inicial para a troca dos aparelhos de ar condicionado.

Histograma dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no investimento) - CPFL

Tabela 10 – Estatística Descritiva para Redução de 10% no Investimento - CPFL

Máximo	398.758
Mínimo	-18.703
Intervalo	417.461
Média	78.409
Mediana	58.104
Desvio Padrão	70.587
Coefficiente de Variação	90%
Pr VP < 0 (%)	5,4%

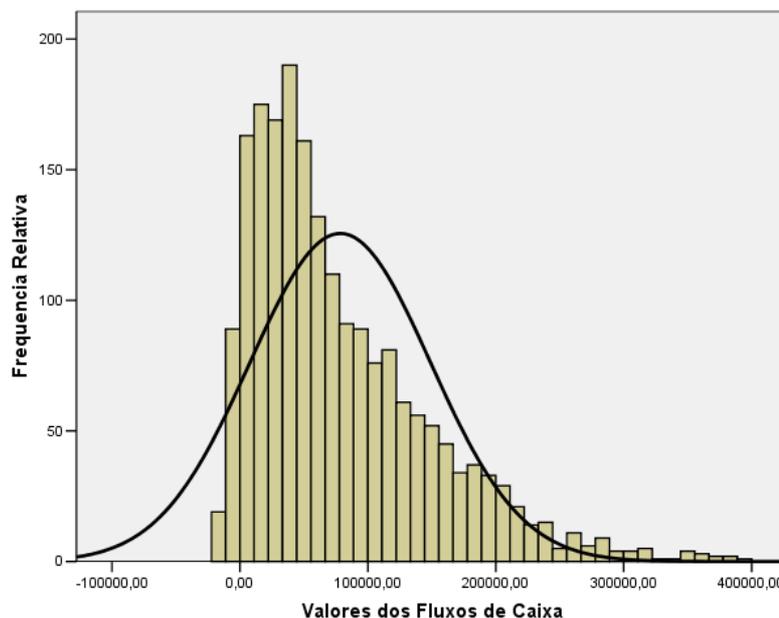


Figura 3 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no Investimento) - CPFL

Com a redução do investimento inicial em 10%, a média dos fluxos de caixa obtida é de R\$ 78.409. Nesta nova simulação, o intervalo encontrado entre o maior e menor valor do projeto foi de R\$ 417.461, assim como no caso base. O desvio-padrão apresentado é de R\$ 70.587, também igual ao do caso base, porém apresentando um coeficiente de variação de 90%, que, apesar de inferior ao caso base, ainda é significativamente alto. A mediana dos fluxos apresentados é de R\$ 58.104. Comparando o caso de redução de 10% no investimento com o caso de 10% de aumento na eficiência dos aparelhos de ar condicionado, mais uma vez fica comprovado que os fluxos de caixa são mais sensíveis à eficiência dos aparelhos, já que os fluxos apresentados são em média superiores. Neste caso, apenas 5,4% dos fluxos apresentaram valor negativo, o melhor caso neste quesito, para a TUSD da CPFL, até o momento.

A Figura 4 ilustra a combinação, nos mesmos fluxos, da redução em 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado com o aumento em 10% no investimento inicial para a troca dos mesmos.

Tabela 11 – Estatística Descritiva para Combinação de Aumento de 10% nos Investimentos e Redução de 10% na Eficiência dos Aparelhos – CPFL

Máximo	308.853
Mínimo	-66.862
Intervalo	375.715
Média	20.539
Mediana	2.264
Desvio Padrão	63.529
Coefficiente de Variação	309%
Pr VP < 0 (%)	48,4%

Histograma dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% no investimento e redução de 10% na eficiência do aparelho) - CPFL

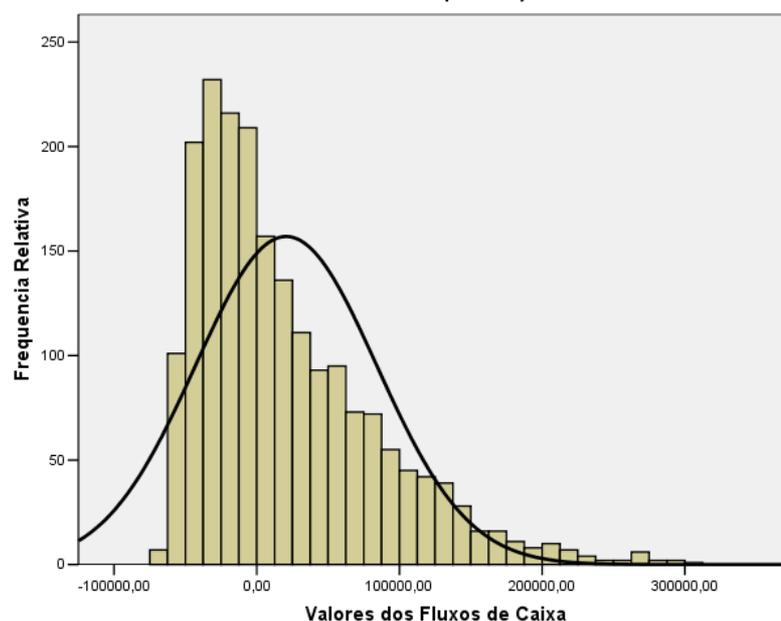


Figura 4 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Aumento de 10% nos Investimentos e Redução de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - CPFL

Com tal combinação, a média dos fluxos de caixa é de R\$ 20.539. O intervalo encontrado entre o maior e o menor fluxo foi de R\$ 375.715, sendo que o menor valor encontrado é negativo em R\$ 66.862, mostrando um alto risco do projeto não valer a pena. O desvio-padrão da amostra é de R\$ 63.529, apresentando um coeficiente de variação de 309%, significativamente alto e o maior dentre os casos estudados até o momento. A mediana dos fluxos apresentada neste caso é de R\$ 2.264 e em 48,4% das simulações, os fluxos de caixa apresentaram valor negativo. Esta é, sem dúvida, a pior das situações apresentadas.

A Figura 5 ilustra a combinação, nos mesmos fluxos, do aumento em 10% na eficiência energética dos novos aparelhos de ar condicionado com a redução em 10% no investimento inicial para a troca dos mesmos.

Histograma dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% no investimento e aumento de 10% na eficiência do aparelho) - CPFL

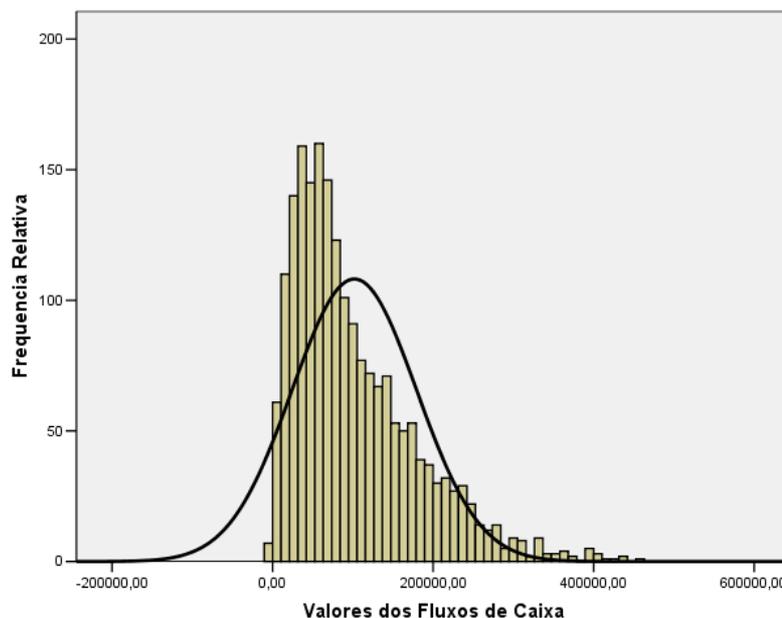


Tabela 12 – Estatística Descritiva para Combinação de Redução de 10% nos Investimentos e Aumento de 10% na Eficiência dos Aparelhos – CPFL

Máximo	454.161
Mínimo	-5.046
Intervalo	459.207
Média	101.777
Mediana	79.441
Desvio Padrão	77.646
Coefficiente de Variação	76%
Pr VP < 0 (%)	0,4%

Figura 5 – Histograma de Frequência dos Fluxos de Caixa (Redução de 10% nos Investimentos e Aumento de 10% na Eficiência Energética do Aparelho de Ar Condicionado) - CPFL

Com tal combinação, a média dos fluxos de caixa a valor presente é de R\$ 101.777. O intervalo encontrado entre o maior e o menor fluxo é de R\$ 459.207 e o desvio-padrão da amostra R\$ 77.646. A mediana dos fluxos para este caso é de R\$ 79.441, o mais positivo dos casos da CPFL. Nesta simulação, apenas 0,4% dos fluxos apresentam valor negativo.

A tabela a seguir traz de forma resumida as estatísticas descritivas com os pontos analisados para cada um dos casos apresentados considerando a TUSD da CPFL.

Tabela 13 – Resumo das simulações dos fluxos de caixa - CPFL

R\$	Base (A)	Eficiência 10% Menor (B)	Investimento 10% Maior (C)	Eficiência 10% Maior (D)	Investimento 10% Menor (E)	(B+C)	(D+E)
Máximo	381.507	326.104	364.255	436.909	398.758	308.853	454.161
Mínimo	-35.954	-49.611	-53.206	-22.298	-18.703	-66.862	-5.046
Intervalo	417.461	375.715	417.461	459.207	417.461	375.715	459.207
Média	61.158	37.790	43.906	84.525	78.409	20.539	101.777
Mediana	40.852	19.515	23.601	62.189	58.104	2.264	79.441
Desvio Padrão	70.587	63.529	70.587	77.646	70.587	63.529	77.646
Coefficiente de Variação	115%	168%	161%	92%	90%	309%	76%
Pr VP < 0 (%)	17,8%	33,5%	31,7%	6,1%	5,4%	48,4%	0,4%

Ao analisar a Tabela 13, pode-se observar que em todas as simulações, por mais positivas ou negativas que sejam suas premissas, foram apresentados pelo menos um fluxo de caixa a valor presente negativo.

Tomando o caso base como o mais provável de ocorrer, pode-se dizer que, apesar dele apresentar uma média positiva, ele ainda é arriscado, dada a probabilidade de quase 18% de seus fluxos apresentarem valor negativo e de seu coeficiente de variação ser de 115%.

Para seguir em frente com esse projeto, a rede varejista deve estar disposta a lidar com um alto grau de incerteza, o que não é o mais prudente e recomendável.

O próximo passo é fazer uma análise das estatísticas descritivas das simulações para o caso base das quatro distribuidoras de energia previamente mencionadas, conforme a Tabela 14.

Tabela 14 – Resumo das Simulações dos Fluxos de Caixa para Caso Base na Light, CEMIG, Eletropaulo e CPFL

R\$	Light	CEMIG	Eletropaulo	CPFL
Máximo	426.335	409.924	397.283	381.507
Mínimo	8.874	-7.537	-20.178	-35.954
Intervalo	417.461	417.461	417.461	417.461
Média	105.986	89.575	76.934	61.158
Mediana	85.680	69.269	56.629	40.852
Desvio Padrão	70.587	70.587	70.587	70.587
Coefficiente de Variação	67%	79%	92%	115%
Pr VPL < 0 (%)	0,0%	1,0%	6,0%	17,8%

As distribuições dos fluxos de caixa a valor presente da Eletropaulo (São Paulo) e da CEMIG (Minas Gerais) encontram-se no meio dos dois extremos de risco que são, do lado menos arriscado a Light e do lado mais arriscado a CPFL.

Desta forma, a região mais propícia para se fazer o investimento de troca dos aparelhos de ar condicionado, de acordo com o modelo sem opção é o Estado do Rio de Janeiro.

5.3

Espera para a realização do projeto

Como visto na seção anterior, depois de feita a análise do valor do projeto através da metodologia do Fluxo de Caixa Descontado, considerando o valor da TUSD em quatro distribuidoras de energia diferentes, e analisando o risco do projeto para cada uma delas, chegou-se a conclusão que o projeto menos arriscado e com perspectivas de retornos mais elevados, era o que utilizava os preços de energia da Light. Por outro lado, o projeto que apresentou o maior risco de ser negativo, foi o da CPFL.

No entanto, é necessário ter em mente, que a avaliação de um projeto pela tradicional metodologia do Fluxo de Caixa Descontado não considera diversas incertezas em relação ao futuro, como o preço da energia, o valor da TUSD, a eficiência dos aparelhos de ar condicionado e o investimento necessário para a troca do aparelho, que afetam diretamente o valor do projeto.

Dito isto, nesta seção do trabalho a Teoria das Opções Reais será utilizada para avaliar o valor do projeto caso a decisão de adiar o investimento na troca dos aparelhos seja tomada. Como a região que apresentou o maior risco de ter valores negativos foi a em que a CPFL atua, esta foi a região escolhida para a análise em questão.

A primeira avaliação do projeto pela Teoria das Opções Reais considera a opção de adiar o investimento inicial pelo período de um ano. Em seguida, o projeto será avaliado com duas opções de adiamento, uma a cada seis meses.

Com tais análises, será possível verificar o quanto as opções de espera geram de valor para o projeto da CPFL, indicado como o mais arriscado.

Como premissa básica e limitadora do estudo, será considerado que o valor do projeto segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB).

5.3.1 Árvore de Eventos

Como comentado, para a avaliação do projeto pela metodologia das Opções Reais, será considerado que o valor do projeto segue um Movimento Geométrico Browniano, conforme a equação (3.19), representada a seguir:

$$dV = \alpha V dt + \sigma V dz$$

No primeiro momento, será avaliada a opção de espera na realização do projeto por um ano. Utilizando o valor presente médio do projeto da CPFL em t_0 , $V_0 = \text{R\$ } 286.158$, pode-se partir para a utilização do modelo binomial da árvore de eventos. Importante mencionar que V_0 é o valor presente líquido do projeto, de $\text{R\$ } 61.158$, como mencionado na Tabela 13, adicionado do investimento inicial de $\text{R\$ } 225.000$.

Para isso, o primeiro passo foi calcular o valor presente do projeto da CPFL, ainda utilizando a metodologia do fluxo de caixa descontado em t_1 , V_1 , ou seja, um ano após t_0 . O valor encontrado para o projeto em t_1 , V_1 foi de $\text{R\$ } 289.334$.

Feito isso, o próximo passo foi achar o valor da variável $\mu = \ln(V_1/V_0) = 1,1\%$.

O passo seguinte é o cálculo da volatilidade do projeto, σ , através da utilização da equação (3.21), mostrada anteriormente neste trabalho e novamente representada a seguir:

$$\text{var}(V_1) = V_0^2 e^{2\mu(\Delta t)} [e^{\sigma^2(\Delta t)} - 1]$$

Substituindo na equação os valores de $\text{var}(V_1)$, V_0 , μ e Δt , o resultado encontrado para a volatilidade do projeto, $\sigma = 25,2\%$.

Para montar a árvore binomial, foram utilizadas como parâmetros, ainda, a taxa livre de risco $r = 8,75\%$, mesmo valor que a taxa básica de juros brasileira (SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia) em Setembro de 2009, o valor de $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1,287$, representando a intensidade da variação positiva no valor do projeto, $d = 1/u = 0,777$, representando a intensidade da variação negativa no valor do projeto e, $p = ((1+r)-d)/(u-d) = 60,9\%$, representando a probabilidade de variação positiva do projeto.

Com todos estes valores obtidos, torna-se possível agora a modelagem através da árvore binomial de eventos, representada pela Figura 6, a seguir:

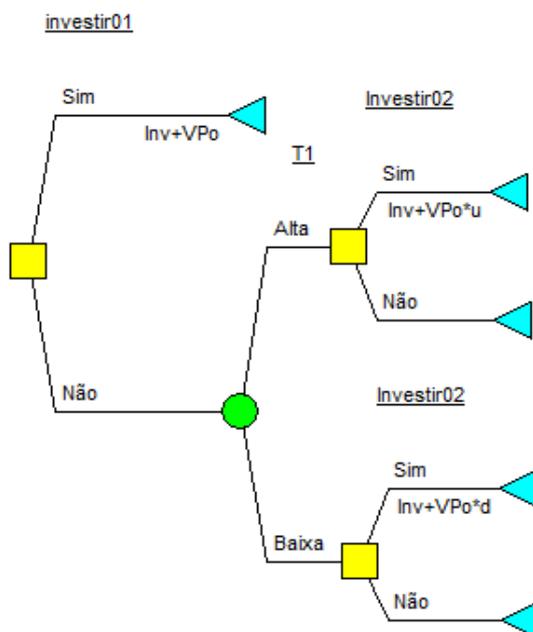


Figura 6 – Árvore binomial do projeto

Como é possível observar, a árvore é composta pela opção de se investir no projeto em t_0 (opção Sim), ou adiar o investimento por um ano (opção Não) para daí sim, tomar novamente a decisão de investir ou não no projeto. Caso o investimento seja adiado, o projeto tem uma probabilidade de alta e uma probabilidade de baixa, que junto com suas respectivas intensidades, irão determinar o valor do projeto caso ele seja adiado por um ano.

O resultado da árvore é mostrado pela Figura 7 a seguir:

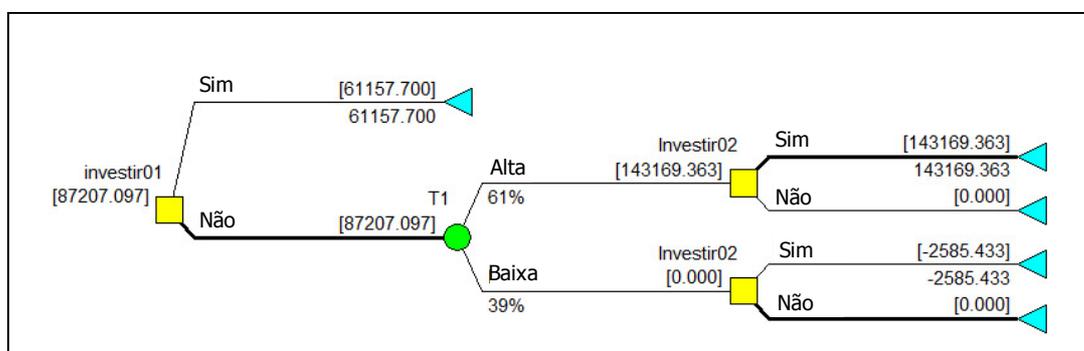


Figura 7 – Resultado da árvore binomial do projeto

Como era de se esperar, caso o investimento seja realizado em t_0 , o valor do projeto é de R\$ 61.158, como demonstrado tanto na Figura 7, através da opção “Sim”, quanto na Tabela 13. Caso seja considerada a decisão de espera pelo período de um ano para a realização do investimento, o valor do projeto salta para R\$ 87.207.

Logo, a árvore de decisão mostra que a opção ideal é esperar para a realização do projeto, já que esta opção gera um valor adicional de R\$ 26.049 para o projeto.

Em seguida, será considerado no modelo binomial a flexibilidade de espera para a realização do projeto em dois períodos – um a cada seis meses.

Para a quebra do primeiro período, de seis meses, assim como inicialmente considerado, o valor presente médio do projeto da CPFL em t_0 , $V_0 = \text{R\$ } 286.158$. Para considerar duas opções de espera para a realização do projeto, o primeiro passo foi calcular o valor presente do projeto da CPFL, ainda utilizando a metodologia do fluxo de caixa descontado em $t_{1/2}$, $V_{1/2}$, ou seja, seis meses após t_0 . O valor encontrado para o projeto em $t_{1/2}$, $V_{1/2}$ foi de R\$ 288.425.

Feito isso, o passo seguinte foi achar o valor da variável $\mu_{1/2} = \ln(V_{1/2}/V_0) = 0,8\%$.

O próximo passo foi o cálculo da volatilidade do projeto neste primeiro período de seis meses, $\sigma_{1/2}$, através da utilização da equação (3.21). Como feito anteriormente, através da substituição dos valores de $\text{var}(V_{1/2})$, V_0 , μ e Δt , o resultado encontrado para a volatilidade do projeto, $\sigma_{1/2} = 24,7\%$.

Para montar o primeiro período da árvore binomial, foram utilizadas como parâmetros, ainda, o valor de $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1,006$, representando a intensidade da variação positiva no valor do projeto, $d = 1/u = 0,994$, representando a intensidade da variação negativa no valor do projeto e, $p = ((1+r)-d)/(u-d) = 52,5\%$, representando a probabilidade de variação positiva do projeto.

Para o segundo período de espera, de seis meses adicionais, foi considerada a variação do valor do projeto através do fluxo de caixa descontado em $t_{1/2}$, $V_{1/2} = \text{R\$ } 288.425$ para o valor do projeto em t_1 , $V_1 = \text{R\$ } 289.334$. Com isso, a variável $\mu_{2/2} = \ln(V_1/V_{1/2}) = 0,3\%$. Já o cálculo da volatilidade do projeto neste segundo momento, $\sigma_{2/2}$, através da utilização da equação (3.21), resultou em $25,2\%$, mesma intensidade que no caso da árvore de decisão com apenas um período.

Para montar o segundo período da árvore binomial, foram utilizadas como parâmetros, ainda, o valor de $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1,002$, representando a intensidade da variação positiva no valor do projeto, $d = 1/u = 0,998$, representando a intensidade da variação negativa no valor do projeto e, $p = ((1+r)-d)/(u-d) = 52,1\%$, representando a probabilidade de variação positiva do projeto.

Para montar a árvore binomial com dois períodos, foi utilizada como premissa a taxa livre de risco de $r = 4,3\%$, valor estimado da taxa de juros real projetada para o período trazida para o intervalo de seis meses.

Com todos estes valores obtidos, torna-se possível agora a modelagem através da árvore binomial de eventos, representada pela Figura 8, a seguir:

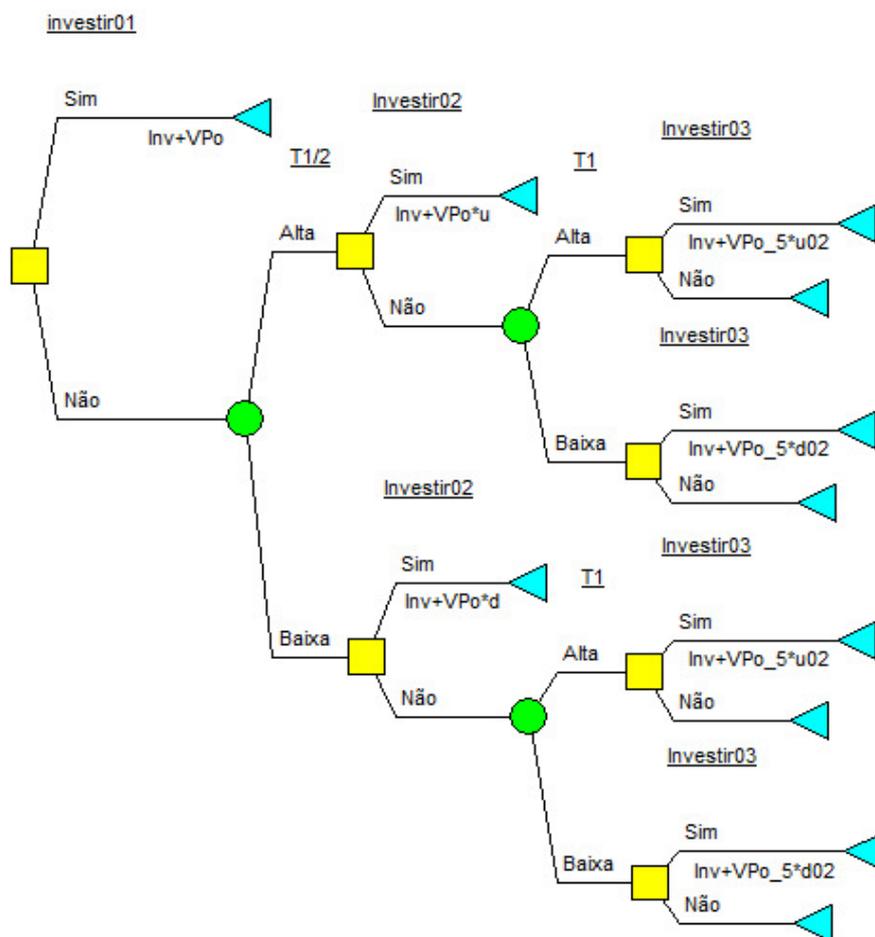


Figura 8 – Árvore Binomial do Projeto com dois períodos de espera

Como é possível observar, a árvore é composta pelas opções de se investir no projeto em t_0 (opção Sim), adiar o investimento por seis meses (opção Não) para se chegar em $T1/2$ e tomar novamente a decisão de investir ou não no projeto e caso a opção seja não investir, chegar a $T1$, e ter uma nova opção de investimento ou não no projeto. A cada passo de adiamento, o projeto tem uma probabilidade de alta e uma probabilidade de baixa, que junto com suas respectivas intensidades, determinam o valor final do projeto.

O resultado da árvore é mostrado pela Figura 9, a seguir:

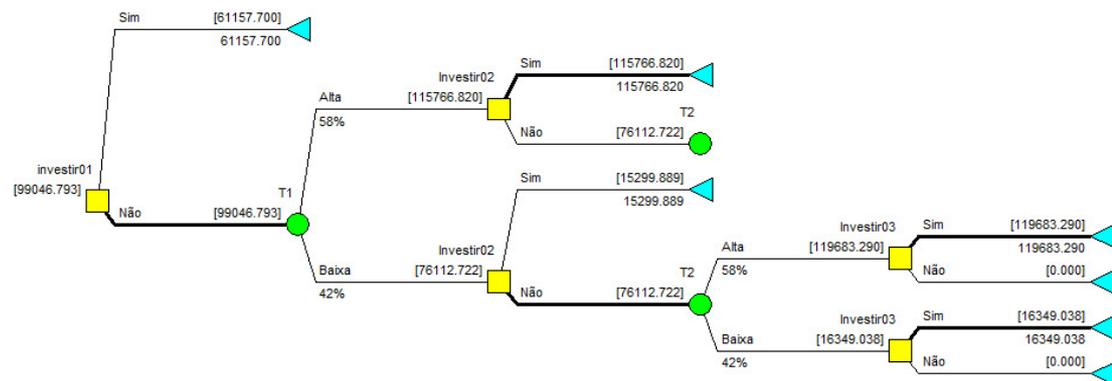


Figura 9 – Resultado da árvore binomial do projeto com dois períodos de espera

Assim como na primeira árvore apresentada, na Figura 7, caso o investimento seja realizado em t_0 , o valor do projeto é de R\$ 61.158. No entanto, caso sejam consideradas as opções de espera pelos dois períodos seguidos de seis meses para a realização do investimento, o valor do projeto salta para R\$ 99.047.

Novamente, a árvore de decisão mostra que a adição de opções de espera ao longo do tempo adiciona valor ao projeto. Neste caso, ficou provado que a flexibilidade de tomar uma nova decisão em seis meses ao invés de ter que esperar por um ano completo para o investimento, adiciona ainda mais valor ao projeto, dado que a diferença entre os valores foi de R\$ 37.889, ou seja, superior aos R\$ 26.049 encontrados na modelagem pela primeira árvore de decisões.