

Análise de Cenários, Árvores de Decisão e Simulações

Valoração Sistêmica de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia

Prof. Samuel Alex Coelho Campos

Table of contents I

- 1 Introdução
- 2 Análise de Cenários
- 3 Avaliação de uma empresa com análise de cenários
- 4 Árvores de decisão
- 5 Cadeias de Markov

Table of contents II

6 Referências

Introdução

Avaliação Probabilística: Análise de Cenários, Árvores de Decisão e Simulações (Damodaran, 2010)

- Examinamos maneiras pelas quais podemos **ajustar o valor de uma PI para seu risco** por meio de uma **taxa de desconto** mais alta ou fluxos de caixa mais baixos.
- Agora, em vez de calcular um valor esperado para um ativo ou empresa que tenta capturar o valor esperado em diferentes resultados possíveis, poderíamos fornecer informações sobre **qual será o valor do ativo em cada resultado** ou pelo menos um subconjunto de resultados.

Avaliação Probabilística: Análise de Cenários, Árvores de Decisão e Simulações (Damodaran, 2010)

- Análise do valor de um ativo em três cenários — um melhor caso, um caso mais provável e um pior caso.
- Árvores de decisão para lidar com risco discreto e Cadeias de Markov
- Simulações de Monte Carlo, a abordagem mais completa para avaliar risco em todo.

Análise de Cenários

Análise de Cenários (Damodaran, 2010)

- Os **fluxos de caixa esperados** que usamos para avaliar ativos (de risco) podem ser estimados como
 - Podem representar uma **média ponderada** de probabilidade dos fluxos de caixa em todos os cenários possíveis;
 - Podem ser os fluxos de caixa no cenário **mais provável**.
 - Em ambos os casos, há cenários nos quais os fluxos de caixa serão diferentes das expectativas — maiores do que o esperado em alguns e menores do que o esperado em outros.

Análise de Cenários (Damodaran, 2010)

- Na análise de cenários, **estimamos os fluxos de caixa esperados e o valor dos ativos em vários cenários**, com a intenção de obter uma melhor noção do efeito do risco no valor, considerando
 - 1 Consideraremos uma **versão extrema** da análise de cenários, onde consideramos o valor nos melhores e piores cenários
 - 2 Versão **mais generalizada** da análise de cenários.

Melhor Caso/Pior Caso (Damodaran, 2010)

- Com ativos de risco, os fluxos de caixa reais podem ser muito diferentes das expectativas.
- Podemos estimar os fluxos de caixa **se tudo funcionar perfeitamente** (um cenário de melhor caso) e se **nada funcionar** (um cenário de pior caso).

Melhor Caso/Pior Caso (Damodaran, 2010)

- Cada entrada no valor do ativo é definida para seu melhor (ou pior) resultado possível, e os fluxos de caixa são estimados com esses valores.
- Calcular o valor como o **cenário de melhor caso**:
 - Definir a taxa de crescimento da receita e a margem operacional no nível mais alto possível;
 - Definir a taxa de desconto em seu nível mais baixo.
- Essa abordagem é que ela pode não ser viável: para obter o alto crescimento da receita, a empresa pode ter que reduzir os preços e aceitar margens menores.

Melhor Caso/Pior Caso (Damodaran, 2010)

- O **melhor cenário possível** é definido em termos **do que é viável**, permitindo a relação entre as entradas.
- Em vez de assumir que o crescimento da receita e as margens serão maximizados, escolheremos uma combinação de crescimento e margem que seja viável e produza o valor máximo.
- Embora essa abordagem seja **mais realista**, ela exige mais trabalho para ser colocada em prática.

Melhor Caso/Pior Caso (Damodaran, 2010)

- Quão útil é a análise do melhor/pior caso? Os resultados dessa análise podem ser úteis para os tomadores de decisão de duas maneiras.
 - 1 a **diferença entre os valores** do melhor e do pior caso pode ser usada como uma **medida de risco** em um ativo; o intervalo de valor (dimensionado para o tamanho) deve ser maior para investimentos mais arriscados.
 - 2 as empresas que estão preocupadas com os potenciais **efeitos colaterais em suas operações** de um investimento que vai mal podem ser capazes de avaliar os efeitos observando o pior resultado. Uma empresa que tem obrigações de dívida significativas pode usar o pior resultado para **decidir se um investimento tem o potencial de empurrá-la para o default**.

Melhor Caso/Pior Caso (Damodaran, 2010)

- As análises do melhor/pior caso **não são muito informativas**.
 - Não deve ser surpresa saber que um ativo valerá muito no melhor caso e não muito no pior caso.
 - Um analista de pesquisa de ações que usa essa abordagem para avaliar uma ação com preço de \$ 50 pode chegar a valores de \$ 80 para o melhor caso e \$ 10 para o pior caso. **Com uma faixa tão grande, é difícil decidir se a ação é um bom investimento.**

Análise com múltiplos cenários (Damodaran, 2010)

- O valor de um ativo de risco pode ser calculado sob uma série de **cenários diferentes, variando as suposições sobre variáveis macroeconômicas e específicas do ativo**. O conceito de análise de sensibilidade é simples.

Análise com múltiplos cenários: componentes críticos

- **Quais fatores os cenários considerarão:** estado da economia, resposta dos concorrentes, comportamento das autoridades reguladoras, etc. Concentrar nos dois ou três fatores mais críticos que determinarão o valor do ativo e construir cenários em torno desses fatores.
- **Quantos cenários analisar para cada fator:** mais cenários podem ser mais realistas, torna-se mais difícil coletar informações e diferenciar entre os cenários em termos de fluxos de caixa de ativos. A questão de quantos cenários considerar depende de **quão diferentes os cenários são** e quão bem o analista pode prever os fluxos de caixa em cada cenário.

Análise com múltiplos cenários: componentes críticos

- **Estimativa de fluxos de caixa de ativos em cada cenário:** Para facilitar pode-se focar em apenas dois ou três fatores críticos e construímos relativamente poucos cenários para cada fator.
- **Atribuindo probabilidades a cada cenário:** cenários envolvendo fatores macroeconômicos como taxas de câmbio, taxas de juros e crescimento econômico geral, podemos recorrer à expertise de serviços que preveem essas variáveis. Para cenários envolvendo o setor ou concorrentes, temos que recorrer ao nosso conhecimento da indústria. Isso só faz sentido se os cenários cobrirem todo o espectro de possibilidades, ou seja, se as *probabilidades somarem 1*.

Análise com múltiplos cenários

- A saída de uma análise de cenários pode ser apresentada como **valores em cada cenário** e como um **valor esperado em todos os cenários** (se as probabilidades puderem ser estimadas na quarta etapa).
- A análise de múltiplos cenários fornece mais informações do que uma análise de melhor/pior caso, fornecendo valores de ativos em cada um dos cenários especificados.

Análise com múltiplos cenários: limitações

- **Entra lixo, sai lixo:** a chave para fazer uma boa análise de cenário é configurar os cenários e a estimativa dos fluxos de caixa em cada um. Os cenários delineados não devem apenas ser **realistas**, mas também devem tentar **cobrir o espectro de possibilidades**.
- **Risco contínuo:** mais adequada para lidar com riscos que assumem a forma de **resultados discretos** do que para riscos contínuos. Um exemplo do ultimo é uma mudança nas regras regulatórias. Mudanças nas margens ou na participação de mercado são um exemplo do primeiro

Análise com múltiplos cenários: limitações

- **Contagem dupla de risco:** existe o perigo de que os tomadores de decisão contabilizem o risco duas vezes quando fazem análise de cenário. Assim, um investidor que olha para o resultado de uma análise de cenário pode decidir não investir em uma ação subvalorizada, porque seu valor em alguns cenários é menor do que o preço de mercado. Como o valor esperado já é ajustado ao risco, isso representaria uma contagem dupla do risco potencialmente igual ou risco que não deveria ser um fator na decisão em primeiro lugar (porque é diversificável).

Avaliação de uma empresa com análise de cenários

Exemplo

- Suponha que você esteja avaliando a TechSmart, uma empresa de manufatura que obtém 20% de suas receitas e metade de seus lucros operacionais do Wal-Mart.
- O contrato com o Wal-Mart será renovado no próximo ano. Suponha que haja três cenários:
 - 1 O contrato seja renovado com os termos existentes (mais provável).
 - 2 O contrato seja renovado, mas com termos mais restritivos (e menos lucrativos) para a TechSmart.
 - 3 O contrato não será renovado.

Exemplo

- Sua avaliação da empresa depende muito se o contrato é renovado.
- Estimar três conjuntos de números para receitas esperadas e lucro operacional após impostos no próximo ano, dependendo do que acontecer com o contrato.

Exemplo

Table 1: Receitas e Lucros operacionais esperados para o próximo ano: cenários contratuais

Cenário	Receita	Receita operacional após impostos
Contrato renovado	1.500	240
Renovado com restrições	1.500	180
Não renovado	1.200	120

Exemplo

- Em cada cenário, espera-se que a empresa tenha um crescimento estável, com uma taxa de crescimento de 3% e um custo de capital de 8%.
- Os retornos sobre o capital (ROC) variam em cada cenário, levando a diferenças no reinvestimento necessário para sustentar a taxa de crescimento esperada.

Exemplo

Table 2: Retorno sobre o capital (ROC) e taxa de reinvestimento: cenários contratuais

Cenário	Taxa de crescimento (g)	ROC	Taxa de reinvestimento (g/ROC)
Contrato renovado	3%	12%	25%
Renovado com restrições	3%	9%	33,33%
Não renovado	3%	6%	50%

Exemplo

- Usando as estimativas do lucro operacional esperado após impostos da Tabela 1 e a taxa de reinvestimento da Tabela 2, estimamos o valor da empresa em cada cenário por:

$$\text{Valor da Empresa} = \frac{\text{Receita operacional após impostos} \cdot (1 - \text{Taxa de reinvestimento})}{\text{Custo do capital} - \text{Taxa de crescimento esperada}}$$

Exemplo

Table 3: Valor da Empresa: Cenários dos contratos

Cenário	Receita operacional	Taxa de reinvestimento	Valor da firma
Valor da Contrato renovado	240	25%	3.600
Renovado com restrições	180	33,33%	2.400
Não renovado	120	50%	1.200

Exemplo

- Supondo que as probabilidades para os três cenários são:
 - renovação de contrato sem restrições: 50%;
 - renovação de contrato com restrições: 30%; e
 - cancelamento de contrato: 20%.
 - a soma das probabilidades é 100% (como deve ser)!
- O valor esperado da empresa em todos os cenários é:

$$\text{Valor da empresa} = 0,5 \cdot 3.600 + 0,30 \cdot 2.400 + 0,20 \cdot 1.200 = 2.760 \text{ milhões}$$

Árvores de decisão

Árvores de decisão (Parr, 2013)

- A **essência das técnicas de análise de decisão é a decomposição**, por meio da qual uma situação complicada é dividida (decomposta) em suas **partes constituintes** para facilitar a compreensão e a avaliação.
- Uma vez que os componentes separados tenham sido avaliados, eles **precisam ser reconstituídos** em uma **solução coerente** que seja aplicável à decisão original sob escrutínio.
- A análise de decisão nos fornece as ferramentas para realizar os processos de decomposição e reconstituição por meio do uso de árvores de decisão.

Árvores de decisão (Parr, 2013)

- A **representação gráfica** da técnica se assemelha a uma **árvore de lado**, com um único tronco à esquerda e galhos crescendo para a direita.
- Na construção de uma árvore de decisão, há três componentes ou nós básicos:
 - 1 decisões (sob o controle do tomador de decisão)
 - 2 ocorrências aleatórias (não sob o controle do tomador de decisão); e
 - 3 resultados (o que acontece quando certas decisões são tomadas à luz das ocorrências aleatórias elaboradas).

Árvores de decisão (Parr, 2013)



Decision node



Consequence, chance, or uncertainty node



Outcome or results node

Figure 1: Conveção gráfica padrão da árvore de decisão

Árvores de decisão (Parr, 2013)

- Concentra em tomar uma decisão racional entre **alternativas possíveis**
- Passos na construção de uma árvore de decisão
 - 1 especificar todas as alternativas de decisão;
 - 2 atribuir uma estimativa de probabilidade a cada duas consequências das decisões;
 - 3 definir o resultado para cada alternativa

Árvore de decisão: exemplo

- Suponha que uma decisão tenha que ser tomada sobre aceitar ou não um pagamento de acordo oferecido de US\$ 1 milhão em um processo de violação de direitos autorais.
- Há duas alternativas para a decisão: aceitar o acordo ou rejeitá-lo e continuar com o processo.

Árvores de decisão: exemplo

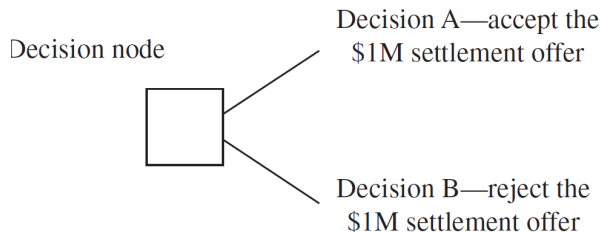


Figure 2: Mapeando as alternativas de decisão

Árvores de decisão: exemplo

- Se o acordo oferecido for **aceito**, **não há mais incerteza** ou risco envolvido, e isso encerra esse ramo da árvore de decisão.
- Onde o acordo é **rejeitado**, o processo continuaria para julgamento com a **possibilidade de ganhar ou perder**.

Árvore de decisão: exemplo

- Duas consequências possíveis:
 - 1 ganhar no julgamento ou
 - 2 perder no julgamento,
- Atribuir uma **estimativa de probabilidade** a cada uma dessas duas **consequências**.
- Suponha que as chances de ganhar no julgamento em 75%. Como ambos os ramos de consequência devem somar 100%, isso deixa uma probabilidade de perder no julgamento em 25%.

Árvore de decisão: exemplo

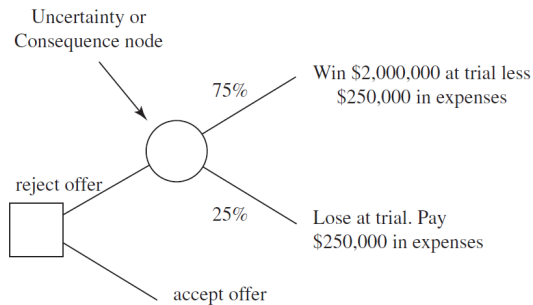


Figure 3: Adicionando o nó de incerteza ou consequência

Árvores de decisão: exemplo

- A árvore de exemplo tem apenas três ramos, mas a técnica seria a mesma se a árvore tivesse três ou 300 ramos.
- Para o ramo associado à **decisão de aceitar o acordo, o resultado é conhecido**, ou seja, o acordo oferecido de US\$ 1 milhão.
- Para os dois ramos associados a ir a julgamento, vamos supor que:
 - Se ganhar o processo, receberá US\$ 2 milhões menos custos de US\$ 250.000.
 - Se perder, deverá ser pago US\$ 250.000 em custos.

Árvore de decisão: exemplo

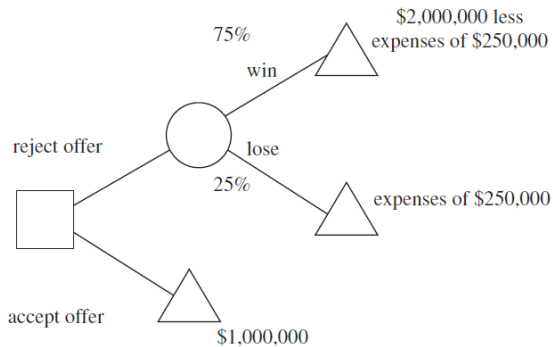


Figure 4: Calculando o valor de rejeitar o acordo

Árvores de decisão: exemplo

- **Etapas finais:** realizar os cálculos necessários para tomar a decisão original.
- Começar com os resultados e continuar de volta à decisão original (da direita para a esquerda), avaliando cada consequência ou nó de incerteza de acordo com os critérios desejados
- **Combinar a probabilidade** avaliada atribuída a cada ramo de incerteza com o **valor numérico** que entra naquele ramo.

Árvores de decisão: exemplo

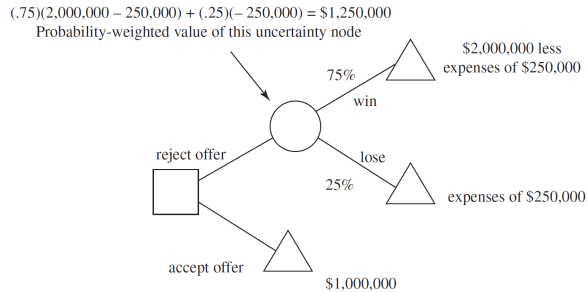


Figure 5: Calculando o valor do nó de incerteza

Árvores de decisão: exemplo

- O tomador de decisão agora precisa **comparar o valor ponderado** pela probabilidade do ramo de **rejeição** com o de **aceitação** da oferta para determinar qual decisão tomar.
 - Valor da rejeição: \$ 1.250.000
 - Valor da aceitação-oferta (\$ 1.000.000) .
- Espera-se que a rejeição da oferta valha \$ 250.000 a mais do que a oferta na mesa.

Árvores de decisão: exemplo

- O processo da árvore de decisão também torna relativamente fácil realizar a **análise de sensibilidade** nas **probabilidades avaliadas** atribuídas a qualquer nó de incerteza específico.
- Avaliar **o quão sensível a decisão é à probabilidade** de ganhar o processo, ou seja, a estimativa de 75% de chance de ganhar o processo
 - Inserindo uma variável (p) para a probabilidade de ganhar o processo e $(1 - p)$ para a probabilidade de perder.
 - Substituir essas variáveis em nossa árvore de exemplo produz a árvore na Figura 6.

Árvores de decisão: exemplo

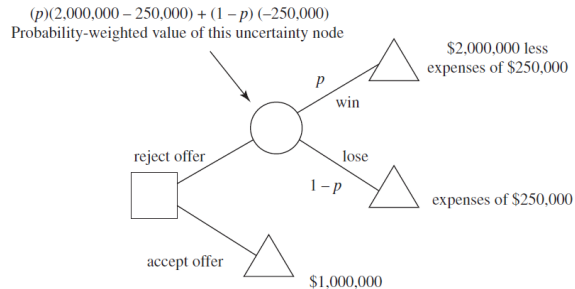


Figure 6: Realizando a análise de sensibilidade

Árvores de decisão: exemplo

- **Resolver para p** e definimos o valor ponderado pela probabilidade do nó de incerteza igual à oferta de acordo de \$ 1 milhão. Teremos um valor para p onde somos indiferentes às duas opções de decisão: neste valor calculado de p , ambas as decisões serão iguais.
- Se nossa estimativa da probabilidade de ganhar no julgamento cair abaixo de 62,5%, devemos mudar nossa decisão e aceitar a oferta de acordo de \$ 1 milhão (Figura 7).
- A realização da análise de sensibilidade **ajuda a identificar as avaliações de probabilidade onde o escrutínio e o exame adicionais são mais úteis.**

Árvore de decisão: exemplo

Set the reject offer branch equal to the accept offer branch

$$(p)(2,000,000 - 250,000) + (1 - p)(-250,000) = \$1,000,000$$

then solve for p

$$p = 1,250,000 / 2,000,000 \text{ or } 62.5\%$$

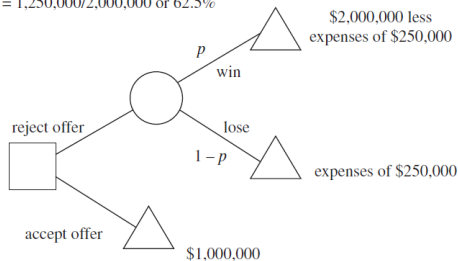


Figure 7: Análise de sensibilidade - resolvendo para p

Árvores de decisão: exemplo

- A força da análise é que o que pode ser um **problema impossivelmente complexo** pode, por meio de consideração cuidadosa dos vários subelementos e da vinculação adequada desses subelementos na árvore de decisão completa, **produzir insights que não seriam obtidos** ou óbvios de outra forma.
- É por meio desse processo auxiliado por software de desagregação e subsequente reagregação que a análise de decisão se tornou uma ferramenta cada vez mais útil para lidar com incerteza e risco, ou pelo menos incluir explicitamente incerteza e risco na tomada de decisão ou atividade de avaliação.

Árvores de decisão: exemplo

- Pode ser necessário levar em consideração alguma **incerteza adicional**.
 - **Todos os cenários foram previstos?**
 - As **probabilidades** atribuídas estão **corretas**?
- O objetivo com técnicas de análise de decisão em um exercício de avaliação é **contabilizar logicamente o máximo de incerteza futura possível**.

Árvores de decisão: limitações

- Requer a articulação de **resultados** possíveis **discretos** e a atribuição de **probabilidades** a cada um dos ramos resultantes.
- O **grande número de resultados possíveis pode sobrecarregar** até mesmo o analista mais determinado e sobrecarregar severamente o computador mais robusto que controla os programas de software.

Cadeias de Markov

Cadeias de Markov (Hillier e Lieberman, 2013; Parr, 2013)

- O uso de árvores de decisão para auxiliar em uma avaliação complexa mas possui limitações pela quantidade de **esforço necessário** para determinar **todos os vários pontos de decisão** e **resultados** para construir a árvore.
- Em situações em que o **tempo do evento é importante**, onde eventos críticos podem acontecer mais de uma vez ou onde o risco é contínuo ao longo do tempo, o uso de técnicas baseadas em cadeias de Markov pode ser útil para tornar uma tarefa de avaliação imensa mais gerenciável.

Cadeias de Markov (Hillier e Lieberman, 2013; Parr, 2013)

- Uma cadeia de Markov consiste em uma **sequência de eventos aleatórios que são independentes** uns dos outros, mas onde as informações sobre as **probabilidades de um evento específico** na sequência dependem do valor de um evento anterior na sequência.
- Existem vários estados em um processo que podem ser descritos por uma cadeia de Markov, e o processo evolui de estado para estado aleatoriamente.

Exemplo: Cadeias de Markov

- As cadeias de Markov têm sido eficazes há muito tempo em pesquisas de marketing para examinar e prever a fidelidade à marca dos clientes (o que tem utilidade óbvia para ajudar a estimar o valor de uma marca registrada).
 - Considere um mercado com três marcas de um produto específico: A, B e C.
 - A marca A tem a maior fidelidade do consumidor, com a marca B e a marca C seguindo nessa ordem.
 - Como em muitos mercados, o preditor mais robusto de qual marca um consumidor comprará em seguida é a marca que o consumidor comprou por último.
 - Neste mercado, haja um certo número de consumidores que trocarão de marca em sua próxima compra.

Exemplo: Cadeias de Markov

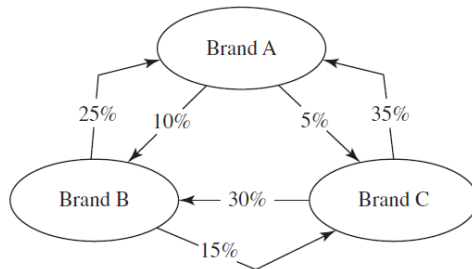


Figure 8: Mercado com três marcas com percentual de clientes que trocaram de marca

Exemplo: Cadeias de Markov

Current Brand	Brand Next Purchased		
	A	B	C
Brand A	.85	.10	.05
Brand B	.25	.60	.15
Brand C	.35	.30	.45

Figure 9: Mercado com três marcas com percentual de clientes que trocaram de marca

Exemplo: Cadeias de Markov

- Para obtermos a probabilidade n etapas à frente, multiplicamos a matriz de transição (a matriz com as probabilidades do cliente comprar a mesma marca ou trocar de marca) por si mesma n vezes
- Para o exemplo de compras das marcas, a matriz de transição será:

$$\begin{bmatrix} 0,85 & 0,10 & 0,05 \\ 0,25 & 0,60 & 0,15 \\ 0,35 & 0,30 & 0,45 \end{bmatrix}$$

- A matriz de transição de probabilidade de transição n-etapas $\mathbf{P}^n$ pode ser obtida multiplicando-se a n-ésima potência da matriz de transição em uma etapa $\mathbf{P}$.

Exemplo: Cadeias de Markov

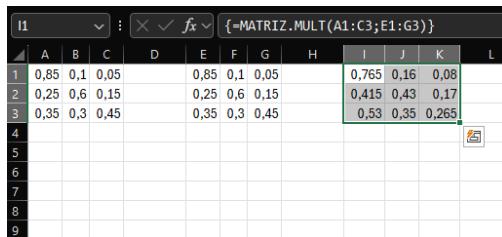
- Então, pensando em 2 passos a frente ($\mathbf{P}^2$), as probabilidades seriam:

$$\begin{bmatrix} 0,85 & 0,10 & 0,05 \\ 0,25 & 0,60 & 0,15 \\ 0,35 & 0,30 & 0,45 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,85 & 0,10 & 0,05 \\ 0,25 & 0,60 & 0,15 \\ 0,35 & 0,30 & 0,45 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,765 & 0,16 & 0,08 \\ 0,415 & 0,43 & 0,17 \\ 0,53 & 0,35 & 0,265 \end{bmatrix}$$

Exemplo: Cadeias de Markov

- A probabilidade de um consumidor que comprou a marca A no estado 0 (elemento da primeira linha e primeira coluna) continuar comprando a marca A após 2 compras é de 0,765 e trocar (olhando os valores da primeira linha) para a marca B é de 0,16 e para a marca C é de 0,08 .
- Observe que a soma da linha deve ser igual a 1 (diferença pode acontecer por arredondamento).

Exemplo: Cadeias de Markov no Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0,85	0,1	0,05		0,85	0,1	0,05		0,765	0,16	0,08	
2	0,25	0,6	0,15		0,25	0,6	0,15		0,415	0,43	0,17	
3	0,35	0,3	0,45		0,35	0,3	0,45		0,53	0,35	0,265	
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Figure 10: Cadeira de Markov 2 passos a frente no Excel

Referências

Referências

- DAMODARAN, A. **The Dark Side of Valuation**: Valuing Young, Distressed, and Complex Businesses. 2nd edition. Upper Saddle River : FT Press, 2010.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PARR, Russell L. **Intellectual property : Valuation, Exploitation, and Infringement Damages**. 5^a ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2018.

Obrigado!