

**PEA 3100**

**Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade**

## **Aula 6: Avaliação Econômica**

# Avaliação Econômica

Cálculo de **Indicadores de Mérito** que permitem avaliar a atratividade econômica das alternativas e compará-las com outras alternativas tanto de usos finais como de geração de energia :

Alguns índices de mérito:

- Valor presente líquido (VPL)
- Tempo de retorno simples ( payback simples)
- Tempo de retorno descontado ( payback descontado)
- Custo da energia conservada ( R\$/kWh)
- Taxa interna de retorno (TIR)

**Estudo de caso:** Geladeira eficiente X geladeira convencional

# Exercício

## **ESTUDO DE CASO** *Refrigerador Eficiente e Convencional*

### **Dados dos Refrigeradores Eficiente e Convencional**

<i><b>Tecnologia</b></i>	<i><b>Convencional</b></i>	<i><b>Eficiente</b></i>
Potência [W]	500	350
Consumo médio [kWh/ano]	1277	895
Preço [\$]	1.100,00	1.500,00
Tarifa de Energia [R\$/kWh]	0,250	0,250
Vida útil [anos]	15	15

# Valor presente líquido

Compara todas as entradas (Recebimentos: valores positivos) e saídas (Pagamentos: valores negativos) de dinheiro ao longo da vida útil do projeto (ou equipamento) na data inicial do projeto, descontando todos os capitais do fluxo de caixa na taxa de juro (desconto)  $i$ ;

$$VPL = -I + \sum_{k=1}^n \frac{R_k - C_k}{(1+i)^k}$$

VPL – Valor presente líquido (R\$)

I – Investimento na compra do equipamento (R\$)

$C_k$  – Custos anuais (Ex: Possível custo com manutenção) – valores negativos

$R_k$  – Receitas anuais ( Ex: Economia na conta de energia) - valores positivos

$R_k - C_k$  – fluxo de caixa anual

$i$  - Taxa de desconto ou juros – valor do dinheiro no tempo (TMA)

$n$  – vida útil do equipamento – EX: 15 anos

Um VPL positivo significa que o investimento foi recuperado antes do término da vida útil do equipamento remunerando também aquilo que teria sido ganho caso fosse aplicado o dinheiro em alguma aplicação rendendo a TMA ( Taxa mínima de atratividade ( $i$ ))

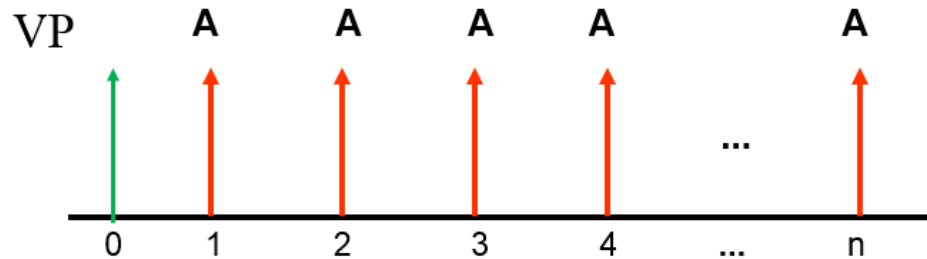
# Valor presente líquido – continuação

Sendo  $C_k - R_k = A = \text{constante}$

$$VPL = -I + \sum_{k=1}^n \frac{R_k - C_k}{(1+i)^k} \longrightarrow VPL = -I + \frac{A}{FRC(i, n)}$$

ou

FRC – Fator de Recuperação de Capital



$$FRC(i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$V_p = \frac{A}{FRC(i, n)}$$

Vp = Valor presente das diferenças anuais entre receita ( benefícios ) e custos

# Cálculo do VPL do exemplo:

## Fase: Ex-post

I – Investimento com a troca – 1500 R\$

n = 15 anos

i = 10%

Tarifa = 0,250 R\$/kWh

Consumo do refrigerador eficiente = 895 kWh/ano

Consumo do refrigerador ineficiente = 1277 kWh/ano

Custo anual de manutenção = 0 R\$ (supondo que a geladeira nesse período não vai apresentar problema)

$$VPL = -I + \frac{A}{FRC(i, n)}$$

Cálculo de A = (1277 – 895 )kWh x 0,250 R\$/kWh – 0 R\$ (custo anual de manutenção)  
= 95,5R\$.

$$FRC(i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \rightarrow FRC = 0,13145 \quad VPL = - 1500R\$ + 95,5 / 0,13145 = - 773,488 R\$$$

**VPL < 0** : significa que o investimento na troca do refrigerador não será totalmente recuperado até o final de sua vida útil. Ou em outras palavras, o dinheiro gasto com o aparelho novo obterá uma taxa de retorno menor que o retorno mínimo exigido (TMA)

# Tempo de retorno simples - PBS

Determina o tempo necessário de recuperação do investimento sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

Fase de projeto:

$$PBS = \frac{C_{iv,ef} - C_{iv,cv}}{C_{en,cv} - C_{en,ef}} = \frac{C_{iv,ef} - C_{iv,cv}}{T_{en} \cdot (E_{cv} - E_{ef})}$$

Fase ex-post:

$$PBS = \frac{C_{iv,ef}}{C_{en,cv} - C_{en,ef}} = \frac{C_{iv,ef}}{T_{en} \cdot (E_{cv} - E_{ef})}$$

Sendo:

$C_{iv,ef}$ ;  $C_{iv,cv}$  - Investimento na alternativa eficiente e convencional respectivamente (R\$)

$C_{en,cv}$ ;  $C_{en,ef}$  – Despesa anual (R\$) da energia consumida pela fonte convencional e eficiente respectivamente.

$T_{en}$  – tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)

$E_{cv}$ ,  $E_{ef}$  – consumo de energia elétrica da alternativa convencional e eficiente respectivamente (kWh)

## Cálculo do tempo de retorno simples do exemplo:

### a) Fase de projeto

$$PBS = \frac{(1500 - 1100)R\$}{0,250R\$ / kWh \times (1277 - 895)kWh / ano} = 4,18anos$$

### b) Fase Ex-post

$$PBS = \frac{(1500)R\$}{0,250R\$ / kWh \times (1277 - 895)kWh / ano} = 15,7anos$$

**Ou seja:** PBS ex-post > Vida útil do refrigerador

PBS fase de projeto < vida útil do refrigerador que é de 15 anos

PBS Ex-post > PBS fase de projeto



# PBD (Payback descontado)

Pelo payback simples, se investirmos 100R\$ e recuperarmos apenas os 100 R\$ depois de três anos , o payback simples teria sido de três anos, entretanto é obvio que o projeto (investimento) ainda não se pagou, porque nunca é vantajoso trocar um valor hoje, pelo mesmo valor no futuro.

Por isso devemos utilizar o **payback descontado** , onde leva-se em consideração uma taxa de juros para trazer o fluxo de caixa a valor presente.

**No caso do refrigerador:**

Verifica-se que dentro do período de vida útil do equipamento, o investimento não é recuperado com a economia na conta de energia.

Investimento recuperado = 1500 R\$ - 773,619 R\$ = 726, 81 R\$

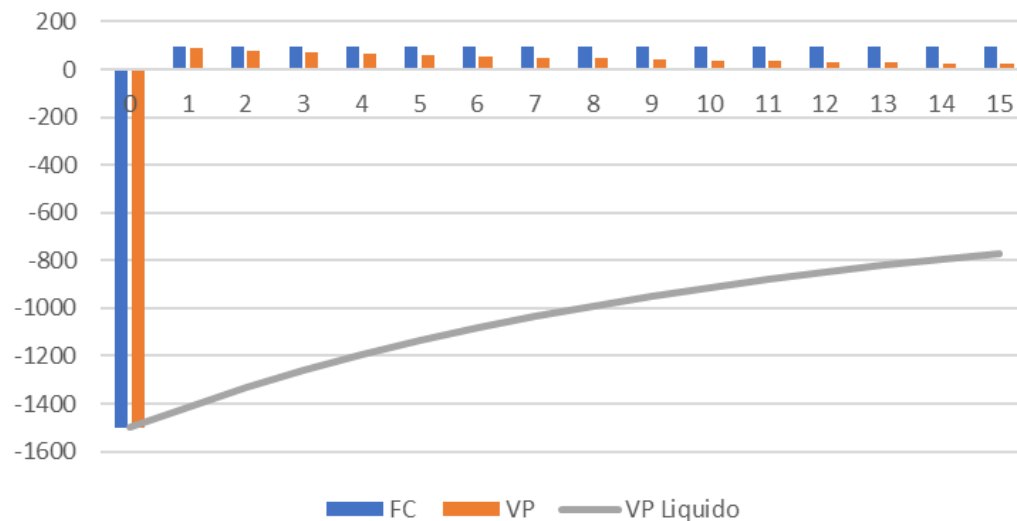
I = 1500 R\$

A =  $R_k - C_k = 95,5$  R\$

i = 10%

n = 15 anos

Valor Presente



n	FC	VP	VP acumulado
0	-1500	-1500	-1500
1	95,5	86,81818	-1413,181818
2	95,5	78,92562	-1334,256198
3	95,5	71,75056	-1262,505635
4	95,5	65,22778	-1197,27785
5	95,5	59,29799	-1137,979864
6	95,5	53,90726	-1084,072603
7	95,5	49,0066	-1035,066003
8	95,5	44,55145	-990,5145481
9	95,5	40,50132	-950,0132255
10	95,5	36,81938	-913,1938414
11	95,5	33,47217	-879,721674
12	95,5	30,42924	-849,2924309
13	95,5	27,66295	-821,6294826
14	95,5	25,14813	-796,4813479
15	95,5	22,86194	-773,6194071

# PBD (Payback descontado)

Pelo payback simples, se investirmos 100R\$ e recuperarmos apenas os 100 R\$ depois de três anos , o payback simples teria sido de três anos, entretanto é obvio que o projeto (investimento) ainda não se pagou, porque nunca é vantajoso trocar um valor hoje, pelo mesmo valor no futuro.

Por isso devemos utilizar o **payback descontado** , onde leva-se em consideração uma taxa de juros para trazer o fluxo de caixa a valor presente.

No caso do refrigerador:

Agora considerando a diferença dos investimentos:

I = 400 R\$

A = R<sub>k</sub> – C<sub>k</sub> = 95,5 R\$

i = 10%

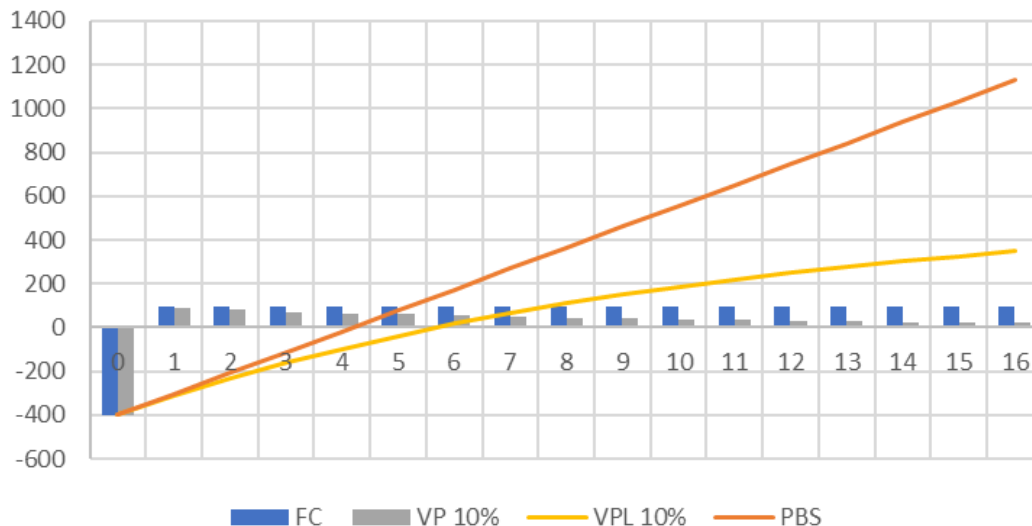
n = 15 anos

0 = - 400 + 95,5/ FRC(0,10 ,PBD)

PBD = entre 5 e 6 anos

$$FRC(i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

VPL (Diferença dos investimentos)



n	FC	PBS	VP 10%	VPL 10%
0	-400	-400	-400	-400
1	95,5	-305	86,81818	-313,182
2	95,5	-209	78,92562	-234,256
3	95,5	-114	71,75056	-162,506
4	95,5	-18	65,22778	-97,2778
5	95,5	78	59,29799	-37,9799
6	95,5	173	53,90726	15,9274
7	95,5	269	49,0066	64,934
8	95,5	364	44,55145	109,4855
9	95,5	460	40,50132	149,9868
10	95,5	555	36,81938	186,8062
11	95,5	651	33,47217	220,2783
12	95,5	746	30,42924	250,7076
13	95,5	842	27,66295	278,3705
14	95,5	937	25,14813	303,5187
15	95,5	1033	22,86194	326,3806
16	95,5	1128	20,78358	347,1642

## CUSTO DA ENERGIA ECONOMIZADA (CONSERVADA)

Razão entre o investimento para a aquisição da tecnologia eficiente e a diferença entre o consumo anual de energia das tecnologias eficiente e convencional.

Fase de projeto

$$CEE = FRC(i, n) \cdot \left( \frac{C_{iv,ef} - C_{iv,cv}}{E_{cons,cv} - E_{cons,ef}} \right) [R\$ / kWh]$$

Fase de operação: ex- post

$$CEE = FRC(i, n) \cdot \left( \frac{C_{iv,ef}}{E_{cons,cv} - E_{cons,ef}} \right) [R\$ / kWh]$$

## Exemplo do refrigerador : CÁLCULO DO CUSTO ANUAL DA ENERGIA CONSERVADA ( R\$/kWh)

$$FRC(i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Para  $i=10\%$  e Vida útil=15 anos       $FRC= 0,131$

### a) Fase de projeto

$$CEE = 0,131 \cdot \left[ \frac{(1500 - 1100)R\$}{(1277 - 895)kWh} \right] = 0,137 [R\$ / kWh]$$

### b) Fase Ex-post

$$CEE = 0,131 \cdot \left[ \frac{(1500)R\$}{(1277 - 895)kWh} \right] = 0,514 [R\$ / kWh]$$

**Ou seja:** Investir na troca do refrigerador na fase ex-post o custo da energia conservada é maior que a tarifa de energia usada no exemplo que é de 0,250 R\$/kWh

## **Custo de geração de energia de algumas fontes de eletricidade**

**Valores típicos : R\$/MWh**

**A título de comparação**

<b>Alternativas</b>	<b>Custo de geração – R\$/MWh</b>
<b>Hidroelétrica</b>	50- 150
<b>Termelétrica</b>	140 - 1500
<b>Eólica</b>	90-120
<b>Solar Fotovoltaica</b>	500

A estes custos são incorporados o custo do transporte de energia elétrica + impostos e encargos para se obter a tarifa de energia cobrada do consumidor.

# TAXA INTERNA DE RETORNO

É definida como a taxa pela qual um investimento em algum projeto é recuperado por meio dos rendimentos auferidos pelo projeto. A **TIR** representa, por este motivo, a taxa de desconto que iguala os fluxos de entrada com os de saídas do fluxo de caixa. **Em outras palavras é a taxa que gera um valor presente líquido (VPL) para o projeto analisado igual a zero.**

$$-I + \sum_{k=1}^n \frac{R_k - C_k}{(1 + \text{TIR})^k} = 0$$

Se a **TIR** for maior que a taxa mínima de atratividade ( $i$ ), o investimento é aceito: caso contrário rejeita-se.

No caso de projetos de investimento em conservação de energia, se a  $\text{TIR} < i$ , o investidor poderá auferir maiores rendimentos em outros tipos de aplicações.

## Exemplo:

Um projeto apresenta investimento de R\$ 325.000,00 ocorridos na data zero. Considerando um prazo de análise de 05 anos, um fluxo de caixa anual de R\$ 90.000,00 (  $R_k - C_k$  ) , e uma taxa mínima requerida de 10% , ao ano, decida se o projeto deve ser aceito ou não.

Fluxo de caixa :

Ano	FC
0	- 325.000,00
1	90.000,00
2	90.000,00
3	90.000,00
4	90.000,00
5	90.000,00

Para fazer o cálculo, basta montar uma tabela como a de cima no Excel e usar a função TIR ( ) , selecionando todos os fluxos de caixa ( incluindo o investimento inicial) nos parâmetros da função.

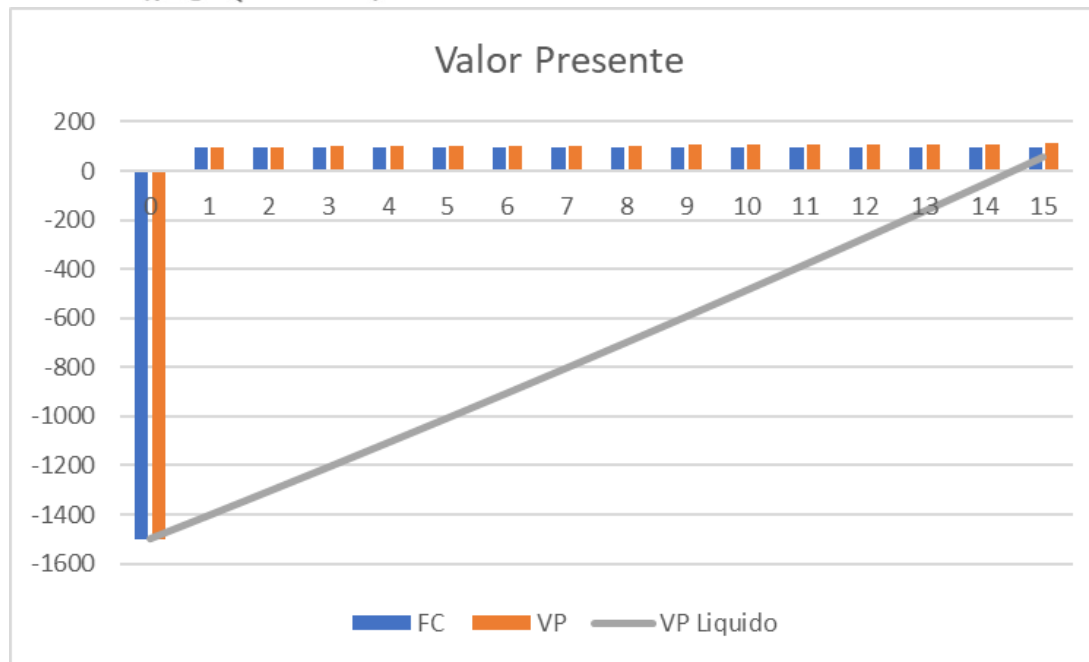
Fazendo isto, obtém-se a TIR de 11, 93 % . Ou seja, ao analisarmos a viabilidade desse projeto apenas pela TIR, este investimento seria aprovado pois a TIR é maior que a taxa mínima de atratividade (TMA – 10% no caso) requerida pelo investidor.

## No exemplo do refrigerador

$I = -1500\text{R\$}$ ;  $A = R_k - C_k = 95,5 \text{ R\$}$  (fluxo de caixa)

\* Foram considerados 15 fluxos de caixa devido à vida útil do refrigerador

$$-I + \sum_{k=1}^n \frac{R_k - C_k}{(1 + \text{TIR})^k} = 0 \longrightarrow \text{TIR} = -1\% \longrightarrow$$



n	FC	VP	VP Líquido
0	-1500,00	-1500,00	-1500,00
1	95,50	96,46	-1403,54
2	95,50	97,44	-1306,10
3	95,50	98,42	-1207,67
4	95,50	99,42	-1108,26
5	95,50	100,42	-1007,83
6	95,50	101,44	-906,40
7	95,50	102,46	-803,94
8	95,50	103,50	-700,44
9	95,50	104,54	-595,90
10	95,50	105,60	-490,30
11	95,50	106,66	-383,64
12	95,50	107,74	-275,90
13	95,50	108,83	-167,07
14	95,50	109,93	-57,14
15	95,50	111,04	53,90

**Observação:** Não é possível zerar o valor do refrigerador com 15 FC de R\$95,5. Uma taxa de desconto negativa significaria um incremento do *valor presente* de cada parcela. Na vida real não é comum o uso de taxas negativas, uma vez que isto significa *perda*. Este conceito é pouco usado e se limita às políticas públicas.



## **Conclusão:**

Ações e políticas de eficiência energética possuem seus focos onde estão os principais potenciais de ganhos. Em geral o consumo de energia está concentrado em relativamente poucos setores, onde determinadas ações podem levar a vantagens consideráveis.

Alguns dos principais setores/ usos finais:

**☐ Geração de eletricidade e cogeração de energia em pequena escala**

**☐ Calor industrial e motores elétricos estacionários**

**☐ Iluminação**

**☐ Refrigeração, ar condicionado e aquecimento de ambientes**

**☐ Cocção, principalmente com lenha**