

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS

III.1 - GENERALIDADES

Após a classificação dos projetos tecnicamente corretos é imprescindível que a escolha considere aspectos econômicos. É a engenharia econômica que fornece os critérios de decisão, para a escolha entre as alternativas de investimento.

Infelizmente, nem todos os métodos utilizados são baseados em conceitos corretos. Por esta razão é muito importante ter cuidado com uso de alguns destes métodos, e principalmente, conhecer suas limitações.

Um dos métodos, que é muito utilizado, e que possui limitações do ponto de vista conceitual é o PAY-BACK ou método do tempo de recuperação do investimento. O método do PAY-BACK consiste simplesmente na determinação do número de períodos necessários para recuperar o capital investido, ignorando as conseqüências além do período de recuperação e o valor do dinheiro no tempo. Normalmente é recomendado que este método seja usado como critério de desempate, se for necessário após o emprego de um dos métodos exatos.

Neste curso serão estudados três métodos de avaliação, que convenientemente aplicados dão o mesmo resultado e formam a base da engenharia econômica. Estes métodos são exatos e não apresentam os problemas observados, por exemplo, no PAY-BACK. Os métodos são:

- Método do valor presente líquido (**VPL**);
- Método do valor anual uniforme (**VA**);
- Método da taxa interna de retorno (**TIR**).

Estes métodos são equivalentes e indicam sempre a mesma alternativa de investimento, que é a melhor do ponto de vista econômico. Embora indiquem o mesmo resultado, existe é claro vantagens e desvantagens um em relação ao outro, e que serão comentadas ao longo do curso.

III.2 - TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

Os métodos de avaliação que serão apresentados, para efeito de avaliar méritos de alternativas para investimento, apresentam como principal característica o reconhecimento da variação do valor do dinheiro no tempo. Este fato evidencia a necessidade de se utilizar uma taxa de juros quando a análise for efetuada através de um deles. A questão é definir qual será a taxa a ser empregada.

A TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. Existem grandes controvérsias quanto a como calcular esta taxa. Alguns autores afirmam que a taxa de juros a ser usada pela engenharia econômica é a taxa de juros equivalente à maior rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. Uma proposta de investimento, para ser atrativa, deve render, no mínimo, esta taxa de juros.

Outro enfoque dado a TMA é a de que deve ser o custo de capital investido na proposta em questão, ou ainda, o custo de capital da empresa mais o risco envolvido em cada alternativa de investimento. Naturalmente, haverá disposição de investir se a expectativa de ganhos, já deduzido o valor do investimento, for superior ao custo de capital. Por custo de capital, entende-se a média ponderada dos custos das diversas fontes de recursos utilizadas no projeto em questão.

III.3 - CRITÉRIOS ECONÔMICOS DE DECISÃO

III.3.1 - Método do valor presente líquido (VPL)

O método do valor presente líquido, também conhecido pela terminologia *método do valor atual*, caracteriza-se, essencialmente, pela transferência para o instante presente de todas as variações de caixa esperadas, descontadas à taxa mínima de atratividade. Em outras palavras, seria o transporte para a data zero de um diagrama de fluxos de caixa, de todos os recebimentos e desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada.

Se o valor presente for positivo, a proposta de investimento é atrativa, e quanto maior o valor positivo, mais atrativa é a proposta.

A idéia do método é mostrada esquematicamente, na figura III.1 a seguir.

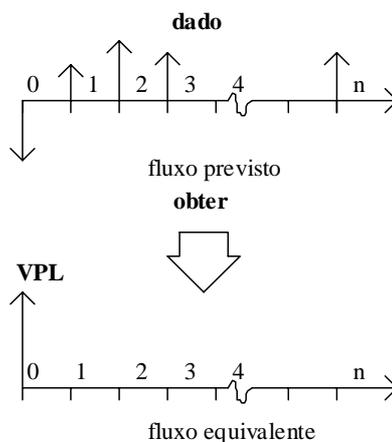


Figura III.1 - valor presente líquido

EXEMPLO III.1- Numa análise realizada em determinada empresa, foram detectados custos operacionais excessivamente elevados numa linha de produção, em decorrência da utilização de equipamentos velhos e obsoletos.

Os engenheiros responsáveis pelo problema propuseram à gerência duas soluções alternativas. A primeira consistindo numa reforma geral da linha, exigindo investimentos estimados em \$ 10.000, cujo resultado será uma redução anual de custos igual a \$ 2.000 durante 10 anos, após os quais os equipamentos seriam sucataados sem nenhum valor residual. A segunda proposição foi a

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.3

aquisição de uma nova linha de produção no valor de \$ 35.000 para substituir os equipamentos existentes, cujo valor líquido de revenda foi estimado a \$ 5.000. Esta alternativa deverá proporcionar ganhos de \$ 4.700 por ano, apresentando ainda um valor residual de \$ 10.705 após dez anos.

Sendo a TMA para a empresa igual a 8% ao ano, qual das alternativas deve ser preferida pela gerência?

III.3.2 - Método do valor anual (VA)

Este método caracteriza-se pela transformação de todos os fluxos de caixa do projeto considerado, numa série uniforme de pagamentos, indicando desta forma o valor do benefício líquido, por período, oferecido pela alternativa de investimento. É também chamado de *valor anual uniforme*. A idéia do método é mostrada na figura III.2.

Como geralmente, em estudos de engenharia econômica a dimensão do período considerado possui magnitude anual, foi convencionada a adoção da terminologia **Valor anual**.

O projeto em análise só será atrativo se apresentar um benefício líquido anual positivo, e entre vários projetos, aquele de maior benefício positivo será o mais interessante.

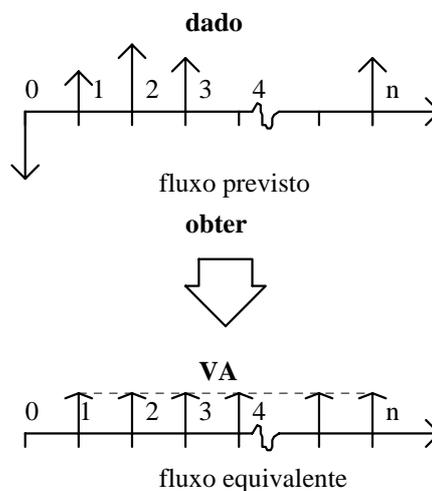


Figura III.2 - Valor anual

EXEMPLO III.2 - Resolver o exemplo III.1 pelo método do valor anual.

III.3.3 - Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

Por definição, a taxa interna de retorno de um projeto é a taxa de juros para a qual o valor presente das receitas torna-se igual aos desembolsos. Isto significa dizer que a TIR é aquela que torna nulo o valor presente líquido do projeto. Pode ainda ser entendida como a taxa de remuneração do capital.

A TIR deve ser comparada com a TMA para a conclusão a respeito da aceitação ou não do projeto. Uma TIR maior que a TMA indica projeto atrativo. Se a TIR é menor que a TMA, o projeto analisado passa a não ser mais interessante.

O cálculo da TIR é feito normalmente pelo processo de tentativa e erro.

EXEMPLO III.3 - Resolver o exemplo III.1 pelo método da TIR.

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.6

Da solução do exemplo III.3 cabe uma reflexão. Através da análise pura dos resultados qual a melhor opção? Vamos colocar os resultados do VPL, VA e TIR, na tabela a seguir.

	VPL	VA	TIR
REFORMA			
COMPRA			

Como falado anteriormente, os métodos sempre indicam a melhor alternativa de investimento, do ponto de vista econômico.

As duas taxas de retorno do problema são superiores à taxa mínima de atratividade, portanto são propostas atrativas. Como a TIR da reforma é maior que alternativa de compra, deveria ser dada preferência à primeira, contrariando o resultado obtido pelos dois métodos anteriores. Entretanto o procedimento correto da análise indica que se deve fazer um exame da taxa interna de retorno calculada para o fluxo da diferença entre os investimentos das propostas.

No caso do exemplo, será melhor aplicar \$30.000 na alternativa de compra obtendo um retorno de 12% a.a. ou será mais interessante investir \$ 10.000 na alternativa de reforma com um retorno de 15,1% e os \$20.000 de diferença à taxa mínima de atratividade?

A análise incremental é um complemento necessário ao método da taxa interna de retorno na medida em que se responde a este tipo de dúvida.

III.3.4 - Análise Incremental para o método da Taxa Interna de Retorno

No caso de alternativas de investimento mutuamente exclusivas deve-se examinar a taxa de retorno obtida no acréscimo de investimento de uma em relação à outra. Sempre que esta taxa for superior à TMA, o acréscimo é vantajoso, isto faz com que a proposta escolhida não seja necessariamente a de maior taxa de retorno. Entretanto, para proceder à análise incremental deve-se certificar de que as propostas tenham TIR maior que a TMA.

EXEMPLO III.4 - Aplicar para o exemplo III.1 a análise incremental.

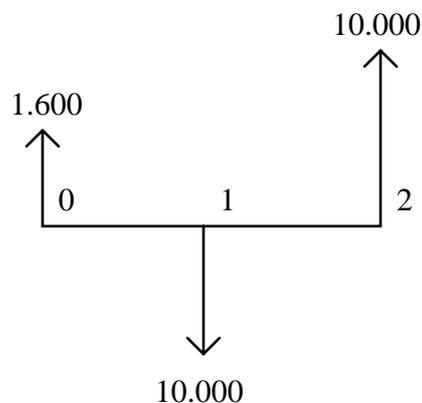
III.3.5 - Método da Taxa Interna de Retorno (TIR) e os fluxos de caixa que apresentam mais de uma inversão de sinal

Na maioria dos fluxos de caixa, há apenas uma mudança no sinal, isto é, o investimento inicial (sinal negativo) geralmente resulta numa seqüência de rendas líquidas ou economias de custo (sinais positivos). Essa situação normalmente leva a uma única solução.

Entretanto, se ocorrer mais que uma inversão no sinal surgirá outras taxas de retorno. Em álgebra, a regra de sinais de Descartes afirma que poderá haver tantas raízes positivas, quantas são as mudanças na direção do sinal do fluxo de caixa.

Para entender o problema, consideremos o fluxo de caixa a seguir.

diagrama de fluxo de caixa



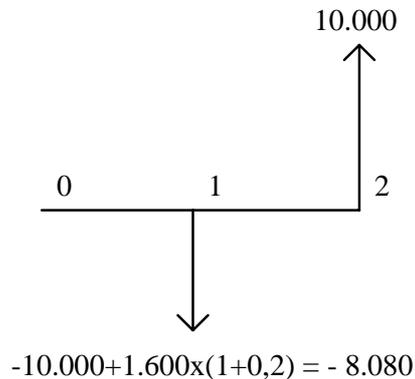
O equacionamento que permite o cálculo das taxas é:

$$0 = 1.600 - 10.000 \times (1+i)^{-1} + 10.000 \times (1+i)^{-2}$$

Resolvendo esta equação chega-se a dois resultados, o primeiro é $i = 25\%$ e o segundo é $i = 400\%$, que não apresentam significado econômico nenhum.

Uma resolução apropriada para este problema requer a consideração de uma taxa de juros auxiliar. Por exemplo, para o fluxo anterior considera-se que os \$1.600 do período 0 sejam reinvestidos a uma taxa auxiliar de 20% por um período. A taxa auxiliar pode ser a TMA. Desta forma o fluxo de caixa passará a ter apenas uma inversão de sinal, conforme se pode observar a seguir.

diagrama de fluxo de caixa



O equacionamento que permite o cálculo da taxa é:

$$0 = -8.080 + 10.000 \times (1+i)^{-1}$$

Resolvendo esta equação chega-se a apenas um resultado, sendo $i = 23,8\%$.

III.4 - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO SOB CIRCUNSTÂNCIAS ESPECÍFICAS

III.4.1 - Alternativas com vidas diferentes

Existem casos em que se torna necessário decidir entre propostas de investimento cujos horizontes de planejamento são diferentes. Por exemplo, considere a comparação entre duas propostas com duração estimadas de 6 e 12 anos. Como será aplicado o capital disponível depois do término do projeto mais curto, durante o período compreendido entre os termos de ambos os projetos?

A solução válida para este problema requer que todas as conseqüências das alternativas sejam levadas para um horizonte de planejamento comum. Supõe-se, por exemplo, que se admita a alternativa mais curta poder ser substituída ao fim de seis anos por uma outra idêntica.

O procedimento comumente adotado para o caso de vidas diferentes é o seguinte:

- Calcula-se o mínimo múltiplo comum das vidas das alternativas propostas;
- Repetem-se os fluxos tantas vezes até atingir este tempo.

Desta maneira comparam-se alternativas de diferentes durações numa base temporal uniforme. O método do valor anual uniforme implicitamente já considera a repetição do investimento, tornando desnecessária a utilização do procedimento mencionado.

EXEMPLO III.5 - Uma certa operação pode ser executada satisfatoriamente tanto pela máquina X como pela máquina Y. Os dados pertinentes às duas alternativas são os seguintes:

	MÁQUINA X	MÁQUINA Y
Custo inicial	\$ 6.000	\$ 14.000
Valor residual	0	20% do custo inicial
Vida de serviço em anos	12	18
Despesas anuais	\$ 4.000	\$ 2.400

Comparar as alternativas, pelo método do valor presente, supondo uma taxa mínima de atratividade de 12% ao ano.

III.4.2 - Existência de restrições financeiras

Pode-se lidar com alternativas que são mutuamente exclusivas no sentido que apenas uma, das várias alternativas disponíveis, é necessária para preencher uma dada função, todas as outras se tornam supérfluas. Outro tipo de exclusividade mútua refere-se ao caso em que uma ou mais das alternativas podem ser aceitas, mas, devido às limitações de capital, nem todas as alternativas podem ser aceitas. Chama-se ao primeiro caso de exclusividade mútua "Financeira".

Geralmente a cada ano as empresas elaboram uma relação de futuros investimentos, denominada "Orçamento de capital". Um fato que freqüentemente ocorre nestas ocasiões é a limitação de recursos para financiar todas as solicitações provenientes das diversas gerências. A existência de restrições financeiras coloca a alta administração diante da necessidade de selecionar aquele conjunto de alternativas, o pacote orçamentário, economicamente mais interessante, cuja demanda por recursos não supera o volume disponível.

EXEMPLO III.6 - Suponha que uma ou mais das propostas apresentadas na tabela a seguir podem ser aceitas porque não são tecnicamente equivalentes, isto é, cada uma desempenha função diferente.

Alternativa	Investimento inicial	Benefícios anuais	Valor presente	Taxa interna de retorno
A	10.000	1.628	1.982	10%
B	20.000	3.116	2.934	9%

C	50.000	7.450	4.832	8%
---	--------	-------	-------	----

SUPOSIÇÕES: a vida esperada de cada proposta é de 10 anos. O valor residual esperado de cada proposta é zero. A TMA é de 6% ao ano. O capital total disponível para o investimento é de \$ 75.000.

III.4.3 - Alternativas com vidas perpétuas

O valor presente de uma série anual uniforme perpétua é conhecido como custo capitalizado. Sabe-se que:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right]$$

Para n tendendo para o infinito:

$$P = \lim_{n \rightarrow \infty} A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right]$$

$$P = A \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{i} - \frac{1}{(1+i)^n \cdot i} \right]$$

$$P = A \cdot \frac{1}{i}$$

EXEMPLO III.7 - Seja um apartamento que possua as seguintes características:

- investimento inicial = \$ 100.000;
- vida do projeto = infinita;
- valor mensal de aluguel menos gastos do proprietário = \$ 650;
- TMA = 1% ao mês.

Calcular o Valor Econômico do Apartamento na data zero.

Verificar a viabilidade do investimento.

III.5 - PROBLEMAS PROPOSTOS

1) Numa análise das oportunidades para redução de custos efetuada pelo departamento de transporte de uma usina siderúrgica foi detectada a possibilidade de atingir-se tal objetivo, substituindo-se o uso de caminhões alugados, para transporte de produtos em processamento na área de laminação, por conjunto de tratores e carretas.

Se implementada a modificação, deverá haver uma redução anual de despesas da ordem de \$ 350.000 correspondentes ao aluguel pago pelo uso de caminhões.

Um estudo de simulação realizado determinou a necessidade de adquirirem-se dois tratores e cinco carretas, totalizando um investimento de \$ 350.000.

Os custos de mão de obra, combustível e manutenção foram estimados em \$ 200.000 no primeiro ano, aumentando anualmente \$ 5.000, devido à elevação do custo de manutenção, proporcionado pelo desgaste dos veículos.

Considerando-se a TMA da empresa igual a 8% ao ano, verificar a viabilidade da preposição, levando-se em conta que a vida econômica estimada para os equipamentos foi de cinco anos com valor residual nulo.

2) Determinada indústria pretende comprar uma máquina que custa \$43.400 e estimou o seguinte fluxo de caixa:

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3. 13

ANOS	0	1	2	3	...	8	9	10
Valores	-43.400	10.000	9.000	8.000	...	3.000	2.000	11.000

Há uma previsão de aumento de lucro de \$ 10.000 ao final do primeiro ano, \$ 9.000 no segundo e assim sucessivamente. Ao final de 10 anos o equipamento poderá ser vendido por \$ 10.000. Admitindo uma TMA de 6% ao ano, especifique as equações que permitam, com auxílio das tabelas, calcular o valor presente líquido do fluxo de caixa.

3) Duas escavadeiras estão sendo consideradas para a compra por uma empresa construtora, a GIANT e a TROJAN. Ambas tem capacidade requerida, mas a GIANT é considerada mais

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.14

maciça que a TROJAN e acredita-se que terá vida mais longa. As estimativas dos aspectos que serão influenciados pela escolha são as seguintes:

	TROJAN	GIANT
Custo inicial da entrega	\$40.000	\$60.000
Custo de manutenção no primeiro ano	\$8.000	\$5.000
Acréscimo anual no custo de manutenção durante a vida da máquina	\$800	\$400
Vida econômica	4 anos	6 anos
Valor residual	\$4.000	\$6.000

A máquina TROJAN requererá uma revisão custando \$ 5.000 ao final do segundo ano. A máquina GIANT requererá uma revisão custando \$ 4.000 ao final do terceiro ano. Compare os valores presentes usando uma TMA de 15% ao ano.

4) Resolver o problema anterior pelo critério do valor anual uniforme.

5) Planeja-se construir um edifício de 3 andares. É esperado que alguns anos mais tarde, mais 3 andares deverão ser construídos. Dois projetos foram feitos:

Projeto A: é um projeto convencional para um edifício de 3 andares. O custo é de \$ 420.000.

Projeto B: projeto para 6 andares, mas serão construídos somente 3, por enquanto. O custo inicial deste projeto é de \$490.000.

Com o projeto **A** serão gastos \$500.000 para aumentar mais 3 andares numa data futura.

Com o projeto **B** se gastará somente \$400.000 pelo aumento de mais 3 andares.

A vida dos edifícios é de 60 anos, com valor residual nulo.

Os custos de manutenção serão \$1.000 por ano mais barato no projeto **B** que no projeto **A**, durante 60 anos. Outras despesas anuais, inclusive seguro, serão as mesmas para os dois projetos. Com taxas de descontos de 3% ao ano, qual a data do aumento de mais 3 andares que justifica a escolha do projeto **B**?

6) Uma empresa está considerando dois planos alternativos para a construção de um muro ao redor de sua nova fábrica. Uma cerca como um "galinheiro" de aço galvanizado requer um custo inicial de \$ 35.000 e custos anuais estimados de manutenção de \$300. A vida esperada é de 25 anos. Uma parede de concreto requer um custo inicial de apenas \$ 40.000, mas necessitará

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.17

reparos pequenos a cada 5 anos a um custo de \$ 1.000 e reparos maiores a cada 10 anos a um custo de \$ 5.000. Supondo-se uma taxa de juros de 10% ao ano, e uma vida perpétua, determinar:

- a) o valor presente dos dois planos;
- b) o custo anual equivalente para os dois planos.

7) Os projetos **X** e **Y** são duas propostas mutuamente exclusivas. O projeto **X** requer um investimento presente de \$ 250.000. As receitas anuais estimadas para 25 anos são de \$ 88.000. As despesas anuais estimadas, sem o imposto de renda, são \$ 32.000. O imposto de renda anual estimado é de \$ 24.000. O projeto **Y** requer um investimento presente de \$ 350.000. As receitas

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.18

anuais estimadas para 25 anos são de \$ 100.000. As despesas anuais estimadas, sem o imposto de renda são \$ 40.000. Imposto de renda anual estimado: \$ 24.000. Em cada projeto é estimado um valor residual de \$ 50.000 ao final dos 25 anos. Assumindo uma TMA depois do imposto de renda de 9% ao ano, faça os cálculos necessários para determinar qual dos projetos é recomendado pelo critério da taxa interna de retorno.

8) Elabore o gráfico: valor presente X taxa de desconto, e comente a respeito.

9) Um fabricante de peças está analisando uma modificação em seu processo de produção. Duas alternativas estão em consideração, sendo que ambas exigem a realização de inversões, resultando, em contrapartida, em redução dos atuais custos de produção. Cada uma das alternativas apresenta as seguintes características:

	Alternativa A	Alternativa B
custo inicial	\$ 10.000	\$ 15.000

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3. 20

redução anual de custos	\$ 2.400	\$ 2.700
valor residual	nulo	nulo
vida econômica	8 anos	8 anos

A alternativa **A** exigirá, contudo, após 5 anos de utilização, uma inversão adicional de \$ 5.000 destinada a promover uma modificação no projeto original.

Sendo o custo do capital para a empresa igual a 7% ao ano, verificar qual das alternativas é mais atrativa. Utilizar o método da taxa interna de retorno e admitir que, para fazer face ao desembolso no quinto ano de operação da alternativa **A**, será constituído um fundo de reserva a partir da capitalização de depósitos anuais iguais durante os cinco anos, a uma taxa de 10% ao ano.

10) Uma empresa está considerando a compra de um pequeno computador para seu departamento de pesquisas. Várias alternativas mutuamente exclusivas estão em estudo. As estimativas relativas a cada uma são:

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3. 21

Computador	Custo inicial do computador \$	Valor residual estimado \$	Economia anual líquida resultante do novo computador X condições existentes
A	280.000	240.000	46.000
B	340.000	280.000	56.000
C	380.000	310.000	62.000
D	440.000	350.000	72.000

A empresa pretende manter o computador durante 10 anos, época em que será vendido.

Se a TMA é de 15% ao ano, usar o método do valor presente para determinar que alternativa deve ser escolhida.

11) Usar o método da taxa de retorno para selecionar dentre as alternativas descritas no problema 10.

12) Um superintendente está estudando as seguintes propostas de investimentos que foram recebidas dos departamentos (E) produção, (F) controle da qualidade e (G) expedição:

Proposta	Investimento inicial (\$)	Excesso anual de recebimentos sobre despesas (\$)
----------	---------------------------	---

Capítulo 3 – Análise de Alternativas de Investimento 3.23

E1	2.000	275
E2	4.000	770
F1	4.000	1.075
F2	8.000	1.750
G1	4.000	1.100

As propostas E1 e E2 são mutuamente exclusivas por razões técnicas; F1 e F2 são também mutuamente exclusivas. Cada uma das alternativas tem vida esperada de 10 anos e valor residual zero. A firma adota uma TMA de 10% ao ano.

- a) Que propostas devem ser recomendadas se o capital para o investimento for ilimitado?
- b) Que propostas devem ser recomendadas se apenas \$ 14.000 estiverem disponíveis para novos investimentos?