PME 3502 - DESEMPENHO TERMO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

Análises de estratégias de redução de consumo de energia (3/3)

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Custo de Energia vs. Consumo de Energia

- Redução de consumo de energia é ótimo mas melhor é também economizar dinheiro
- Conversão de consumo de energia em custos de energia
  - Tarifas
  - Combustíveis diferentes
- Avalição das MEEs com base na redução de custo de energia

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação de Energia Elétrica

- Custo de Energia: R$/kWh
  - Custo do consumo de energia
  - Reflete o custo da produção de energia
  - Varia em função do horário do dia
  - Varia com o nível de uso
- Custo de Demanda : R$/kW/mês
  - Custo do uso do pico de potência
  - Reflete o custo de capacidade de geração
  - Varia mensal

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação Horo Sazonal

- Grupo A (alta e média Tensão, superior a 2.300 Volts) onde:
- Alta Tensão = 88 kV ou mais
- Média Tensão = 2,3 kV até 69 kV
- Tarifação binômia, consumo (kWh) e demanda (kW)
- A1 - 230 kV ou mais
- A2 - 88 kV a 138 kV
- A3 - 69 kV
- A3a - 30 kV a 44 kV
- A4 - 2,3 kV a 25 kV
- AS - Baixa Tensão (enquadramento tarifário)

Grupo B (Baixa Tensão - inferior aos 2.300 Volts);
Tarifação monômia, consumo (kWh).
B1 - Residencial
B2 - Rural
B3 - Demais Classes
B4 - Iluminação PúblicaCusto de Energia: R$/kWh

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação Horo Sazonal

Modalidade Tarifária - Tarifa Azul

Horários do dia	Faturamento de Maio a Novembro(Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril(Período Úmido)
Ponta - 3 horas		
(17h30 às 20h30)	consumo - ponta seca demanda - ponta seca	consumo - ponta úmida demanda - ponta úmida
Fora de ponta (21h restantes)	consumo fora de ponta seca demanda fora de ponta seca	consumo fora de ponta úmida demanda fora de ponta úmida

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação Horo Sazonal

Modalidade Tarifária - Tarifa Verde

Horários Do dia	Faturamento de Maio a Novembro(Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril(Período Úmido)
Ponta - 3 horas (17h30 às 20h30)	consumo ponta seca	consumo ponta úmida
Fora de ponta (21h restantes)	consumo fora de ponta seca	consumo fora de ponta úmida
todo o dia(24 horas)	demanda única	

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação Horo Sazonal

Tarifas aplicadas a clientes em Alta e Média Tensão de fornecimento - Grupo A

MODALIDADE TARIFÁRIA	SUBGRUPOS					
	A2 (88 a 138kV)			A3a (30 a 44kV)		
	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa de Energia (TE)	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa de Energia (TE)
	Demanda (R$/kW)	Energia (R$/kWh)	Energia (R$/kWh)	Demanda (R$/kW)	Energia (R$/kWh)	Energia (R$/kWh)
TARIFA HORÁRIA AZUL						
PONTA	9,81	0,04575	0,41154	17,36	0,05728	0,41154
FORA PONTA	6,86	0,04575	0,25808	11,17	0,05728	0,25808
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA PONTA	19,62	-	-	34,72	-	-
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA FORA PONTA	13,72	-	-	22,34	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,27087	-	-	0,27087
TARIFA HORÁRIA VERDE						
PONTA	-	-	-	11,17	0,47503	0,41154
FORA PONTA		-	-		0,05728	0,25808
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA	-	-	-	22,34	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	-	-	-	0,27087

Tarifas aplicadas a clientes em Alta e Média Tensão de fornecimento - Grupo A

MODALIDADE TARIFÁRIA	SUBGRUPOS					
	A4 (2,3 a 25kV)			AS (Subterrâneo)		
	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa Energia (TE)	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa de Energia (TE)
	Demanda (R$/kW)	Energia (R$/kWh)	Energia (R$/kWh)	Demanda (R$/kW)	Energia (R$/kWh)	Energia (R$/kWh)
TARIFA HORÁRIA AZUL						
PONTA	17,36	0,05728	0,41154	32,16	0,08049	0,41154
FORA PONTA	11,17	0,05728	0,25808	21,02	0,08049	0,25808
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA PONTA	34,72	-	-	64,32	-	-
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA FORA PONTA	22,34	-	-	42,04	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,27087	-	-	0,27087
TARIFA HORÁRIA VERDE						
PONTA	11,17	0,47503	0,41154	21,02	0,85469	0,41154
FORA PONTA		0,05728	0,25808		0,08049	0,25808
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA	22,34	-	-	42,04	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,27087	-	-	0,27087

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Tarifação Horo Sazonal

- Bandeira Verde: Sem valor adicional cobrado na conta de luz
- Bandeira Amarela: R$ 0,010/(kWh) consumido
- Bandeira Vermelha:
  - Patamar 1 (bandeira rosa): R$ 0,030/(kWh) consumido
  - Patamar 2: R$ 0,050/(kWh) consumido

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Determinação da Efetividade de Custo

- Tecnologias para redução de consumo devem ser analisadas
  - Viabilidade técnica
  - Comparação de diferentes tecnologias passíveis de aplicação
- Análise econômica
  - Custo inicial, operação, manutenção, reparos, vida útil, inflação, juros, …
- Métodos mais comuns
  - Retorno simples
  - Valor presente
  - Taxa interna de Retorno
  - Análise de Custo de Ciclo de Vida

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Custos da Medidas de Eficiência Energética

- Custos ocorrem durante a vida da edificação
  - Investimento inicial, custos anuais de operação, manutenção, trocas
- Muitas vezes gastar dinheiro hoje para economizar amanhã
  - Resfriadores mais eficientes, mais isolamento, janelas mais eficientes, treinamento para as equipes de manutenção
- Como comparar os custos das diferentes estratégias na mesma base?

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Retorno Simples

- Quanto custa?
- Quanto vai economizar?
- Quão rápido será o retorno do investimento?

$$\text{Retorno simples} = \frac{\text{Custo inicial}}{\text{Valor economizado}}$$

Desvantagens

- Não considera custos de manutenção e trocas no futuro
- Não considera inflação e os outros custos monetários
- Não considera o custo do dinheiro (juros)

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Custos mais comuns

Custos presentes não recorrentes:

- Compras, instalação, custos de projeto

Custos futuros não recorrentes (ou não frequentes)

- Troca de equipamentos, consertos, rejeitos

Custos futuros regulares

- Anuais ou mensais
- Energia, manutenção

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Cálculo de Valor Futuro

- Valor futuro F_n no ano n de uma quantia presente P com uma taxa de juros anual j

$$F_n = P \cdot (1 + j)^n$$

Cálculo de Valor Presente

- Valor presente P_N de uma série de N pagamentos anuais de valor A com uma taxa de juros j (operação, manutenção, energia)

$$P_N = \left[\frac{A}{1+j} + \frac{A}{(1+j)^2} + \frac{A}{(1+j)^3} + \cdots + \frac{A}{(1+j)^N}\right]$$

$$P_N = A\left[\frac{(1+j)^N - 1}{j \cdot (1+j)^N}\right]$$

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

- Identificação de alternativas
- Definição de hipóteses
- Avaliação de custos & benefícios
- Avaliação de alternativas
- Outros fatores

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

1) Identificação de alternativas

- Alternativas relacionadas a estratégias, produtos, sistemas
- Avaliação dos custos relacionados às alternativas
- No caso de edificações existentes, uma alternativas é “ não fazer nada”
- Identificação das alternativas A, B, C, etc

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

2) Definição de hipóteses

- Juros (j)
- Tempo para análise
- Valores a serem adotados para ganhos e perdas

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

3) Avaliação de custos & benefícios

Custos presentes não recorrentes:

Compras, instalação, custos de projeto

Custos futuros não recorrentes (ou não frequentes)

Troca de equipamentos, consertos, rejeitos

Custos futuros regulares

Anuais ou mensais

Energia, manutenção

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

4) Avaliação de Alternativas

- Conversão dos custos para valor presente
- Soma dos valores presentes para avaliar o valor presente do custo de ciclo de vida de cada alternativa
- A alternativa com o valor mínimo do custo de ciclo de vida é a opção mais adequada

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

5) Outros Fatores

- Riscos
  - Qual é a confiança nos custos estimados e hipóteses?
  - A confiança é a mesma para todas as alternativas?
  - Análise de sensibilidade

- Outros Custos
  - Produtividade ou absenteísmo
  - Manutenção dos condôminos ou valor de venda
  - Conforto e saúde dos ocupantes

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Figuras de Mérito

- Economias no ciclo de vida ou Valor presente líquido da economia
  - Diferença entre a situação de referência e a situação com alternativa implantada
  - O valor será positivo se a situação com alternativa implantada tem um valor de ciclo menor que a situação de referência
- Taxa interna de investimento
  - Valor do juros que iguala o valor de ciclo de vida de duas situações (economia zero do custo de ciclo de vida)
  - Uma situação alternativa é um bom investimento se o valor da taxa interna de investimento é maior que o esperado para outros investimentos

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Exemplo

- Avaliação da instalação de sistema de placas fotovoltaicas de 5 kW em residência que custará R$3,50/W da capacidade instalada
- Hipóteses:
  - N = 30 anos
  - Custos de energia elétrica R$0,10/kWh
  - Custos de energia aumenta com a inflação
  - Juros = 0,03
  - Cada W de placa instalada produz 1500 kWh/ano
  - Não há custo de manutenção

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Alternativas

- Referência : não realizar a instalação do sistema de placas fotovoltaicas
  - Custo de operação para 7.500 kWh/ano: R$750 com taxa de inflação anual para 30 anos
  - Avaliação do valor presente para custo de ciclo de vida anual
- Alternativa A: instalação do sistema sem incentivos fiscais
  - Investimento inicial : R$17.500
  - Valor presente = R$17.500
- Alternativa B: instalação do sistema com incentivo fiscal de 30%
  - Valor presente = (1-0,3)*R$17.500=R$12.250

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Valor Presente da Referência

- Valor presente do custo anual de energia elétrica com juro *j*

$$P_N = A\left[\frac{(1+j)^N - 1}{j \cdot (1+j)^N}\right]$$

$$P_N = 750\left[\frac{(1+0{,}03)^{30} - 1}{0{,}03 \cdot (1+0{,}03)^{30}}\right] = R\$14.700$$

Conclusão: só é viável a alternativa com incentivo fiscal

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Taxa interna de retorno : taxa de juros *j* para a qual o valor presente da referência é igual ao valor presente da alternativa

$$P_N = A\left[\frac{(1+j)^N - 1}{j \cdot (1+j)^N}\right]$$

$$12.250 = 750\left[\frac{(1+j)^{30} - 1}{j \cdot (1+j)^{30}}\right] \Rightarrow j = 0{,}045 = 4{,}5\% < 3\% \ (viável)$$

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Análise com Fluxo de Caixa

- Avaliação de economias futuras em comparação com o investimento inicial
  - Investimentos são fluxos de caixa negativos
  - Economias são fluxos de caixa positivos
- Análise de fluxo de caixa pode incorporar fluxos variáveis e juros
- A avalição da taxa interna de investimento é uma análise de fluxo interativa que determina a taxa de juros para a qual o fluxo de caixa é zero

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Exemplo de Análise de Fluxo de Caixa

Retrofit de sistema de climatização com vazão de ar constante

- Alternativa: troca por sistema de climatização com sistema de volume de ar variável com os seguintes dados:
  - Custo inicial: R$100.000 com economia de 450.000 kWh/ano para uma vida útil de 10 anos
  - Rejeito do sistema : R$500
  - Custo de energia elétrica: R$0,06/kWh
  - Taxa mínima de retorno de investimento: 10%
  - Qual é o fluxo de caixa e a taxa interna de investimento da alternativa (não inclui economias de demanda elétrica)

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

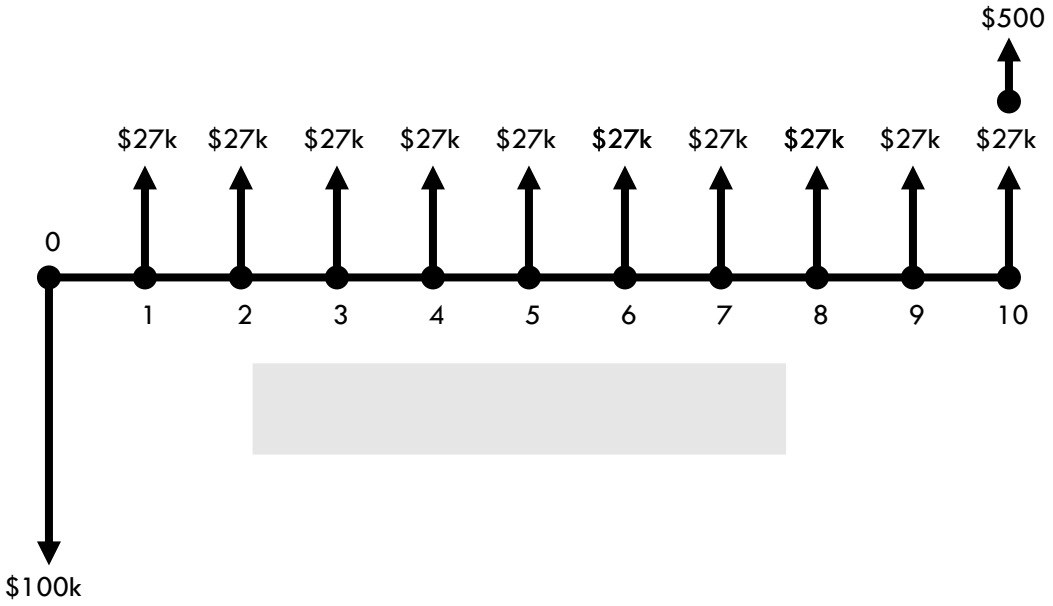
Análise de Custo de Ciclo de Vida

Exemplo de Análise de Fluxo de Caixa

Investimento inicial: R$100.000

Economia de energia: 450.000kWh/ano*R$0,06/kWh=R$27.000/ano

Rejeito : R$500 ao final dos 10 anos de vida útil



© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Exemplo de Análise de Fluxo de Caixa

Investimento inicial: R$100.000

Valor presente da economia de energia:

$$P_N = A\left[\frac{(1+j)^N - 1}{j \cdot (1+j)^N}\right] = 27.000 * \left[\frac{(1+0{,}1)^{10} - 1}{0{,}1 \cdot (1+0{,}1)^{10}}\right] = R\$165.903$$

Valor presente do rejeito:

$$F_n = P \cdot (1+j)^n = 500 * (1+0{,}01)^{10} = 552$$

Valor presente do fluxo de caixa=-100.000+165.903+552=66.455 (viável)

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor

Análise de Custo de Ciclo de Vida

Exemplo de Análise de Fluxo de Caixa

Taxa interna de investimento inicial

$$P_N = A\left[\frac{(1+j)^N - 1}{j \cdot (1+j)^N}\right] = 27.000 * \left[\frac{(1+j)^{10} - 1}{j \cdot (1+j)^{10}}\right] = R\$100.000 \Rightarrow j = 24\%(maior\ que\ 10\%)$$

© PME 3502 – Desempenho Termo Energético de Edificações Alberto Hernandez Neto -Direitos autorais reservados - É proibida a reprodução deste material sem a autorização expressa do autor