

# ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Prof. Reinaldo Pacheco da Costa

A pluralidade de óticas na análise de investimentos

(Prof Reinaldo Pacheco da Costa)

Suponha um projeto de Indústria de Tratores, Investimentos de \$ 40.000 M; receita de \$ 9.000 M/ano; custos operacionais de \$ 3.000 M / ano (60% matérias primas com diferimento de ICMS). O Estado impõe ICMS de 18 % sobre o valor agregado de produção.

A depreciação é permitida com finalidade de abater o Imposto de Renda devido, com método linear e prazo legal de 10 anos. (25% ALIQUOTA DE IRPJ).

O horizonte do projeto considerado pelos investidores é de 15 anos.

Um Estado da federação está interessado na implantação deste projeto. Note-se que o interesse do Estado não corresponde necessariamente ao da economia como um todo, e o seu comportamento, nestes casos, não difere da ótica privada. Para atrair a empresa, o Estado oferece incentivos fiscais e facilidades para as obras civis no valor de \$ 800 mil na implantação. Também durante os primeiros 5 anos, há isenção do ICMS.

O Banco Regional oferece um empréstimo de \$ 20.000 M a uma taxa subsidiada de 6 % a.a. (a de mercado é de 12 % a.a.), por um prazo de 10 anos (Sistema PRICE). O Banco Regional estima uma receita adicional (serviços, tarifas etc.) devido ao pólo de desenvolvimento gerado pela fábrica de tratores de \$ 1.000 M /ano.

Analisar o projeto sob os pontos de vista:

1. Empresarial sem as facilidades oferecidas pelo Estado e pelo Banco Regional;
2. Empresarial com as facilidades oferecidas;
3. Estado
4. Banco Regional

# Projetos Econômicos

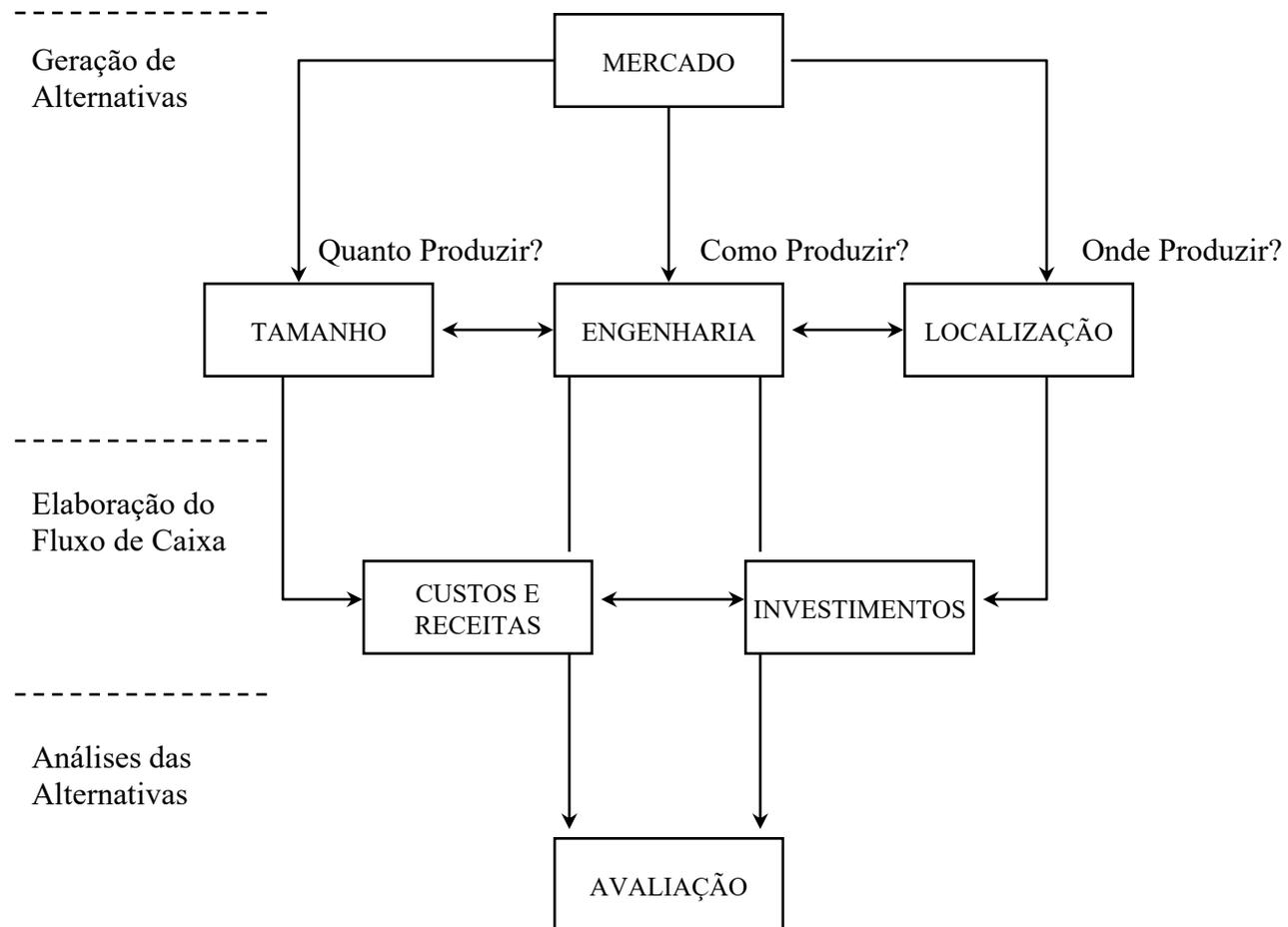
PROJETO: “ (...) o desenvolvimento econômico é um processo de longo prazo, do qual fazem parte inúmeras atividades; dentro do grande elenco de atividades relacionadas a este objetivo superior, o PROJETO constitui a menor unidade que se pode formular, analisar e executar administrativamente” (Morris Solomon in “Analysis do Projects for Economic Growth”

- Projetos para atividades primárias: Agricultura; Pecuária; Extrativismo.
- Projetos para atividades secundárias: Indústria de transformação; Indústria de Construção.
- Projetos para atividades terciárias: Serviços Básicos (transportes, portos, etc.); Serviços Sociais.

Do ponto de vista privado, o PROJETO surge como uma resposta às possibilidades de mercado, às indicações do sistema de preços e aos estímulos criados pelo governo.

Ressalte-se os seguintes outros aspectos de um PROJETO que não farão parte da presente disciplina: Aspectos Jurídicos, Contábeis, Administrativos, Mercadológicos, técnicos, etc...

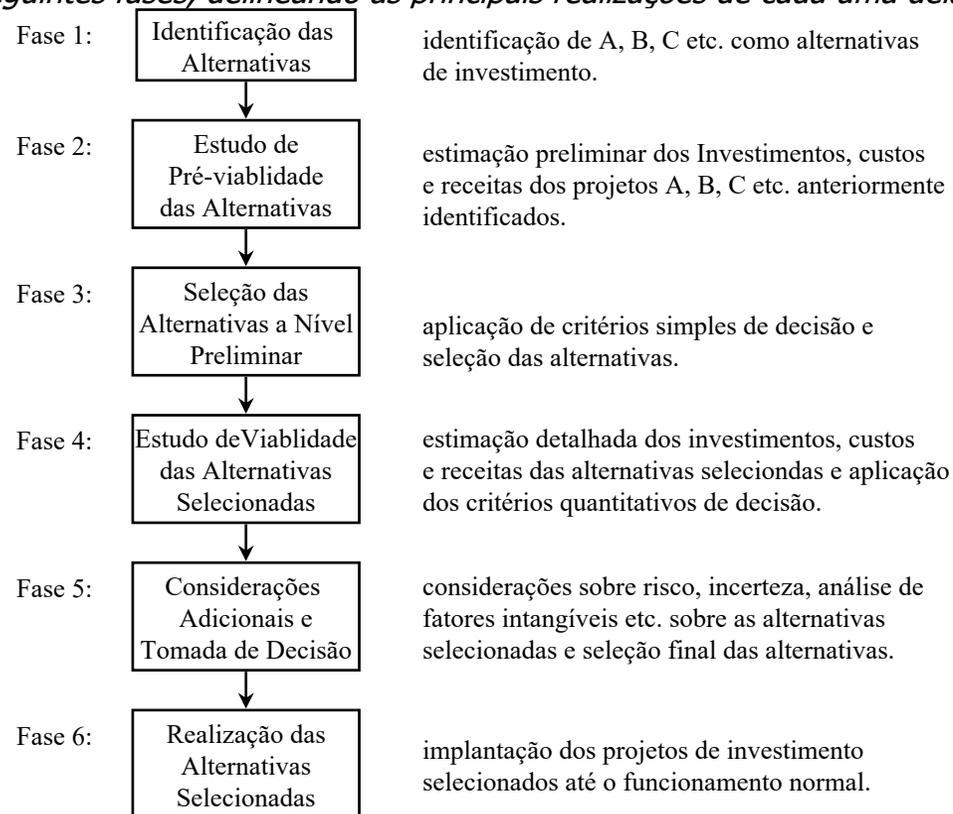
# Componentes de um Projeto



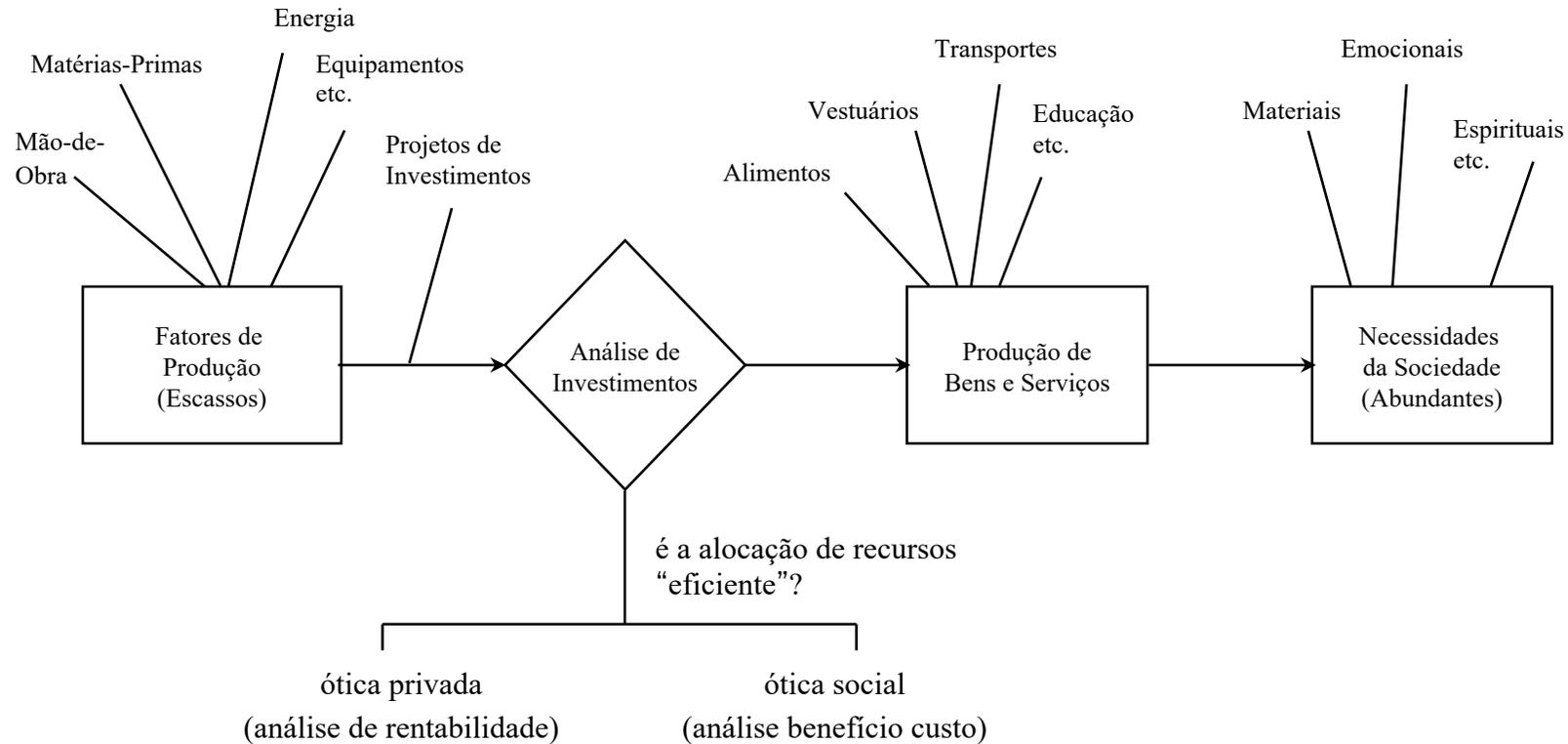
# Metodologia de Análise de um Projeto

*A metodologia da análise de investimentos pode ser esquematizado de diversas maneiras. Pode-se, no entanto, dizer que qualquer tentativa de dividir em fases é necessariamente simplificadora uma vez que o processo de decisão de investir é realizado iterativamente, seguindo um caminho de raciocínio não-linear. Mesmo assim, objetivando uma maior compreensão da metodologia de análise de investimentos, a dividiremos em fases.*

*Consideraremos as seguintes fases, delineando as principais realizações de cada uma delas.*



# O Problema Econômico e a Análise de Projetos



# Exemplos de Análise de Projetos por Fluxo de Caixa

		<i>Benefícios</i>	<i>Custos</i>
PROJETO DE IRRIGAÇÃO			
<b>Exemplos de Custos e Benefícios de Projeto</b>			
Direto	tangível	Aumento da produção agrícola	Custo dos canais de irrigação
	intangível	Embelezamento da Região	Danos à ecologia
Indireto	tangível	Redução de erosão no solo	Desvio de água
	intangível	Preservação da sociedade rural	Destruição de vida selvagem
Pecuniário		Melhoria da posição relativa da indústria de equipamentos agrícolas	
PROJETO DE VIAGEM À LUA			
Real			
Direto	tangível	Ainda desconhecidos	Custos dos insumos
	intangível	Prazer da exploração	Poluição do universo
Indireto	tangível	Progresso técnico gerado	
	intangível	Aumento do prestígio mundial	
Pecuniário		Aumento relativo no valor das terras em Cabo Kennedy	
PROJETO EDUCACIONAL			
Real			
Direto	tangível	Aumento dos rendimentos futuros	Custo de oportunidade dos rendimentos perdidos pelos estudantes, salários dos professores, custos de edificação e livros.
	intangível	Melhoria da qualidade de vida	Tempo de lazer perdido
Indireto	tangível	Redução dos custos da prevenção ao crime	
	intangível	Eleitorado mais inteligente	
Pecuniário		Aumento relativo da renda dos professores	

# Tipos de produtos do mercado financeiro

Moeda  
Dinheiro  
Depósitos a vista e a prazo  
Empréstimos  
Títulos  
Duplicatas  
Notas de crédito  
Bônus do Tesouro  
Letras do Tesouro  
Cheques  
Notas promissórias  
Debêntures  
Ações  
Fundos  
Poupança  
Cartas de crédito  
*Warrant*  
*Leasing*  
Multiplicador bancário  
*Swap*



# Análise de Alternativas

Escolha de uma dentre duas ou mais opções de investimentos, levando-se os dados apresentados.

## Métodos para Análise de Alternativas

(HIRSCHFELD 2000) – Destaques:

- Método do Valor Presente Líquido (VPL);
- Método do Futuro Líquido;
- Método do Valor Uniforme Líquido;
- Método do Benefício-Custo;
- Método da Taxa de Retorno ou Taxa Interna de Retorno (TIR); e
- Método do Prazo de Retorno ou Payback.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Presente Líquido (VPL)

O Método do Valor Presente Líquido ou Método do Valor Atual Líquido ou Net Present Value (**NPV**), consiste em definido um fluxo de caixa para um projeto, as suas “entradas e saídas” são trazidas à uma data zero, utilizando-se a taxa mínima de atratividade, sendo somadas algebricamente.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Presente Líquido (VPL)

O critério de decisão do método consiste em:

Considerar somente as alternativas que apresentarem o valor presente líquido(VPL) **maior ou igual a zero**, ou seja, só serão considerados os projetos que tiverem um retorno maior ou no mínimo igual ao exigido.

Quando duas ou mais alternativas atenderem ao primeiro critério, deve-se escolher a alternativa que apresentar o maior VPL.

A fórmula para cálculo do VPL de uma alternativa é descrita abaixo:

$$VPL_j = \sum_0^n F_n \cdot (1 + i)^{-n}$$

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Futuro Líquido (VFL)

Consiste em definir um fluxo de caixa para um projeto, determinar o valor futuro líquido das suas “entradas e saídas” utilizando-se a taxa mínima de atratividade.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Futuro Líquido (VFL)

Considerar somente as alternativas que apresentarem o valor futuro líquido(VFL) maior ou igual a zero, ou seja, só serão considerados os projetos que tiverem um retorno maior ou no mínimo igual ao exigido

Quando duas ou mais alternativas atenderem ao primeiro critério, deve-se escolher a alternativa que apresentar o maior VFL.

A fórmula para cálculo do VPL de uma alternativa é descrita abaixo:

$$VFL_j = \sum_0^n P_0 \cdot (1 + i)^n$$

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Uniforme Líquido

O Método do Valor Uniforme Líquido está baseado no Valor Uniforme líquido (também chamado de Valor Anual Líquido de um fluxo de caixa ) que consiste na soma algébrica dos valores uniformes dos benefícios (positivos) com os valores dos custos(negativos)

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Valor Uniforme Líquido

Este método é semelhante ao método do Valor Presente Líquido, sendo assim, o critério de decisão do método consiste em:

1. Considerar somente as alternativas que apresentarem o valor uniforme líquido (VUL) maior ou igual a zero, ou seja, só serão considerados os projetos que tiverem um retorno maior ou no mínimo igual ao exigido.
2. Quando duas ou mais alternativas atenderem ao primeiro critério, deve-se escolher a alternativa que apresentar o maior VUL.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Benefício-Custo

Este método atribui uma relação entre os benefícios e custos advindos de um determinado projeto. Segundo HIRSCHFELD (2000), apesar de poder ser aplicado em qualquer análise econômica, o método é utilizado em maior escala em projetos governamentais.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Benefício-Custo

O método consiste em:

1. Atribuir uma relação entre os Benefícios e os Custos (esta relação pode ser feita em qualquer momento do fluxo de caixa e, deve-se considerar somente os valores absolutos) –  $B/C$ ;
2. Para as alternativas cuja relação  $B/C > 1$  (isto é, as alternativas que são viáveis), deve-se ordená-las em ordem crescente de custo;
3. Aplicar o Método da Análise Incremental  $\Delta B/\Delta C$  (compara-se cada alternativa com a melhor alternativa anterior e, escolhe-se a que tiver o melhor resultado)

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

Ou Internal Rate of Return (IRR).

É a taxa que iguala o valor atual dos investimentos com o valor atual do restante do fluxo de caixa (ambos considerados em valor absoluto). É a taxa de produtos para um VPL igual a zero.

Generalizando, para um fluxo de caixa qualquer, é a taxa que anula o valor atual líquido, do fluxo de caixa, sendo VAL, VF e BAE (benefício anual equivalente) igualados a zero para se obter a TIR.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

Geometricamente, a TIR é o ponto em que a curva dos valores em função da taxa de equivalente cruz o o eixo das abscissas (taxas)

Se a TIR é maior que a taxa de atratividade mínima, o projeto é viável.

Trata-se de um método de amortização em que se compara a taxa interna de uma alternativa com a respectiva TMA e comparar qual das alternativas essa diferença é maior.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

KASSAI (2000)

$$0 = FC_0 / (1 + TIR)^0 + FC_1 / (1 + TIR)^1 + FC_2 / (1 + TIR)^2 + \dots + FC_n / (1 + TIR)^n$$

FC: fluxo de caixa esperado (positivo ou negativo)

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Prazo de Retorno

O método do Prazo de Retorno ou Prazo de Recuperação de Investimentos ou Payback, consiste no período no qual o investimento é recuperado. HIRSCHFELD (2000) defini como “o número de períodos do fluxo de caixa em questão nos quais o somatório dos benefícios se iguala ao somatório dos custos”.

KASSAI(2000) defini o payback como sendo “o período em que os valores dos investimentos (fluxos negativos) se anulam com os respectivos valores de caixa (fluxos positivos)”.

O payback está mais associado à uma medida de risco (uma vez que quanto maior o prazo de retorno, maiores as chances de o fluxo de caixa não se concretizar) do que a retorno de investimento.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Prazo de Retorno

O As maiores críticas em relação à este método, refere-se ao fato de que ele não considera o “valor do dinheiro no tempo”, pois não se baseia em valores descontados e, segundo KASSAI(2000) ainda convive com duas outras deficiências:

- não leva em consideração a magnitude dos fluxos de caixa e sua distribuição nos períodos que antecedem ao período de payback;
- não leva em consideração os fluxos de caixa que ocorrem após o período de payback.

# Métodos para Análise de Alternativas

## Método do Prazo de Retorno

As maiores críticas em relação à este método, refere-se ao fato de que ele não considera o “valor do dinheiro no tempo”, pois não se baseia em valores descontados e, segundo KASSAI(2000) ainda convive com duas outras deficiências:

- não leva em consideração a magnitude dos fluxos de caixa e sua distribuição nos períodos que antecedem ao período de payback;
- não leva em consideração os fluxos de caixa que ocorrem após o período de payback.

# Depreciação e Impostos

## Depreciação

Os elementos que constituem o ativo fixo da empresa – equipamentos, edifícios, instalações etc., sofrem uma perda de valor, com uso ou com o passar do tempo. Esta perda de valor não recuperada pelos serviços de manutenção, se denomina depreciação real.

A depreciação real pode ser causada por:

- Desgaste
- Obsolescência
- Inadequação (obsoletismo do produto)
- acidentes

É difícil determinar o valor da depreciação real ao longo do tempo, apenas nos casos em que há um mercado de equipamentos usados, como o de automóveis, por exemplo, é possível ter uma idéia da variação do valor no tempo.

# Depreciação e Impostos

## Depreciação

Para NEVES (1984), a depreciação pode ser dividida em:

- Depreciação física

Por uso – ação de elementos como choque, vibração, abrasão etc.

Deterioração – ação de componentes químicos como corrosão, decomposição química etc.

- Depreciação funcional – é a perda de valor de um bem que se deve a alterações na demanda de serviços que o bem pode prestar.
  - Obsolescência – resultante de inovações tecnológicas
  - Insuficiência – resultante de incapacidade produtiva do bem para executar os serviços por causa de aumentos da demanda.
  - Situações independentes do bem – resultante das alterações das condições normais de operação de um bem, levando a retirar de serviço equipamentos ainda de funcionamento satisfatório.

# Depreciação e Impostos

## Depreciação

Para NEVES (1984), a depreciação pode ser dividida em:

- Depreciação física

Por uso – ação de elementos como choque, vibração, abrasão etc.

Deterioração – ação de componentes químicos como corrosão, decomposição química etc.

- Depreciação funcional – é a perda de valor de um bem que se deve a alterações na demanda de serviços que o bem pode prestar.
  - Obsolescência – resultante de inovações tecnológicas
  - Insuficiência – resultante de incapacidade produtiva do bem para executar os serviços por causa de aumentos da demanda.
  - Situações independentes do bem – resultante das alterações das condições normais de operação de um bem, levando a retirar de serviço equipamentos ainda de funcionamento satisfatório.

# Depreciação e Impostos

## Custo de uso de um bem de capital

O emprego de um bem de capital, durante certo período de tempo, acarreta dois custos:

- Depreciação
- Juro de capital empregado remuneração do capital

# Depreciação e Impostos

Custo de uso de um bem de capital

Se  $V_t$  é o valor de um bem de capital no instante  $t$ . Temos

Depreciação no período  $T$ :  $V_{t-1} - V_t$

Juros do capital empregado:  $jV_{t-1}$

O custo de uso do capital neste período será:

$$C_t = (V_{t-1} - V_t) + jV_{t-1} = V_{t-1} (1+j) - V_t$$

Supondo esse bem adquirido no instante 0 e usado durante  $n$  períodos, teríamos no instante  $n$  um custo total do uso do bem:

$$CT_n = \sum [V_{t-1} (1+j) - V_t] (1+j)^{n-t} \quad (\text{para } t= 1, 2, \dots, n)$$

# Depreciação e Impostos

## Custo de uso de um bem de capital

Desenvolvendo:

$$CT_n = V_0 (1+j)^n - V_1 (1+j)^{n-1} + V_1 (1+j)^{n-1} - \dots - V_{n-1} (1+j) + V_{n-1} (1+j) - V_n$$

$$CT_n = V_0 (1+j)^n - V_n$$

$CT_n = V_0 - V_n / (1+j)^n$  o que mostra que o custo total independe da seqüência das depreciações, dependendo apenas do valor inicial e da taxa de juros.

Calculando o custo anual equivalente, temos:

$$CAE = V_0 j (1+j)^n / (1+j)^n - 1 - V_n \cdot j / (1+j)^n - 1$$

$$CAE = (V_0 - V_n) j (1+j)^n / (1+j)^n - 1 + j \cdot V_n$$

Ou seja, o CAE compõe-se de duas parcelas: a **primeira corresponde à prestação necessária para amortizar a parcela  $(V_0 - V_n)$  que se depreciará nos  $n$  períodos de uso e a segunda são os juros do valor  $V_n$  que se mantém inalterado.**

# Depreciação e Impostos

## Modelos de depreciação contábil

Não confundir a **depreciação real com a contábil**, que consiste em lançamentos contábeis, feitos em cada período, de forma a distribuir a perda do valor do ativo durante sua vida útil. Supondo um grau constante de utilização, a depreciação contábil é função apenas do tempo

- Depreciação linear

$$D = (V_0 - V_n) / n$$

- Depreciação exponencial

$$\text{deprec. } t = d \cdot V_{t-1}$$

$$V_t = V_{t-1} - \text{depr } t = (1-d) V_{t-1}$$

$$V_t = V_0 (1-d)^t$$

Este **modelo não é aceito no Brasil** para fins fiscais, mas é a base do imposto de renda norte americano, onde é conhecido como **DB (declining balance)**

# Depreciação e Impostos

## Impostos

Podemos classificar os impostos em 3 tipos:

- Impostos que não dependem (imposto predial)
- Impostos que dependem diretamente da faturamento – ICMS, IPI
- Imposto de renda =>  $LT = \text{Receitas} - \text{Despesas} - \text{Deduções}$   
Entre as deduções permitidas está o Imposto de renda.

Ex. Uma empresa está estudando a aquisição de um equipamento que custa \$100 mil. A receita esperada é de 55 mil reais e o custo operacional de \$ 10 mil por ano durante toda a vida útil que é estimada em 8 anos, quando se calcula o equipamento poderá ser vendido por \$40 mil. A vida legal é de 10 anos. O equipamento será usado em 3 turnos. Montar a tabela de fluxo de caixa após IR, sabendo-se que a taxa de IR = 30%. O ICMS é de 18 % do faturamento bruto. É viável a aquisição?

# Depreciação e Impostos

## Impostos

Ex. Uma empresa está estudando a aquisição de um equipamento que custa \$100 mil. A receita esperada é de 55 mil reais e o custo operacional de \$ 10 mil por ano durante toda a vida útil que é estimada em 8 anos, quando se calcula o equipamento poderá ser vendido por \$40 mil. A vida legal é de 10 anos. O equipamento será usado em 3 turnos. Montar a tabela de fluxo de caixa após IR, sabendo-se que a taxa de IR = 30%. O ICMS é de 18 % do faturamento bruto. É viável a aquisição?

# Taxas de Juros

## Taxa de Retorno sobre o Ativo Total

Ou Return On Assets (**ROA**)

Mede a eficiência da administração na geração de lucros com seus ativos totais.

Também chamada de **ROI** (Return On Investment).

$$\text{ROA} = \text{lucro líquido após imposto de renda} / \text{ativo total} \quad (\%)$$

É um índice de lucratividade da empresa.

# Taxas de Juros

## Taxa de Retorno sobre o Patrimônio Líquido

Ou Return On Equity (**ROE**)

Mede o retorno obtido sobre o investimento (ações preferenciais e ordinárias) dos proprietários da empresa.

$$\text{ROE} = \text{lucro líquido após imposto de renda} / \text{patrimônio líquido} \quad (\%)$$

É outro índice de lucratividade da empresa.

# Substituição Econômica

## Razões Básicas para a Substituição

Existem duas razões básicas para se estudar a substituição de um ativo: a deterioração física e o avanço tecnológico.

- A deterioração física acarreta custos operacionais excessivos, manutenção crescente, altos níveis de rejeição ou a combinação destes eventos.
- O avanço tecnológico pode causar obsolescência dos equipamentos. Métodos mais eficientes ou melhores máquinas afetam os estudos de reposição, conseqüentemente.

# Substituição Econômica

## Razões Básicas para a Substituição

Para THUESEN(1980), as considerações que devem ser feitas para a substituição de ativos, são as seguintes:

- Insuficiência;
- Manutenção excessiva;
- Eficiência decrescente;
- Obsolescência;
- Combinação de fatores.

# Substituição Econômica

## Vida Útil e Vida Econômica

A idéia fundamental da análise econômica de investimentos para a substituição de equipamentos é **a diferença entre a vida útil e econômica do equipamento.**

Contador (1997) “...definimos **vida útil** de um equipamento como sendo o período de tempo em que ele continua desempenhando satisfatoriamente as suas funções. A vida útil depende do projeto do equipamento, da operação adequada, da manutenção, etc”.

THUESEN (1980) define **vida econômica** com sendo o intervalo de tempo que minimiza os custos anuais equivalentes totais do ativo.

# Substituição Econômica

## Substituição de Equipamentos

Existem três situações de substituição:

- Baixa pura e simples, sem substituição;
- Baixa com substituição por equipamento semelhante, de igual eficiência;
- Baixa com substituição por equipamento mais eficiente;

É importante observar que as despesas anteriores à nossa decisão, não podendo ser influenciadas por esta, não precisam ser incluídas no cálculo, pois são idênticas para todas as alternativas. Apenas as despesas atuais e futuras é que devem ser consideradas.

# Substituição Econômica

## Baixa sem substituição

Um equipamento poderá deixar de ser econômico antes de atingir o término de sua vida física e sua substituição pode não ser desejada. Este tipo de situação ocorre em produtos que estão sujeitas a rápido obsolescimento, ou cuja matéria-prima está-se esgotando, nestes casos pode-se decidir suspender a produção e vender o equipamento sem substituí-lo.

Usualmente nestes casos o critério de decisão utilizado é manter o ativo por mais um período se o **Valor Presente Líquido (VP) de sua manutenção neste período for maior que zero.**

# Substituição Econômica

## Baixa sem substituição

Para obter-se o número de períodos que o ativo deve ser mantido, calcula-se o Valor Presente Líquido de manutenção do ativo no primeiro período, no segundo período e assim sucessivamente, até que se obtenha no período  $i$ :

$$VP_i < 0$$

O ativo deverá ser dispensado no período  $i-1$ .

# Substituição Econômica

Baixa com substituição por equipamento do mesmo tipo  
Existem equipamentos que em menor grau são afetados pelo desenvolvimento tecnológico (motores elétricos, máquinas operatrizes etc).

Neste tipo de substituição deve-se considerar o balanço de dois custos:

- **investimento inicial** (que tende a tornar a vida do bem a maior possível)
- **operação/manutenção** (que tendem a encurtar a vida do bem já que são crescentes)

**Trata-se pois de um problema de máximos e mínimos.** Na prática, entretanto, verifica-se que é mais fácil resolver o problema por tentativas.

# Substituição Econômica

## Baixa com substituição por equipamento do mesmo tipo

A determinação da vida econômica consiste em achar os Custos ou Resultados Anuais Uniformes Equivalentes (CAUE ou VAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis. Neste caso, **a vida econômica do ativo é determinada através do período para o qual o CAUE é mínimo ou o VAUE é máximo.**

- CAUE - ativos que não afetam diretamente a produção e conseqüentemente na geração de receita;
- VAUE (Valor Anual Uniforme Equivalente) - ativos que afetam diretamente a produção e conseqüentemente na geração de receita

# Substituição Econômica

Baixa com substituição por equipamento mais eficiente

Neste tipo de problema, por exemplo, existem dois equipamentos que competem entre si. Na literatura norte americana utiliza-se o termo “**Desafiante**” para indicar o ativo novo que está sendo cogitado para substituir o “**Defensor**” que é o ativo existente.

BETHUYNE(1998): “...and the equipment (called the defender) will be replaced with new equipment (the challenger)...”.

# Substituição Econômica

Baixa com substituição por equipamento mais eficiente

A grande questão deste tipo de problema é **que dado a incerteza quanto ao futuro, a única decisão apropriada é se devemos substituir já o defendente ou mantê-lo por mais um período.**

A análise deste problema envolve a determinação da vida econômica do defensor e do desafiante. Aquele que apresentar o **menor CAUE** para a sua vida econômica deverá ser o escolhido.

# Riscos e Incertezas

## A natureza das incertezas

- Econômicos
  - Ofertas subdimensionadas
  - Demandas superdimensionadas
  - Dimensionamento incorreto.....
- Financeiros
  - Insuficiência de Capital
  - Falta de Capacidade de Pagamento....
- Técnicos
  - Processo inadequado
  - Matérias-primas inadequadas.....
- Outros
  - Fatores Políticos
  - Problemas no gerenciamento do projeto

# Riscos e Incertezas

Como trabalhar com as incertezas?

- Análise da Sensibilidade
- Pontos de Equilíbrio
- Análise de Cenários
- Métodos Analíticos
- Simulação
- Árvore de Decisão

# Riscos e Incertezas

## Análise da Sensibilidade

A análise da sensibilidade consiste em variar um ou mais fatores que influenciam o fluxo de caixa do projeto, mantendo os demais em seu nível de referência, e calcular o efeito na variável de decisão. Desta forma podemos determinar quais fatores são mais sensíveis ( maior efeito ), e, portanto, merecem uma atenção maior.

# Riscos e Incertezas

## Pontos de Equilíbrio

Consiste em determinar os pontos de equilíbrio, isto é, os valores de cada variável a partir dos quais o projeto fica inviável.

# Riscos e Incertezas

## Análise de Cenários

Uma extensão da análise de sensibilidade, para contornar a dificuldade em variar mais de um fator de cada vez, é a construção de cenários.

Um cenário é um **conjunto de valores** das variáveis que modela uma situação particular. Geralmente são usados dois cenários: um **cenário pessimista** (em que supomos, por exemplo, receitas baixas, investimentos altos, etc..) e um **cenário otimista** (em que tudo ocorre de modo favorável), para comparar com o cenário de referência (mais provável). Não é obrigatório que o cenário pessimista seja o pior caso possível; apenas ele representa um conjunto de circunstâncias piores que o esperado. Comentário semelhante deve ser feito para o cenário otimista.

# Riscos e Incertezas

## Métodos Analíticos

Podemos quantificar a incerteza através da probabilidade, isto é, considerando os valores do fluxo de caixa como variáveis aleatórias e calculando a distribuição de probabilidade da variável de decisão.

# Riscos e Incertezas

## Simulação

Consiste em usar um modelo do projeto para analisar o seu comportamento ou desempenho. A técnica mais usada é baseada numa análise de MonteCarlo, que “executa” o projeto muitas vezes, criando cenários aleatórios que permitem obter uma distribuição estatística das variáveis que interessam.

# Riscos e Incertezas

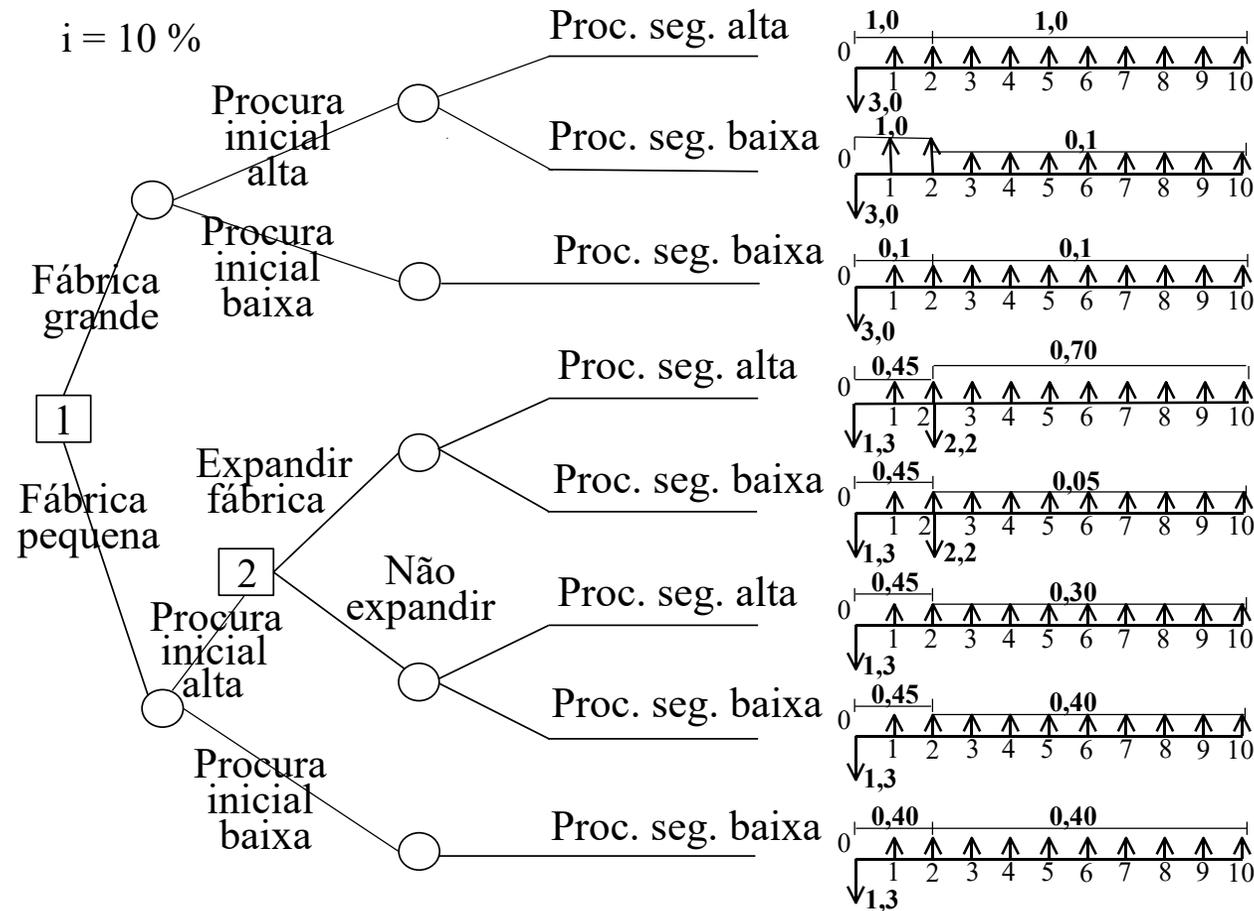
## Árvore de Decisão

Árvore de decisão é um diagrama que mostra as interações entre as decisões e os eventos aleatórios associados a elas, como são entendidos pelo tomador de decisão.

Os nós da árvore envolvendo decisões são geralmente representados por um quadrado e os referentes a eventos aleatórios por um círculo.

# Riscos e Incertezas

## Árvore de Decisão



# Sistemas de Decisão Multicritérios

O que são sistemas de decisão multicritérios?

Os métodos de tomada de decisão normalmente valem-se da análise de critérios, fatores ou objetivos. MORITA et al. (1999) afirmam que os métodos clássicos de otimização da programação matemática não são adequados para tratar esse tipo de problema, uma vez que não há solução ótima que satisfaça a todos os critérios simultaneamente.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## Métodos de Decisão

Pode-se destacar:

- Teoria da Utilidade (*Utility Theory*)
- ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant La Réalité*)
- AHP (*Analytic Hierarchy Process*)
- Sistemas Especialistas (*Expert System*)

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## Teoria da Utilidade (Utility Theory)

A Teoria da Utilidade assume que um decisor sempre busca a solução que gere a maior satisfação (utilidade) para ele. A satisfação ou preferência do decisor perante o risco é representada por uma função matemática chamada *função de utilidade* ou *curva de preferência*.

O valor de uma alternativa  $a_i$  é formado por um conjunto de valores  $(v_{1i}, v_{2i}, \dots, v_{ni})$ , onde cada  $v_{ji}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) é o valor assumido pela alternativa  $a_i$  em cada um dos  $n$  critério/atributos, ou apenas atributos.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant La Réalité*

O método ELECTRE aplica-se principalmente ao tratamento de alternativas discretas avaliadas qualitativamente, e apresenta quatro variantes:

- ELECTRE I - método de estruturação
- ELECTRE II - método de decisão;
- ELECTRE III - considera os valores associados aos atributos através de fuzzy;
- ELECTRE IV - baseia-se neste mesmo princípio, aplicando-se a problemas em que o decisor não deseja estimar pesos para os atributos.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant La Réalité*

Sendo:

- $(a_1, a_2, \dots, a_5)$  – as alternativas;
- $(F_1, F_2, \dots, F_5)$  – os fatores (critérios de escolha);
- $(W_j, j = 1 \dots 6)$  – os pesos de cada fator;
- $(O_j, j = 1 \dots 6)$  – intervalo de significância de cada fator;
- $(d_{1j}, j = 1 \dots 6)$  – grau de discordância de cada fator (nível 1);
- $(d_{2j}, j = 1 \dots 6)$  – grau de discordância de cada fator (nível 2);
- $(C_1, C_2 \text{ e } C_3)$  – graus de concordância (nível 1, 2 e 3);
- $I^+$  - o conjunto dos fatores cuja diferença entre as alternativas é positiva;
- $I^-$  - o conjunto dos fatores cuja diferença entre as alternativas é negativa;
- $I=$  - o conjunto dos fatores cuja diferença entre as alternativas não é significativa;

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant La Réalité*

1. Inversão dos sinais dos fatores cuja escala esteja variando inversamente à preferência do tomador de decisão;
2. Determinação da diferença entre as alternativas em relação a cada fator;
3. Identificação dos conjuntos de fatores em que há diferença significativa entre as alternativas, isto é, valores superiores ou iguais em módulo aos  $O_j$ 's;
4. Cálculo da soma dos pesos positivos ( $P+$ ), negativos ( $P-$ ) e não-significativos ( $P=$ );
5. Identificação da relação de dominância entre as alternativas, isto é, se  $P+ > P-$ . Se  $P+ = P-$  as alternativas são consideradas de mesmo grau de preferência;
6. Inversão da relação de dominância nos casos em  $P+ < P-$ ;
7. Cálculo do índice de preferência  $C$  dado pela expressão:

$$C = (P+ + P=) / (P+ + P= + P-)$$

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant La Réalité*

8. Comparação entre índice de preferência e os graus de concordância  $C1$ ,  $C2$  e  $C3$ ;
9. Se  $C \geq C1$  verificar se, nos atributos em que a alternativa preferida é inferior à dominada, não é ultrapassado o limite superior (nível 2) de discordância  $d_{2j}$ ,  $j \in I$ - Caso não seja, pode-se dizer que há um forte grau de preferência da alternativa dominante. Caso a condição acima não se verifique, vai-se para o passo seguinte;
10. Se  $C \geq C2$  verificar se, nos atributos em que a alternativa preferida é inferior à dominada, não é ultrapassado o limite mais exigente (nível 1) de discordância  $d_{1j}$ ,  $j \in I$ - Caso não seja, pode-se dizer que há um forte grau de preferência da alternativa dominante. Caso contrário, vai-se para o passo seguinte;
11. Se  $C \geq C3$  verificar se, nos atributos em que a alternativa preferida é inferior à dominada, não é ultrapassado em módulo o limite superior (nível 2) de discordância  $d_{2j}$ ,  $j \in I$ - Caso não seja, pode-se dizer que há um forte grau de preferência da alternativa dominante. Caso seja, vai-se para o passo seguinte;
12. Se os passos 9 a 11 foram seguidos e não se pôde concluir por preferência forte ou fraca, dizemos que as alternativas não são comparáveis.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## *AHP - Analytic Hierarchy Process*

- O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um método de apoio à decisão criado por Saaty na década de 70
- O pressuposto básico do AHP é de que um problema complexo pode ser eficientemente resolvido quando é decomposto em diversas partes, interligadas através de uma estrutura hierárquica: deve-se determinar pesos específicos para cada um dos critérios - comparados par a par -, para que ocorra a comparação entre as alternativas de investimentos, no caso específico.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## *AHP - Analytic Hierarchy Process*

Uma forma resumida e simplificada de utilizarmos o método é apresentada a seguir:

1. Distribua os critérios de investimento a serem avaliados em uma matriz (a idéia é comparar cada critério com o outro);
2. Atribua pesos de 1 a 9 (onde 1 é igualmente preferível e 9 é extremamente preferível) para indicar os valores de importância dos relacionamentos de cada fator  $C_i$  com o outro fator  $C_j$ ;
3. Some os valores de cada coluna da tabela para determinar o valor total;
4. Normalize a matriz de comparação, dividindo cada valor pelo valor total da coluna;
5. Calcule a média aritmética de cada linha na matriz normalizada. A média aritmética de cada linha será a prioridade relativa a cada critério;
6. Determine o Vetor Soma Ponderada, multiplique cada valor das colunas da matriz pela sua prioridade relativa (crie uma “matriz coluna” para cada coluna e multiplique pela sua prioridade relativa), e some cada valor de uma determinada coluna;
7. Determine o vetor de consistência, dividindo cada valor do vetor de soma ponderada pela sua respectiva prioridade relativa;

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## *AHP - Analytic Hierarchy Process*

8. Determine o  $\lambda$  max, obtenha a média aritmética dos componentes do vetor soma ponderada;
9. Calcule o índice de consistência (CI), através da fórmula:  
 $CI = [(\lambda \text{ max} - n) / (n - 1)]$ , onde n, neste caso, é a quantidade de critérios;
10. Determine a taxa de consistência (CR), através da fórmula  $CR = CI / ACI$ , onde ACI pode ser obtido através da tabela abaixo

ACI			0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
n	3	4		5	6	7	8	

11. Caso CR seja maior que 0.10, o processo deve ser reavaliado;
12. Construa uma matriz para cada critério, comparando cada opção de investimento, e refaça os passos de 2 a 10 para cada uma das matrizes;
13. Multiplique a matriz de prioridades relativas das alternativas de investimento em função de cada critério, pela matriz de prioridade relativa dos critérios;
14. A matriz resultante indica o valor das prioridades para cada uma das alternativas de investimentos;
15. Escolha a alternativa de investimento com o maior valor de prioridade.

# Sistemas de Decisão Multicritérios

## Sistemas Especialistas (*Expert System*)

- Segundo MORITA et al. (1999), os Sistemas Especialistas (SE) ou *Expert Systems* são utilizados para avaliar as políticas ou os planos de ações, usando sentenças conhecidas como regras de produção. Para explicar uma regra de produção, SHIMIZU (2001) utiliza o seguinte exemplo:

*If* {os fatos forem verdadeiros}

*then* {executar algoritmo A}

*else* {executar algoritmo B}