Trabalho Final

Dárcio Melo Bragança Silva   Giovanni Soares   Henrique Alves Barbosa

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Brasil

Índice

Valor de uma empresa

- Considerando um IPO futuro, uma empresa quer **maximizar o valor** de suas ações no momento de abertura da oferta inicial na bolsa;
- **O Fluxo de Caixa Operacional é a variável mais relevante ao definir um plano para o IPO**.

$$\text{Valor da empresa} = \sum_{i=1}^{n} \frac{FCE_i}{(1+WACC)^i}$$

$$V_0 = \underbrace{\frac{FCE_1}{(WACC)^1} + \frac{FCE_2}{(WACC)^2} + \ldots + \frac{FCE_{10}}{(WACC)^{10}}}_{\text{Período explícito}} + \underbrace{\frac{\left(\frac{FCE_{10} \times (1+g)}{WACC - g}\right)}{(1+WACC)^{10}}}_{\text{Perpetuidade}}$$

Figura: Fórmula de Valuation

Componentes do FCO

- Entradas
  - Receita ($\mathcal{R}_t$)
    - Preço ($\mathcal{P}$)
    - Quantidade ($\mathcal{Q}_t$)
- Saídas
  - Custos
    - Variáveis ($\mathcal{CV}\%_t$)
    - Fixos ($\mathcal{CF}$)
  - Despesas ($\mathcal{D}\%_t$)
  - Impostos ($\mathcal{I}\%_t$)
- Necessidade de Capital de Giro ($\mathcal{NCG}_t$)
  - Contas a Pagar ($\mathcal{AP}_t$)
  - Contas a Receber ($\mathcal{AR}_t$)
  - Variação de Estoque ($\mathcal{I}_t$)

$$\max \quad \sum_{t=t_0}^{T} [\mathcal{R}_t - (\mathcal{CV}\%_t + \mathcal{D}\%_t + \mathcal{I}\%_t) \times \mathcal{R}_t - \mathcal{CF} - \mathcal{VNCG}_t$$

Onde:

- $\mathcal{VNCG}_t = \mathcal{NCG}_t - \mathcal{NCG}_{t-1}$
- $\mathcal{NCG}_t = \mathcal{AR}_t + \mathcal{I}_t - \mathcal{AP}_t$
- $\mathcal{AR}_t = \mathcal{R}_t \times \theta_{ar}$
- $\mathcal{I}_t = \mathcal{R}_t \times \mathcal{CV}\%_t \times \theta_i$
- $\mathcal{AP}_t = (\mathcal{CV}\%_t + \mathcal{D}\%_t + \mathcal{I}\%_t) \times \mathcal{R}_t + \mathcal{CF}$

UFMG

Restrições

- Baseando-se em uma **taxa de crescimento máxima** devido à **limitações de expansão da produção ou prospecção de novos clientes**, podemos estabelecer uma relação entre quantidade de períodos subsequentes;
- Considera-se que uma **venda concretizada não pode ser perdida**. Em relações de dominância de mercado, esta restrição permite forçar o modelo a **não retroceder as vendas independente de prejuízos**, na esperança de melhorias futuras ou reajuste de preços.

- $\mathcal{Q}_t \leq 1.019446\mathcal{Q}_{t-1}, \quad t > 1,$
- $\mathcal{Q}_t \geq \mathcal{Q}_{t-1}, \quad t > 2,$

UFMG

- Em um cenário de uma empresa compradora de bens internacionais, é natural que a **variação do dólar** afete fortemente os **custos variáveis**;
- **Qual valor utilizar de variação do Dólar de um período para o próximo**?

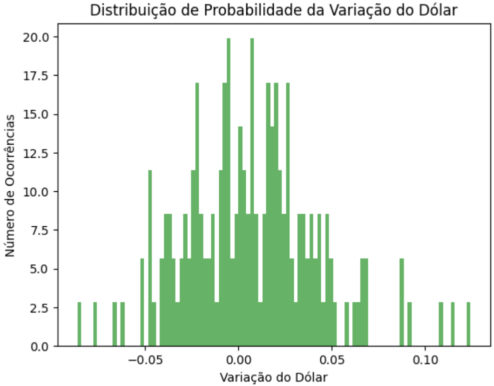

Figura: Distribuição de Probabilidades

- Podemos utilizar a técnica de ***moment-matching***, otimizando os 4 primeiros momentos estatísticos e a variância;
- Possuímos **mais dados gerados do que dados históricos**, logo esta técnica gera **robustez estatística**.

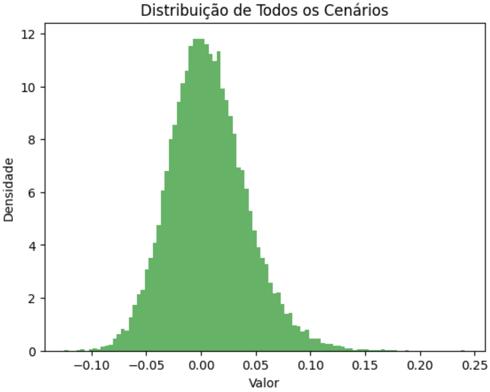

Figura: Cenários Gerados

- Como o resultado do **modelo exato** se comporta (pressuposição de variação pela média)?

Figura: Quantidade - Otimização Exata (Pessimista)

UFMG

Fluxo Operacional

- Existem **diversas soluções ótimas**, dependendo do cenário analisado.

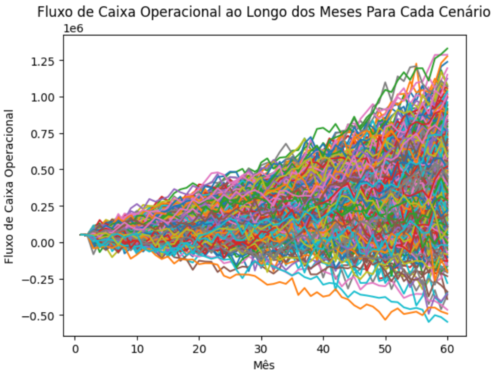

Figura: Fluxo Operacional - Todos Cenários

Otimização sob Incerteza

- Podemos utilizar métodos capazes de considerar diversos cenários simultaneamente e gerar uma solução o mais eficiente possível sob as condições probabilísticas estabelecidas;
- Iremos utilizar programação estocástica juntamente com medidas de risco estatístico.

Modelo Completo

$$\max \quad \frac{1}{S}\sum_{s=0}^{S}\sum_{t=t_0}^{T}\left[\mathcal{R}_{t,s} - (\mathcal{CV}\%_{t,s} + \mathcal{D}\%_{t,s} + \mathcal{I}\%_{t,s}) \times \mathcal{R}_{t,s} - \mathcal{CF} - \mathcal{VNCG}_{t,s}\right]$$

- $\mathcal{VNCG}_{t,s} = \mathcal{NCG}_{t,s} - \mathcal{NCG}_{t-1,s}$
- $\mathcal{NCG}_{t,s} = \mathcal{AR}_{t,s} + \mathcal{I}_{t,s} - \mathcal{AP}_{t,s}$
- $\mathcal{AR}_{t,s} = \mathcal{R}_{t,s} \times \theta_{ar}$
- $\mathcal{I}_{t,s} = \mathcal{R}_{t,s} \times \mathcal{CV}\%_{t,s} \times \theta_i$
- $\mathcal{AP}_{t,s} = (\mathcal{CV}\%_{t,s} + \mathcal{D}\%_{t,s} + \mathcal{I}\%_{t,s}) \times \mathcal{R}_{t,s} + \mathcal{CF}$
- $\mathcal{Q}_t \leq 1.019446\mathcal{Q}_{t-1}, \quad t > 1$
- $\mathcal{Q}_t \geq \mathcal{Q}_{t-1}, \quad t > 2,$
- $\mathcal{R}_{t,s} = \mathcal{Q}_i \times \mathcal{P}_{t,s}$
- $\text{Lucro}_{t,s} = [\mathcal{R}_{t,s} - (\mathcal{CV}\%_{t,s} + \mathcal{D}\%_{t,s} + \mathcal{I}\%_{t,s}) \times \mathcal{R}_{t,s} - \mathcal{CF}]$

Funções de Risco

- Existem funções presentes na Literatura capazes de quantificar o risco associado à curtose da solução aplicada em cada um dos cenários.
- Podemos utilizar esta função para balancear o risco com o ganho, gerando um problema multiobjetivo.

CVaR

- O *Conditional Value-at-Risk* (CVaR) considera a esperança da distribuição original de cenário tratando unicamente a distribuição condicional da cauda baseado no fator α;
- A fórmula geral é

$$CVaR_{\alpha}(X) = \min_{\eta \in \mathbb{R}} \left\{ \eta + \frac{\mathbb{E}[(X-\eta)^{+}]}{1-\alpha} \right\}$$

- Existem discretizações que permitem preservação de convexidade.

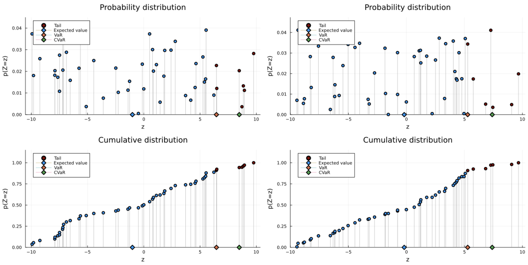

Figura: Funções de Risco

$$\text{FCO}_i = \sum_{t=\text{t}_0}^{\text{T}} \left[\mathcal{R}_{t,s} - (\mathcal{CV}\%_{t,s} + \mathcal{D}\%_{t,s} + \mathcal{I}\%_{t,s}) \times \mathcal{R}_{t,s} - \mathcal{CF} - \mathcal{VNCG}_{t,s}\right]$$

- $\text{FCO}_i - \text{VaR} \leq \text{VarDev}_i, \quad \forall i \in S$
- $\text{VaR} + \frac{1}{|S| \cdot \alpha} \sum_{i \in S} \text{VarDev}_i = \text{CVaR}$
- $\text{VarDev}_i \geq 0, \quad \forall i \in S$
- $\text{VaR} \in \mathbb{R}$
- $\text{CVaR} \in \mathbb{R}$

- Ao otimizar o FCO, temos vendas até quase o último período possível, uma vez que os cenários que geram prejuízo são poucos.

Figura: Quantidade - Otimização Estocástica (FCO)

- No entanto, nota-se que, os cenários que geram prejuízo, geram enormes prejuízos. Como podemos dominar o mercado antes do reajuste minimizando as perdas?

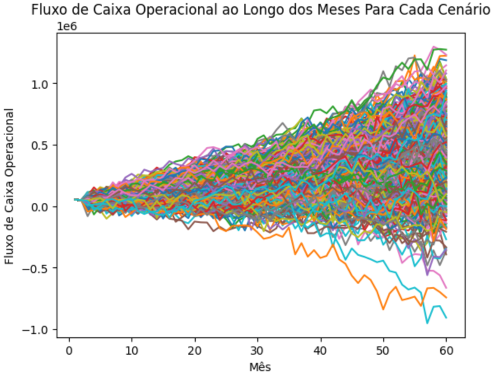

Figura: Fluxo Operacional - Otimizando FCO

UFMG

- Podemos ver a distribuição cumulativa. Neste caso, temos o FCO = 4.468.706,03 enquanto o CVaR = -2.655.496,40.

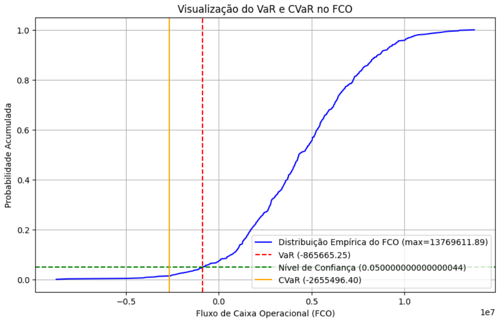

Figura: Fluxo Operacional - Distribuição Cumulativa

- Ao otimizar o CVaR, temos vendas parando de crescer em um mês bem anterior ao último da projeção. Isto ocorre pois os cenários que já estão tendo perda de caixa iriam perder ainda mais caso aumentassem o número de vendas.

Figura: Quantidade - Otimização Estocástica (FCO)

- Apesar de ainda possuirmos prejuízos nos piores cenários, eles diminuem em certa pedida.

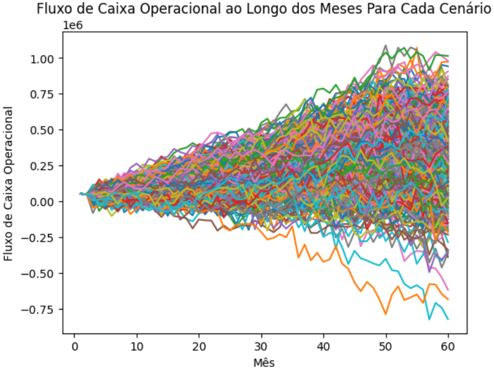

Figura: Fluxo Operacional - Otimizando FCO

- Podemos ver que tivemos uma melhora no nosso CVaR, mas em detrimento ouve uma perda no FCO. Neste caso, temos o FCO = 3.872.318,34 enquanto o CVaR = -2.452.862,73.

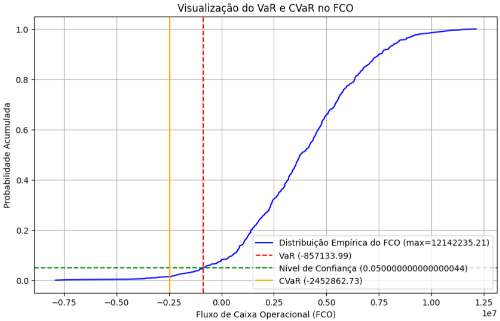

Figura: Fluxo Operacional - Distribuição Cumulativa

Problema Multi-Objetivo

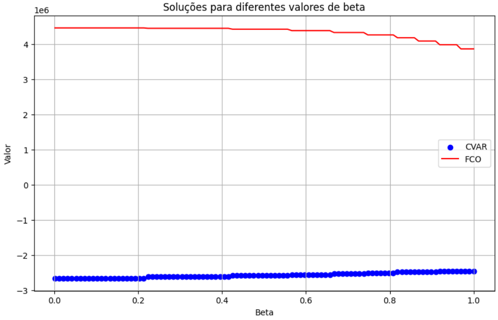

Figura: Soluções para diferentes valores de beta.

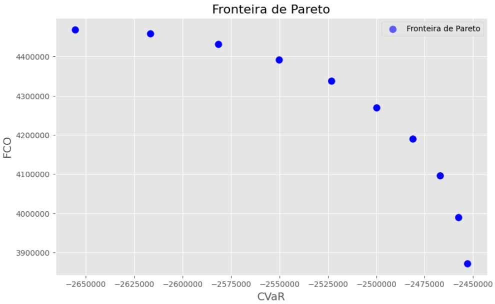

Figura: Fronteira de Pareto.

UFMG

Tomada de Decisão

As variáveis de decisão são as variáveis que podem ser **controladas pelo tomador de decisão e que influenciam o resultado do problema**. No caso do problema proposto, as variáveis de decisão são:

1. FCO dos últimos 12 Meses;
2. Valor Presente Líquido;
3. CVaR;
4. Quantidade de vendas por período;

Definição de **pesos pelo AHP** e a utilização do **PROMETHEE II** para a tomada de decisão.

UFMG

	CVaR (C1)	FCO (C2)	NPV (C3)	Qtd Final (C4)	Prioridade
CVaR (C1)	1	3	4	4	0.5363
FCO (C2)	1/3	1	2	2	0.2204
NPV (C3)	1/4	1/2	1	1	0.1215
Qtd Final (C4)	1/4	1/2	1	1	0.1215

Tomada de Decisão

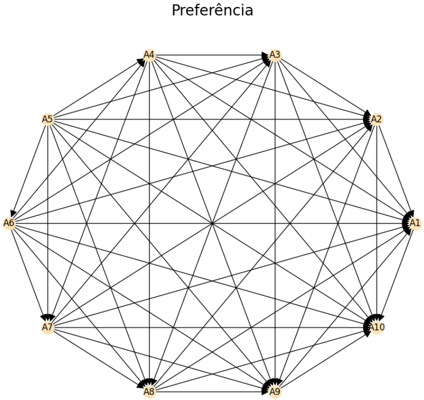

Figura: Preferência.

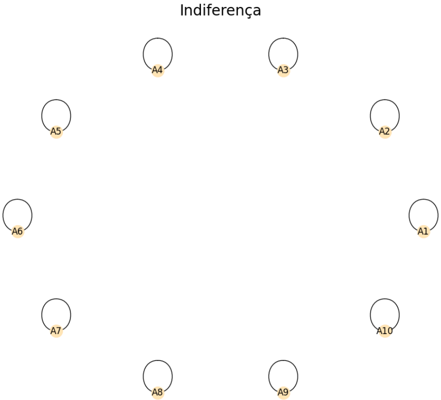

Figura: Indiferença.

Tomada de Decisão

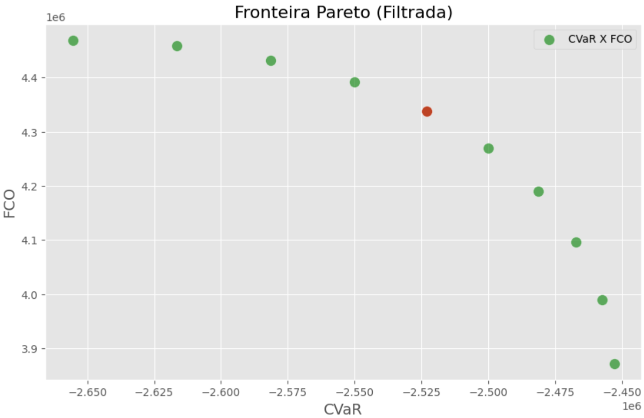

Figura: Fronteira de Pareto Final.

Tomada de Decisão

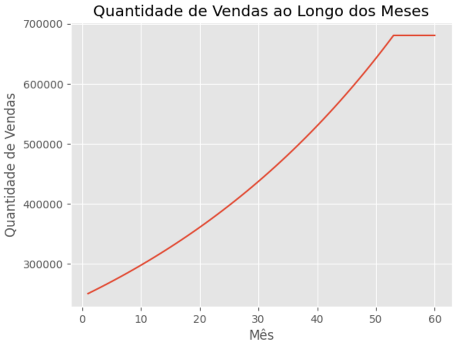

Figura: Quantidade na Solução.

Tomada de Decisão

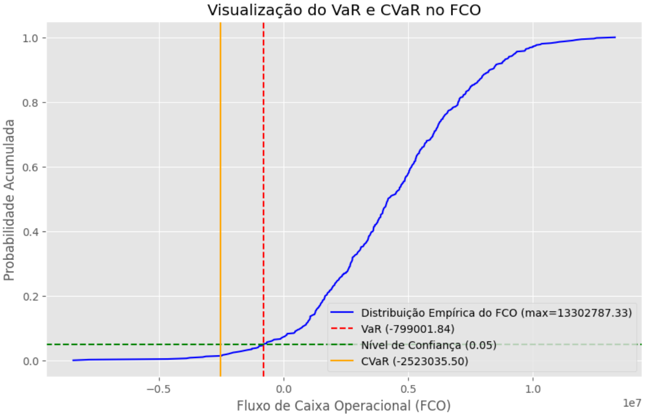

Figura: Distribuição Cumulativa Final.

Conclusões

1. A quantidade sempre tende a aumentar no limite do mercado até um momento definido;
2. Poucos cenários representam caudas extremas;
3. A otimização multi-objetivo com uma boa tomada de decisão permite encontrar o melhor trade-off entre maximizar o valor médio e minimizar as possíveis perdas.

Próximos Passos

1. Permitir perdas em quantidade (inserir cenários de Churn) e trocar variável de decisão por pressão de vendas (R$);
2. Inserir possibilidade de reajuste de preço por período contratual;
3. Alterar função objetivo principal por Valor da Empresa, inclusive inserindo cenários macroeconômicos influenciando o WACC e a perpetuidade);
4. Melhorar modelagem estatística da distribuição de variação cambial (Cadeias de Markov ou Simulação Multi-agente);
5. Utilizar como método de Decisão o algoritmo de Bellman-Zadeh por cenários.

UFMG

Referências I

Álvarez-Díez, S., Alfaro-Cid, E., and Fernández-Blanco, M. O. (2016).
Hedging foreign exchange rate risk: Multi-currency diversification.
European Journal of Management and Business Economics, 25(1):2–7.

Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., and Heath, D. (1999).
Coherent measures of risk.
Mathematical finance, 9(3):203–228.

Bambirra, R., Schiavo, L., Lima, M., Miranda, G., Reis, I., Cassemiro, M., Andrade, A., Laender, F., Silva, R., Vieira, D., et al. (2023).
Robust multiobjective decision making in the acquisition of energy assets.
Energies, 16(16):6089.

Birge, J. R. and Louveaux, F. (2011).
Introduction to stochastic programming.
Springer Science & Business Media.

Referências II

Fleuriet, M. and Zeidan, R. (2015).
O modelo dinâmico de gestão financeira.

Lee, J. and Moon, I. (2024).
An integrated model of supply chain resilience considering supply and demand uncertainties.
International Transactions in Operational Research.

Trabalho Final

Dárcio Melo Bragança Silva Giovanni Soares Henrique Alves Barbosa

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Brasil

UFMG