

PEA 3100

Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade

Aula 5 - Usos Finais e  
Conservação de Energia  
(Aspectos técnicos e econômicos)



# Análise por usos finais

- Qual a finalidade da abordagem por usos finais?
- Como tornar uma instalação mais eficiente?
- Avaliação econômica de projetos de eficiência energética.
- Comparação entre alternativas

# Objetivo da análise por usos finais

**Determinar um conjunto de ações administrativas, tecnológicas e comportamentais que permitam obter ganhos de eficiência no uso da energia em uma dada instalação.**

A análise por usos finais **ex-post** é importante mas tem sua ação limitada. O momento de maior oportunidade de ganhos de eficiência está na **elaboração do projeto**.

# A análise por usos finais

- Estimativa da quantidade de energia consumida em cada uso final.
- Avaliação das tecnologias adotadas nos equipamentos de uso final
- Conhecimento dos custos e desempenho de equipamentos alternativos para cada uso final.
- Avaliação da oportunidade econômica de substituição da tecnologia utilizada em cada uso final.
- Definição de uma estratégia de substituição.
- Avaliação da oportunidade de adoção de ações de comunicação.

Uma ferramenta que permita chegar a um conjunto de tecnologias e técnicas de consumo e eficiência com o ***menor custo total.***

## GLD – Gerenciamento pelo lado da demanda

### Definição:

Conjunto de práticas a serem implementadas pelo lado da demanda com o objetivo de diminuir o consumo de energia e maximizar a eficiência energética.

Ex:

- Que atividades podem contribuir para a diminuição do pico de potência?
- Que atividades podem contribuir para diminuir o consumo de energia?
- Que atividades podem contribuir para reduzir os gastos com energia?

# Exemplo de alternativa pelo lado do uso final

- Um edifício composto de 20 salas de aulas deve passar por um processo de análise por usos finais.
  - Definição das etapas do processo – **diagnóstico energético**
    - Identificação e caracterização das cargas
    - Identificação das características de utilização da instalação
    - Identificação de oportunidades de atuação
    - Escolha de tecnologias alternativas
    - Identificação de ações de conscientização
    - Avaliação dos impactos das propostas ( técnico, econômico e, se possível ambiental e social)
    - Aferição dos resultados

# Exemplo...

- Tecnologia utilizada:
  - 24 luminárias (não reflexivas) com duas lâmpadas fluorescentes de 40W e reatores eletromagnéticos.
  - Acionamento único, por interruptor próximo à entrada da sala.
- Características do espaço
  - Espaço com janelas de um dos lados, com forte presença de iluminação natural.
  - Paredes e teto de cor clara.
  - Utilização diária, de segunda a sábado, no horário das 9h às 17h, com interrupção no período de almoço, das 12:30h às 14h.

# Avaliação Econômica

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

- Tempo de retorno simples ( PBS)
- Valor presente líquido (VPL)
- Custo da energia conservada ( R\$/kWh)

# Payback simples

Mede o prazo de recuperação do capital investido, ou seja, o PBS (*período de payback ou de retorno*).

## Exemplo – Fábrica de Refrigerantes

- Investimento: R\$ 2.000.000,00
  - compra e instalação de novos equipamentos e a realização de modificações nas instalações existentes.
- Benefícios: R\$ 650.000,00 por ano durante 5 anos de duração do projeto.

# Payback simples...

Período (anos)	Capitais (\$)	Acumulado (\$)
0	- \$ 2.000.000,00	-\$ 2.000.000,00
1	\$ 650.000,00	-\$ 1.350.000,00
2	\$ 650.000,00	-\$ 700.000,00
3	\$ 650.000,00	-\$ 50.000,00
4	\$ 650.000,00	\$ 600.000,00
5	\$ 650.000,00	\$ 1.250.000,00



3,08 anos

# Payback simples

Mede o prazo de recuperação do capital investido, ou seja, o PBS (*período de payback ou de retorno*).

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 nas alternativas eficiente e convencional respectivamente  
 $T_{en}$  - tarifa de energia elétrica  
 $E_{cv}$ ,  $E_{ef}$  - consumo de energia elétrica da alternativa convencional e eficiente respectivamente

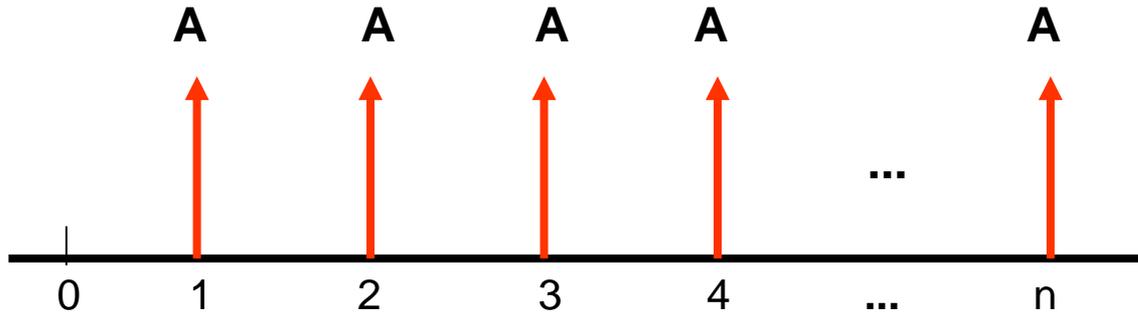
# Valor presente líquido

- Compara todas as entradas e saídas de dinheiro na data inicial do projeto, descontando todos os capitais do fluxos de caixa na taxa de juro  $i$ ;
- Necessita do cálculo do fator de recuperação do capital  $FRC(i,n)$ , que permite trazer uma série constante de pagamentos ao valor presente.

# Valor presente líquido...

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

# Fator de recuperação do capital



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

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

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

$$VPL = -I + V_p$$

# Custo da Energia Economizada

Relação entre o investimento para a aquisição da tecnologia eficiente e a diferença do consumo periodizado de energia entre as tecnologias eficiente e convencional. O CEE deve ser comparado com a Tarifa da EE e o custo de Geração de Energia

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

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

## **Custo de geração de energia de algumas fontes de eletricidade – Valores típicos : R\$/MWh**

<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

# Mínimo Custo Global (MCG)

Aplicar para o Equipamento Eficiente e o Convencional e Comparar para adotar o menor

$$C_{global} = C_{inv} + \frac{C_{anual}}{FRC(i,n)} = C_{inv} + C_{anual} * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

# Exercício

## ESTUDOS DE CASO

### *Refrigerador Eficiente e Convencional*

#### Dados dos Refrigeradores Eficiente e Convencional

<b><i>Tecnologia</i></b>	<b><i>Convencional</i></b>	<b><i>Eficiente</i></b>
Potência [W]	500	350
Consumo médio [kWh/ano]	1277	895
Preço [\$]	1.100,00	1.500,00
Tarifa de Energia [R\$/kWh]	0,380	0,380
Vida útil [anos]	15	15

Taxa de juros – 12% ao ano

# Exercício – solução PBS

$$PBS = \frac{C_{iv,ef} - C_{iv,cv}}{C_{en,cv} - C_{en,ef}} = \frac{C_{iv,ef} - C_{iv,cv}}{T_{en} \cdot (E_{cv} - E_{ef})} \quad PBS = \frac{1.500,00 - 1.100,00}{0,380 \cdot (1277 - 895)} = 2,76 \text{ anos}$$

Tempo de amortização = 2,8 anos. Como a vida útil do refrigerador eficiente é de 15 anos, é justificável para o consumidor comprar o refrigerador eficiente.

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

$$PBS = 1500,00 / 0,38 \cdot (1277 - 895) = 10,33$$

**Mesmo a troca do refrigerador (ex-post) apresenta viabilidade pois o tempo de amortização é pouco maior que 10 anos**

# Exercício – solução VPL(ex-post)

A análise empregando o VPL desconta dos custos do investimento no equipamento eficiente (ano 0) os valores presentes da energia economizada por ano (  $A$  =constante) durante os 15 anos de sua vida útil, ou seja:

$$\text{VPL} = -I + \underset{15}{V_p} \text{ com } \underset{15}{V_p} = \frac{A}{FRC(i, n)} \quad FRC(i, n) = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$FRC = 0,12 (1,12) / (1,12) - 1 = 0,146$$

$$A = 0,38 \text{ R\$/kwh} (1277 \text{ kwh} - 895 \text{ kwh}) = 145,16 \text{ R\$/ano}$$

$$\text{VPL} = - 1500,00 \text{ R\$} + 145,16 \text{ R\$ por ano} / 0,146 = - 505,75 \text{ R\$}$$

Ou seja, o custo do refrigerador eficiente não foi recuperado!

Não é um bom negócio ! (no caso de troca do refrigerador por um eficiente, que só entra o custo de investimento do eficiente)

# Custo da Energia Economizada

O CEE deve ser comparado com a Tarifa da EE e o custo de Geração de Energia

Fase de projeto

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

$$CEE = 0,146 \cdot (1500 - 1100) / (1277 - 895) = 0,153 \text{ R\$/Kwh} = 153 \text{ R\$/Mwh}$$

Fase de operação

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

$$CEE = 0,146 \cdot 1500 / (1277 - 895) = 0,573 \text{ R\$/Kwh} = 573 \text{ R\$/Mwh}$$

# Exercício – solução MCG

A solução é dada pelo mínimo custo global (MCG), na qual são somados os custos de investimento (ano 0) e os valores presentes dos custos (constantes) de consumo (anos 1 a 15), ou seja:

$$C_{global} = C_{inv} + \frac{C_{anual}}{FRC(i, n)} = C_{inv} + C_{anual} * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

Qual refrigerador teria o menor custo global, considerando-se uma taxa de retorno de 12 % ao ano?

# Exercício – solução MCG

Assim, para os refrigeradores convencional e eficiente, têm-se:

$$C_{global}^{convencional} = 1100 + 0,38 * 1277 * \frac{(1,12)^{15} - 1}{0,12 * (1,12)^{15}} = R\$ 4.405,04$$

$$C_{global}^{eficiente} = 1500 + 0,38 * 895 * \frac{(1,12)^{15} - 1}{0,12 * (1,12)^{15}} = R\$ 3.816,38$$

Portanto, o custo global do refrigerador eficiente é menor do que o custo global do refrigerador convencional, considerando-se uma vida útil de 15 anos e taxa de retorno de 12 % ao ano.

## 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:

- **Geração de eletricidade e cogeração de energia em pequena escala**
- **Calor industrial e motores elétricos estacionários**
- **Iluminação, em especial lâmpadas incandescentes**
- **Refrigeração, ar condicionado e aquecimento de ambientes**
- **Cocção, principalmente com lenha**