



**VIII Seminário de Energia
Ideias Sustentáveis
&
Eficiência Energética**



Eficiência Energética - Gestão de Consumo na Indústria

Eng. Ivo Leandro Dorileo - PhD

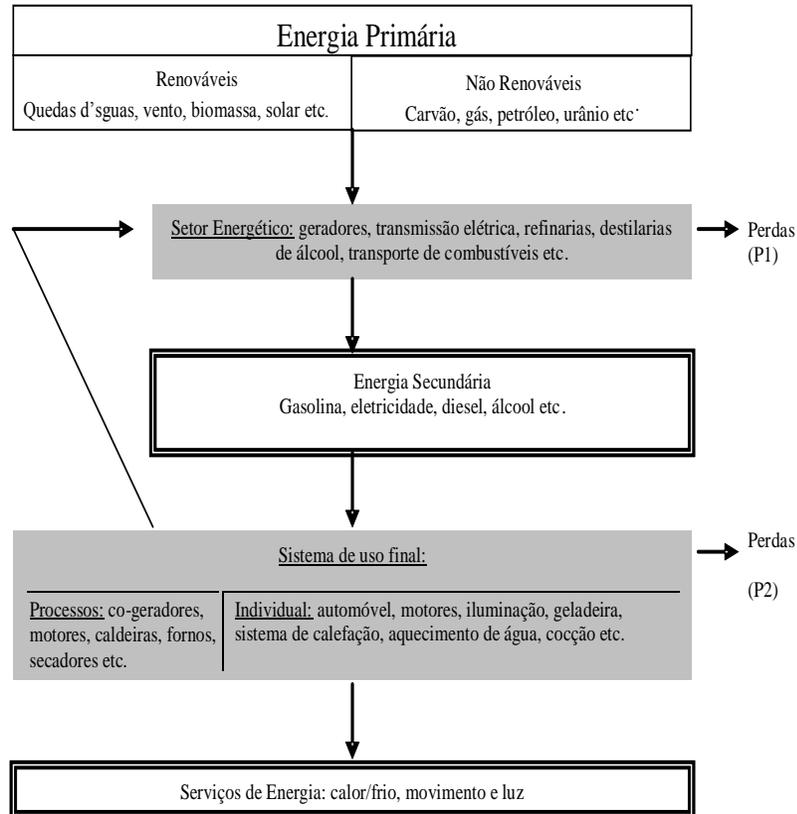
NIEPE/FE/UFMT

Cuiabá, MT, 24 de maio de 2017

Resumo

- ✓ A definição de eficiência energética.
- ✓ A eficiência energética nos sistemas de infraestrutura e os efeitos decorrentes
- ✓ O contexto do planejamento – ideia sustentável. É a eficiência energética um recurso de demanda?
- ✓ Leis, programas, certificações, padrões de eficiência energética
- ✓ A eficiência energética na indústria – consumo de energia
- ✓ Oportunidades de EE na indústria brasileira
- ✓ A gestão de consumo de energia na indústria
- ✓ Metodologias de auditoria energética
- ✓ Medidas de eficiência energética
- ✓ Exemplos de avaliação de eficiência energética em sistemas industriais
- ✓ Conclusão

Definição de eficiência energética



A Lei da Conservação de Energia permite determinar as perdas inerentes aos fluxos energéticos e/ou ineficiências associadas a eles, e a eficiência energética ou desempenho desses sistemas, em regime permanente, i.e.:

$$\text{Energia útil} = \text{Energia consumida} - \text{Perdas} \quad (2.1)$$

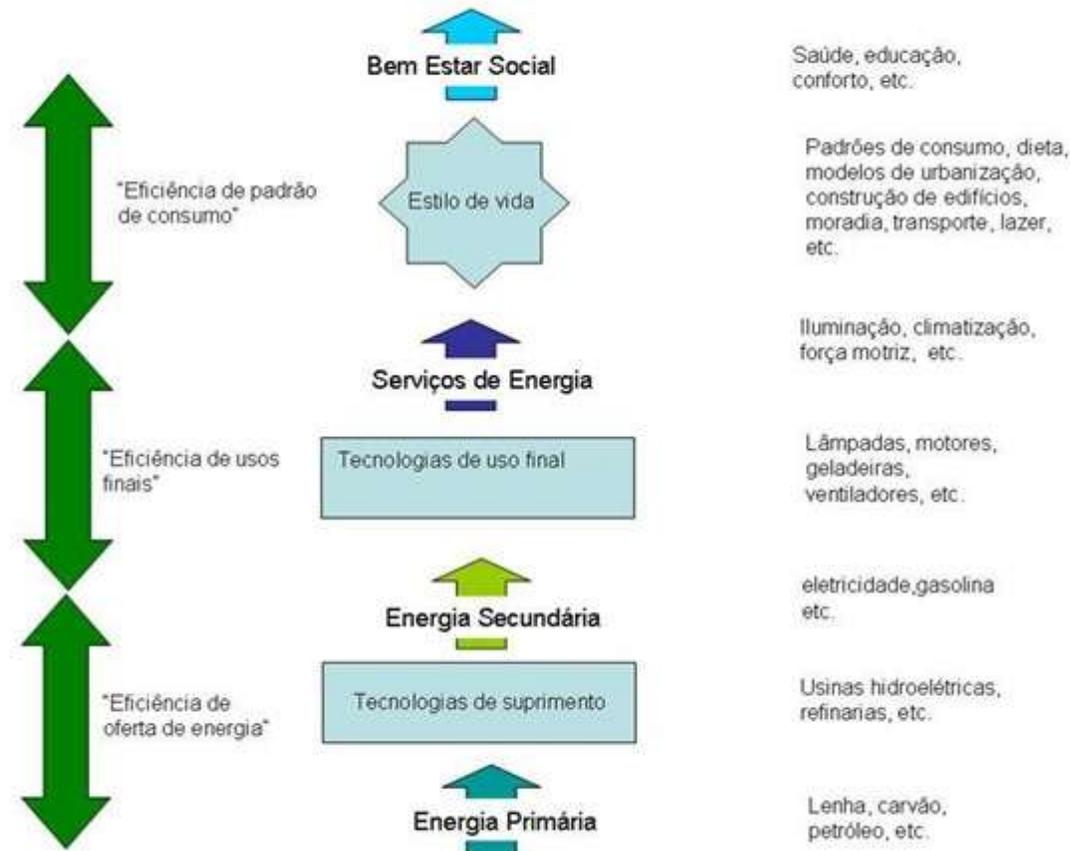
$$\text{Eficiência energética} = \frac{\text{Energia consumida} - \text{Perdas}}{\text{Energia consumida}} \quad (2.2)$$

ou ainda

$$\text{Eficiência energética (\%)} = \left(\frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia consumida}} \right) \times 100 \quad (2.3)$$

Eficiência energética - definição

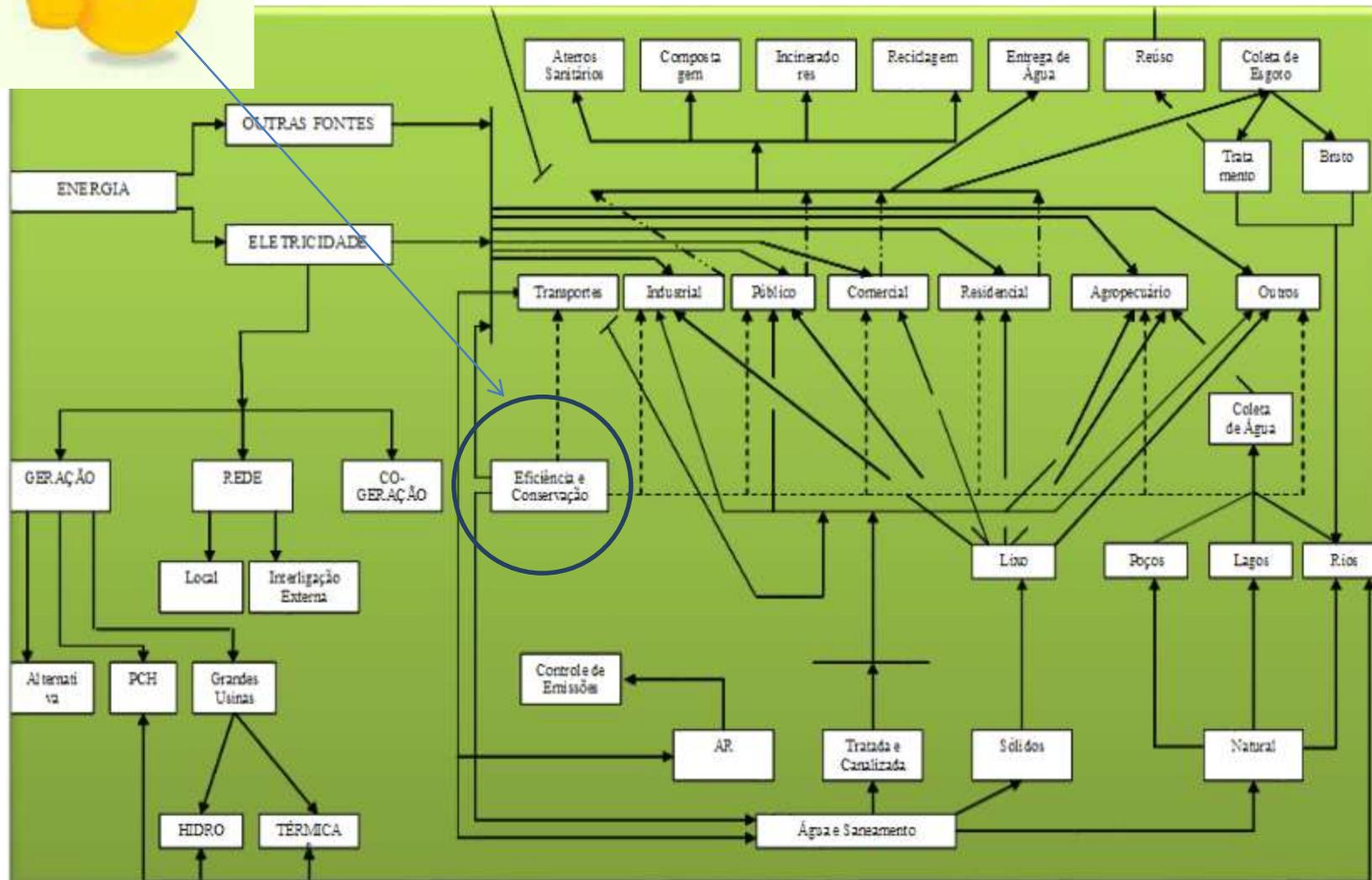
Eficiência energética está associada à quantidade efetiva de energia final utilizada e não à quantidade mínima necessária para realização de determinado serviço ou produção de um bem – o que se aproximaria de um potencial técnico.



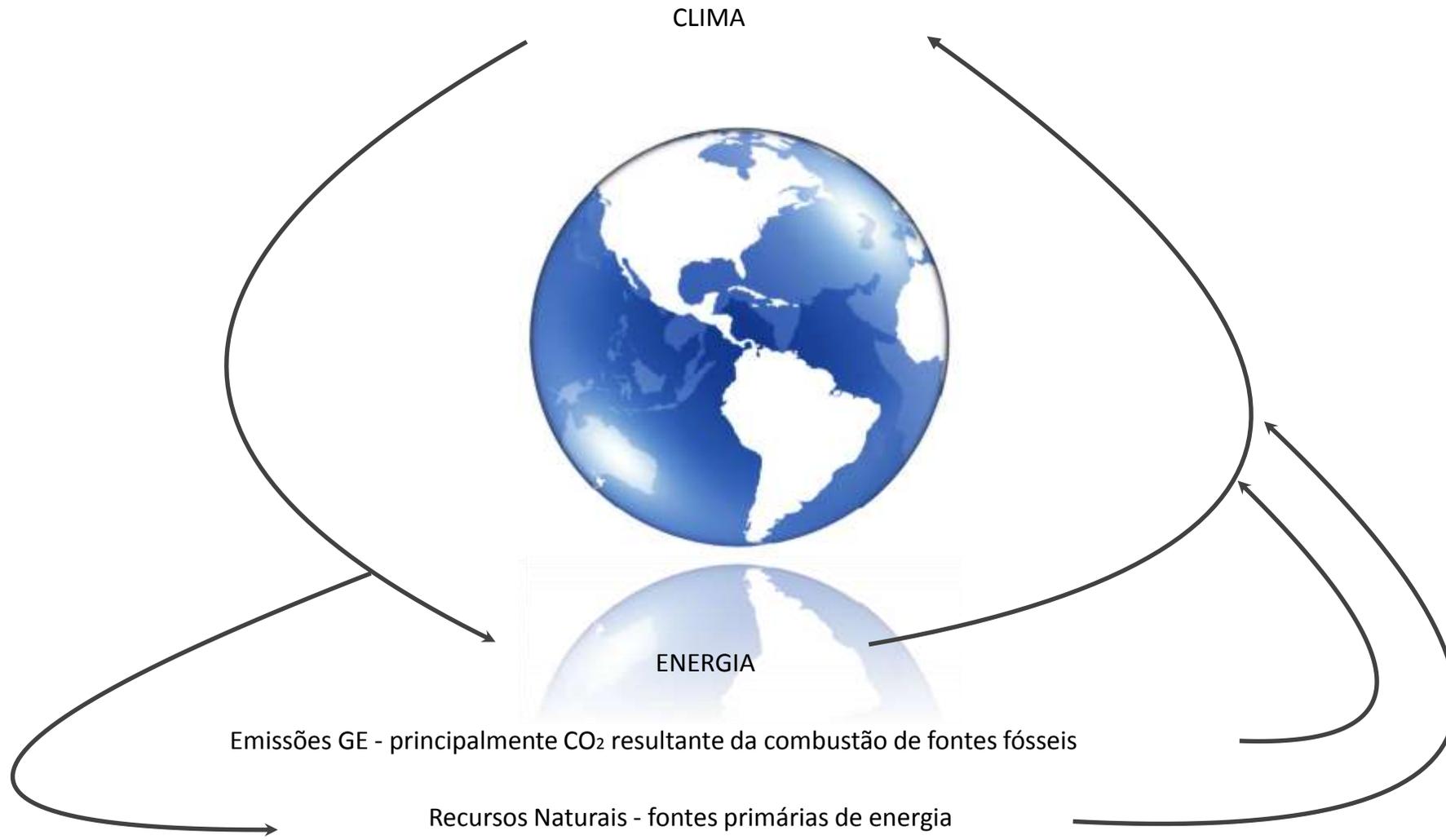
A eficiência energética no contexto do sistema de infraestrutura



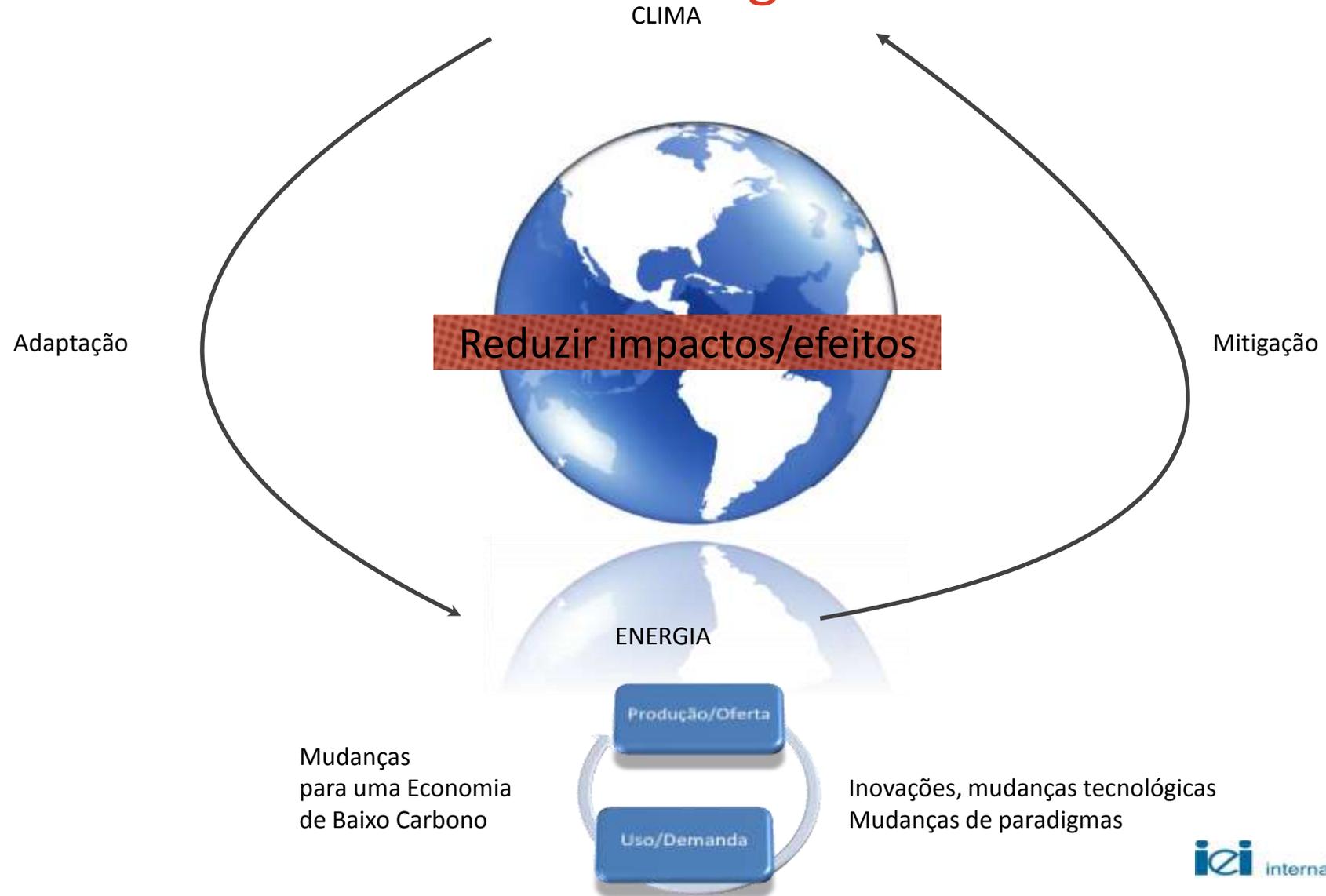
Está em todos os setores, modos de produção e processos



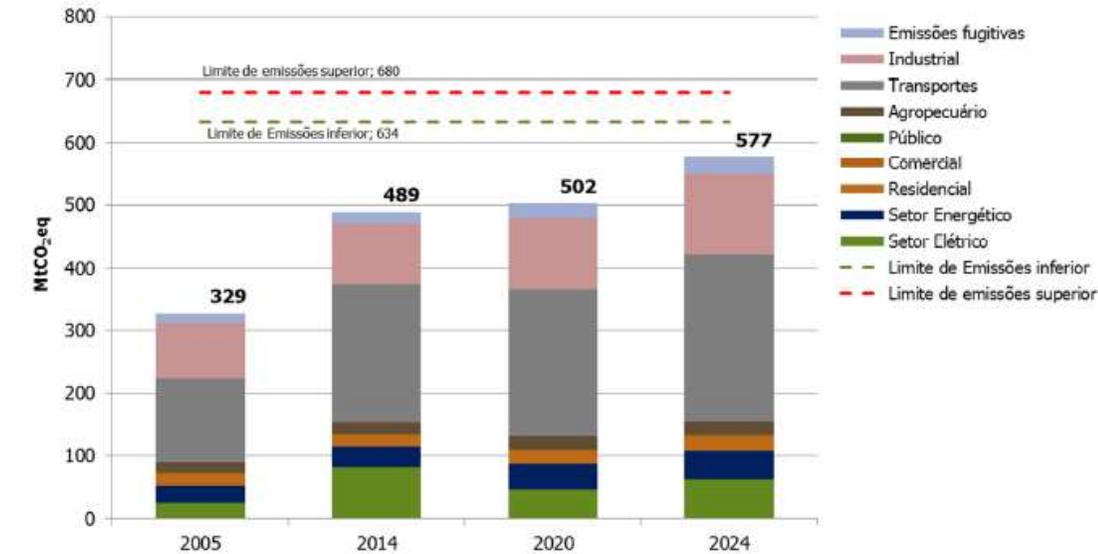
Eficiência energética – Implicações Clima e Energia



Eficiência energética – Implicações Clima e Energia



Emissões de GEE – Evolução da Participação setorial pela produção e uso de energia



Fonte: EPE

Os dados mostram que os setores Transportes e Industrial respondiam em 2014 por 45% e 20% respectivamente pelo total de emissões. Em 2024, com participações relativamente constantes, estes setores somados responderão por 68% das emissões!

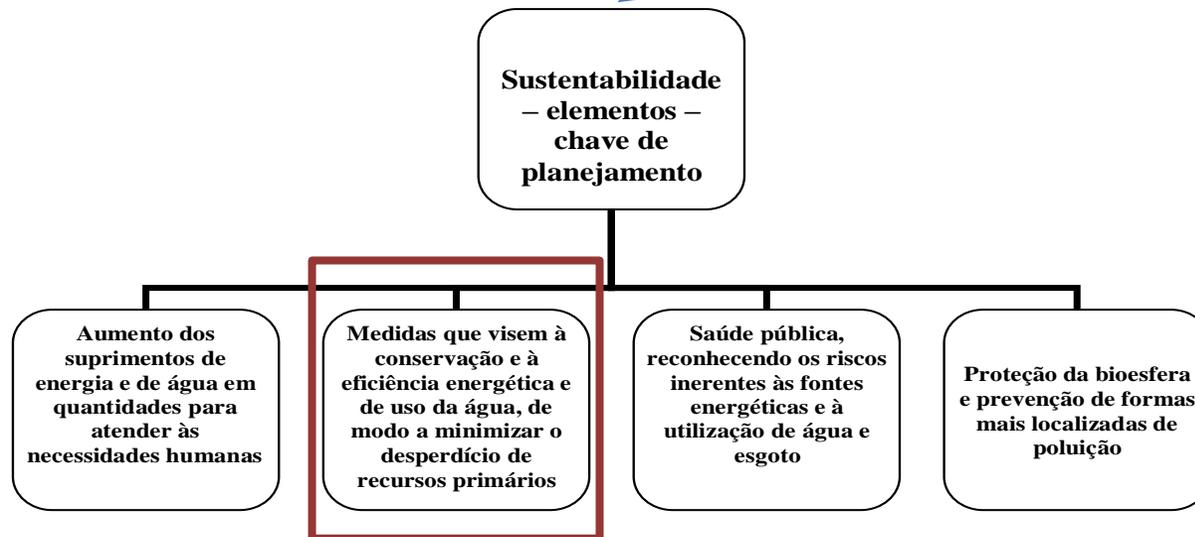


Os setores de transportes e industrial são os vilões!?

Eficiência Energética & Ideia Sustentável

O contexto do planejamento

A sustentabilidade, entendida como “uma relação não predatória com a natureza e a manutenção ao longo do tempo de uma determinada maneira de utilizar os recursos com o intuito do bem-estar [...] como um todo” (UDAETA, 1997)



Ainda existe tradicionalmente uma forte predominância do planejamento voltado para a oferta de energia. O planejamento tradicional que tem sido praticado tende a associar maior credibilidade às alternativas de geração de energia altamente centralizadas e não favorece investimentos em medidas de conservação de energia ou em opções descentralizadas de produção de eletricidade (seja através de fontes renováveis ou não). Dessa maneira, a estrutura de planejamento energético no Brasil tem sido uma importante barreira para o país planejar ações mais agressivas de promoção de conservação de energia em maior escala e com maior coordenação

Melhor emprego dos recursos disponíveis e sua gestão racional e equitativa, como nos esforços para otimizar técnicas e tecnologias englobando processos de reengenharia, qualidade total, análise de ciclo de vida etc.

Integração: Setores da economia, elementos da infraestrutura, fontes energéticas, recursos hídricos e meio ambiente

Eficiência energética e os recursos energéticos de oferta

É a eficiência energética um recurso de demanda ?



Considerar “novos programas de eficiência energética em pé de igualdade com as alternativas disponíveis de expansão da oferta” (BAJAY et al., 1996)



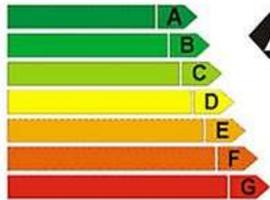
Recurso de demanda: “integrar uma gama mais ampla de opções tecnológicas, incluindo tecnologias para eficiência energética e a gestão de carga no ‘lado da demanda’” (Jannuzzi e Swisher, 1997)

Eficiência energética

É a eficiência energética um recurso de demanda ?



MAIS EFICIENTE



A

A letra indica a eficiência energética do equipamento / Veja a tabela correspondente na coluna ao lado

MENOS EFICIENTE



Revolução no setor energético

O contexto do planejamento

O modo de planejamento em que as iniciativas de eficiência energética são implementadas mais efetivamente, o suprimento das necessidades de energia é feito de modo mais barato e com menor impacto ambiental, com a incorporação de fontes renováveis, é o Planejamento Integrado de Recursos – PIR

Estamos buscando maneiras de integrar novas tecnologias e novos serviços à rede existente e pensando na rede do futuro

- Novos agentes
- Nova regulação
- Novas tecnologias
- Novas necessidades
- Menores ou menos emissões
- Mais renováveis
- Maior flexibilidade na curva de carga: oferta e demanda

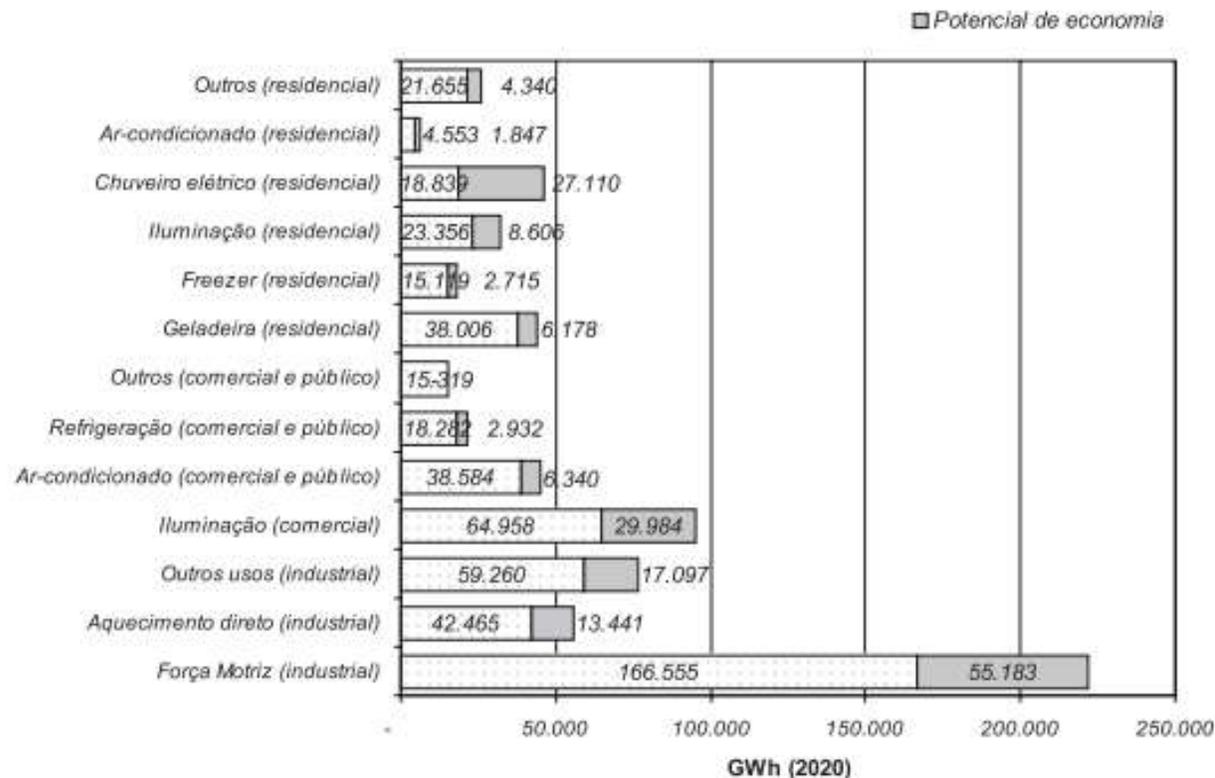


A resposta é.....

Potencial de conservação por uso final

=

Fontes (usinas) produzindo 175.773 GWh/ano - ano-base 2020 (potência de 20 GW)

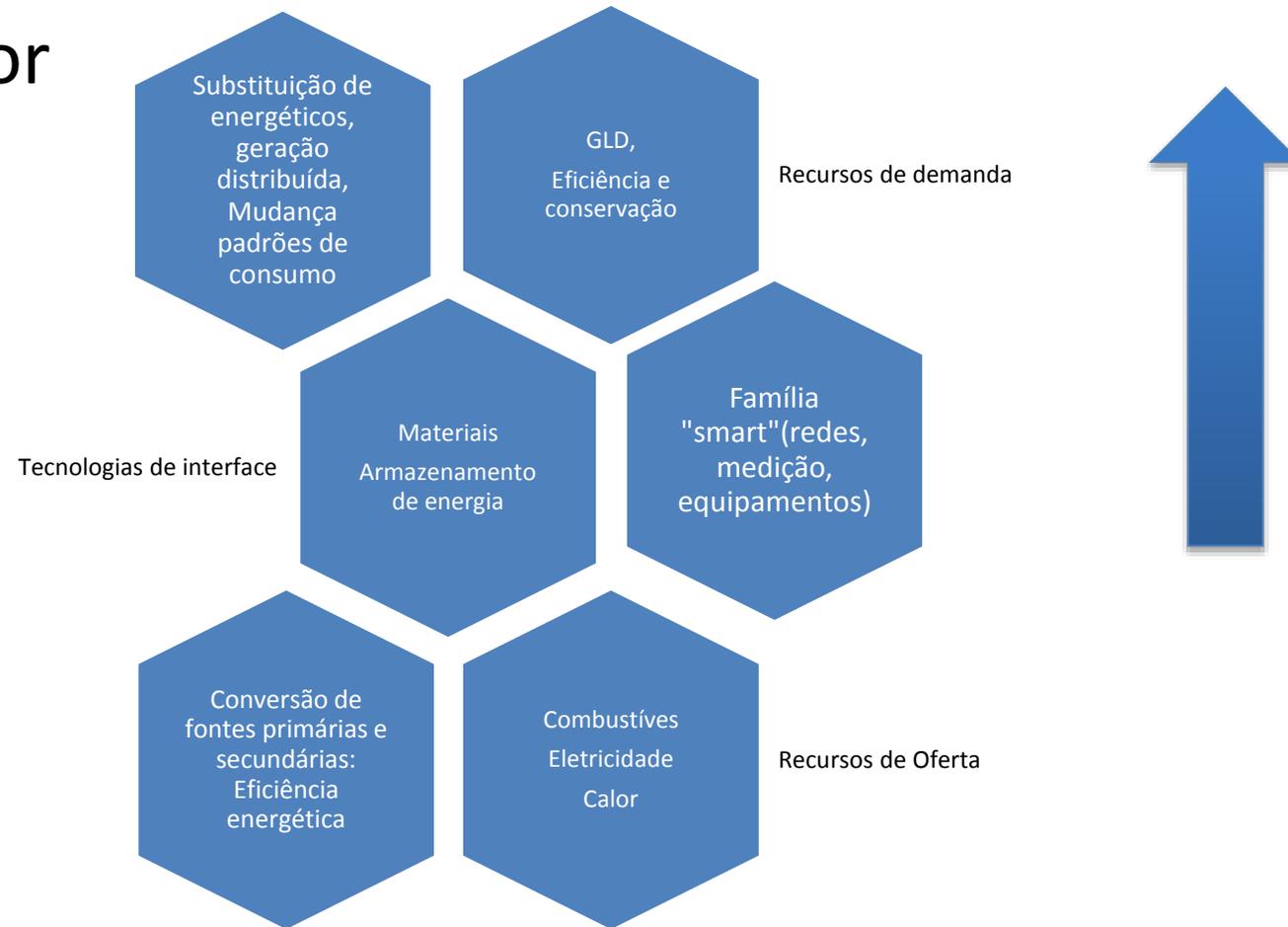


Agenda Sustentável 2020. WWF Brasil, 2007.

Sim! A eficiência energética é um recurso de demanda e substitui parte dos recursos de oferta

Eficiência energética

Revolução no setor energético



Resultados obtidos de acordo com os custos de conservar energia no Brasil com Cenário Elétrico Sustentável 2020 - WWF

Agenda Elétrica Sustentável 2020

	POTENCIAL DE ECONOMIA (GWh)	CUSTO (R\$/MWh)	CUSTO TOTAL DAS POLÍTICAS/PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (em milhões de R\$)
Chuveiro Elétrico (r)	27.110	100	2.711
Iluminação (c+p)	29.984	100	2.998
Outros usos (i)	17.097	100	1.710
Iluminação Elétrica (r)	8.606	110	947
Ar-condicionado (r)	1.847	120	222
Ar-condicionado (c+p)	6.340	120	761
Aquecimento direto (i)	13.441	120	1.613
Geladeira (r)	6.178	130	803
Freezer (r)	2.715	130	353
Refrigeração (c+p)	2.932	130	381
Troca de motores (i)	55.183	130	7.174
			Total 19.672

Notas: r = residencial; i = industrial; c + p = comercial e público.
Custo médio de fornecimento em 2020: R\$ 350/MWh. Tarifa média nacional em 2004: R\$ 197,35/MWh (ANEEL, 2005)¹⁶.

A eficiência energética precisa da inovação

Ainda muita pesquisa é necessária

Novos serviços e empregos serão criados

Nova regulação precisa ser formulada para criar novos mercados e assegurar benefícios para os agentes

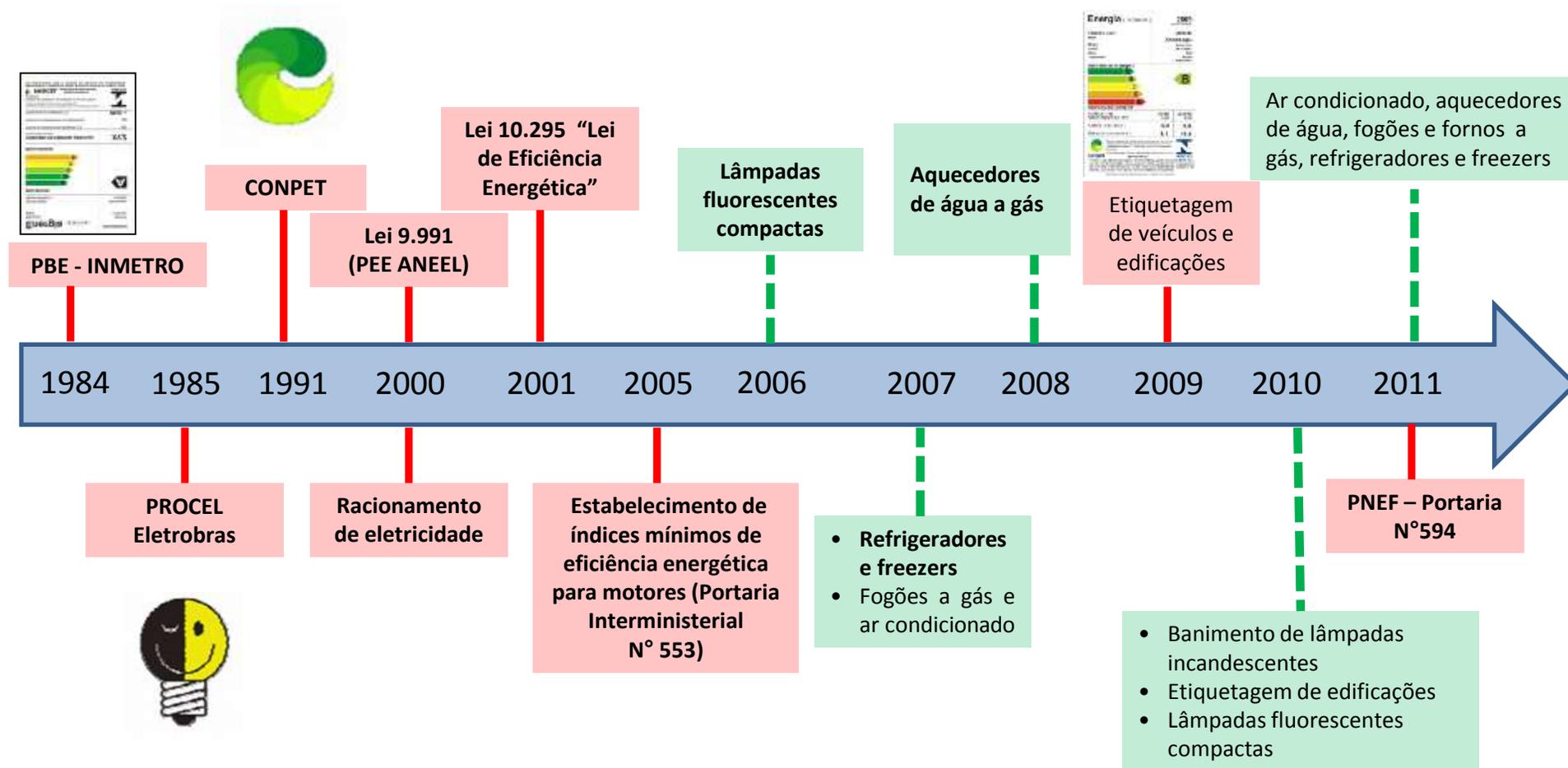
Áreas de inovação

- Comunicações
- Capacidade computacional e TI
- Recursos distribuídos (geração e recursos de demanda)
- Eletrônica de potência e controles
- Armazenagem
- Equipamentos eficientes, edifícios inteligentes
- Sensores

A inovação não é espontânea

- Não é domínio exclusivo das universidades e outras instituições de pesquisa
- O mercado precisa de estímulos e direcionamento
- Setor público tem um grande papel
 - Planejamento
 - Infraestrutura
 - Longo prazo
 - Enfrentamento de riscos

Leis, programas de EE, certificações, padrões



Certificações, padrões

- Iniciativas da empresa

- Organização Internacional para Padronização

Normas ISO – Sistemas de Gestão de Qualidade (conjunto de normas)

- A incorporação de sistemas de gestão de qualidade e ambiental ISO 9000/14000^[1]
 - O compromisso da prevenção de impactos ambientais e de poluição, nos termos da NBR ISO 14001:2004^[2]
ISO 14001:2004 - Aproximação do sistema de produção e de consumo da organização com os ciclos naturais do meio ambiente, graças à melhoria contínua do processo, agregando atividades complementares entre si; o propósito é atingir o aprimoramento do desempenho ambiental geral, coerente com a política ambiental, a partir da adoção de um plano estratégico que requer medição, gerenciamento e documentação
 - A ISO 50.001 é baseada no modelo de sistema de gestão de melhoria contínua, também utilizado para outros padrões bem conhecidos, como ISO 9001 (melhorar a gestão da empresa aplicando normas e padrões aos processos e rotinas) e ISO 14001 (especifica requisitos para desenvolvimento de práticas sustentáveis em seus negócios). Isto facilita para as organizações integrarem o gerenciamento de energia em seus esforços a fim de melhorar a qualidade e gestão ambiental

^[1] Os Sistemas de Gestão da Qualidade e de Gestão Ambiental, ISO 9000 e ISO 14000, respectivamente, propõem normas que representem o consenso de diferentes países para homogeneizar métodos, medidas, materiais e seu uso, em todos os domínios de atividades, exceto no campo eletro-eletrônico.

^[2] Esta Norma define a prevenção de poluição como o “uso de processos, práticas, técnicas, materiais, produtos, serviços ou energia, para evitar, reduzir ou controlar (de forma separada ou combinada) a geração, emissão e descarga de qualquer tipo de poluente ou rejeito, para reduzir os impactos ambientais” (MOREIRA, 2006, p. 98).

Certificações, padrões

Exigências da ISO 50.001 para as organizações:

- • Desenvolver uma política para o uso mais eficiente da energia;
- Fixar metas e objetivos para atender a essa política;
- Usar dados para melhor compreender e tomar decisões sobre o uso de energia;
- Medir os resultados;
- Rever como a política funciona;
- Melhorar continuamente a gestão da energia.

A eficiência energética na indústria



A busca de eficiência para:

- Garantir melhor desempenho ambiental e estabelecer uma estratégia global para reduzir o impacto no meio ambiente
- Prevenir riscos (acidentes ambientais, multas, ações judiciais etc.)
- Reduzir desperdícios (resíduos, efluentes, perdas de energia)
- Contenção do consumo de recursos
- Economizar energia, conservar e reutilizar a água
- Melhorar a eficiência global na utilização dos recursos
- Realizar gerenciamento integrado das demandas de energia e de água
- Tratamento integrado de medidas de eficiência energética e de uso da água
- Disseminar a responsabilidade sobre o problema energético e de uso da água para toda a empresa
- Reduzir custos de gestão

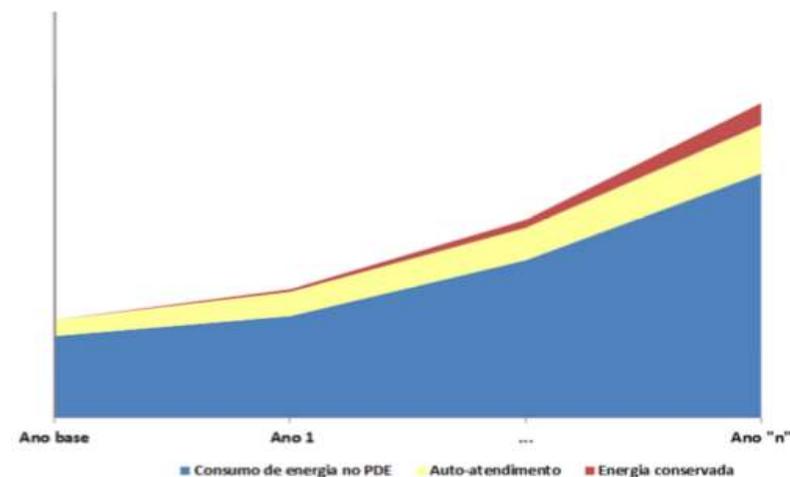
Consumo de energia elétrica e energia conservada

Projeções Brasil – ano base 2014 - PDE 2024

Consumo ⁽¹⁾	2015	2019	2024
GWh			
Consumo potencial, sem conservação	527.637	635.845	835.121
Energia conservada	2.366	19.390	44.254
Energia conservada, %	0,4	3,0	5,3
Consumo final, considerando conservação	525.271	616.455	790.867
Energia conservada por setor			
GWh			
Setor industrial ⁽²⁾	0	6.074	13.445
Setor transporte	12	75	171
Setor serviços	1.721	5.435	10.874
Setor residencial ⁽³⁾	620	7.423	18.982
Setor agropecuário	14	384	781

Notas: (1) Inclui autoprodução.
 (2) Inclui setor energético.
 (3) Compreende domicílios urbanos e rurais.
 Fonte: EPE

Projeções da demanda de energia – representação esquemática



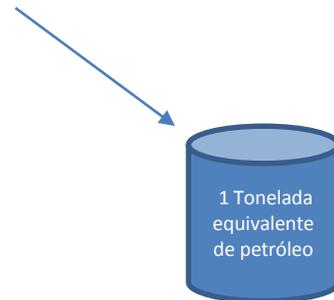
Nota: Auto-atendimento corresponde à geração distribuída.
 Fonte: EPE

Setor industrial brasileiro: consumo de energia e eficiência energética - PDE 2024

Discriminação	2015	2019	2024
Consumo	mil tep		
Consumo sem conservação	111.659	135.062	167.770
Energia conservada	92	3.471	8.754
Energia conservada (%)	0,1	2,6	5,2
Consumo com conservação	111.567	131.591	159.017
Intensidade energética	tep/R\$ milhões de 2010		
Sem conservação	131	142	142
Com conservação	131	139	135

Nota: Inclui o setor energético
Fonte: EPE

Projeta-se, para o agregado industrial, conservação de 5,2% em relação à demanda de energia final prevista para 2024, equivalente a aproximadamente 8,7 milhões de tep.



11,63 MWh

Consumo de eletricidade

Discriminação	2015	2019	2024
Consumo	GWh		
Consumo sem conservação	225.627	278.155	369.109
Energia elétrica conservada	0	6.074	13.445
Energia elétrica conservada (%)	0	2,2	3,6
Consumo com conservação	225.627	272.081	355.664
Intensidade elétrica	kWh/R\$ mil de 2010		
Sem conservação	264	293	313
Com conservação	264	287	302

Nota: Inclui o setor energético
Fonte: EPE

Projeta-se, para o agregado industrial, conservação de 3,6% em relação à demanda de eletricidade prevista para 2024, equivalente a aproximadamente 13 TWh ou à geração de uma usina hidrelétrica de cerca de 3,2 MW, potência comparável à usina de Xingó, no Rio São Francisco.

Oportunidades de EE no setor industrial brasileiro

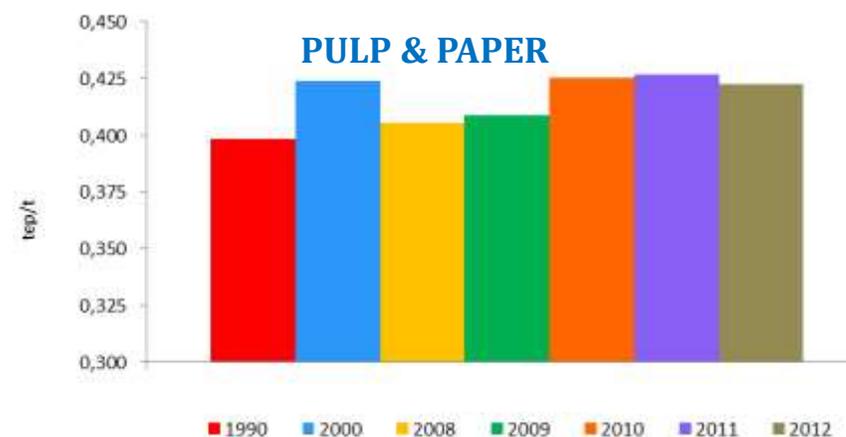
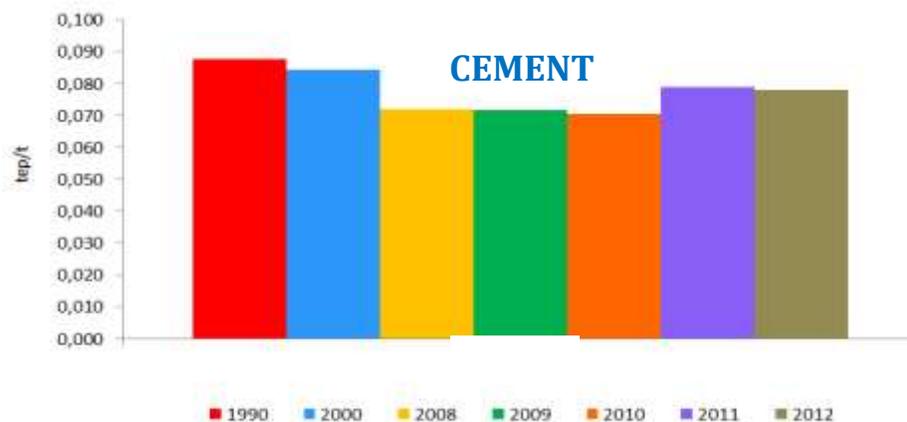
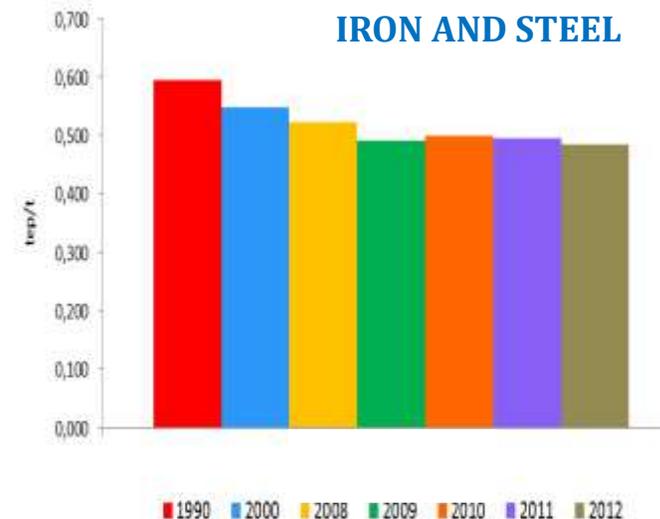
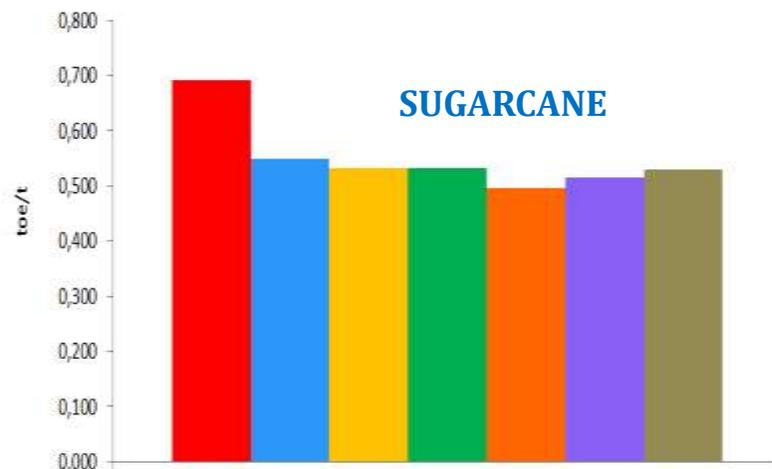
Potencial de conservação em relação ao consumo energético total dos segmentos industriais no Brasil

Segmentos Industriais	Potenciais Relativos (%)
Alimentos e Bebidas	10
Siderurgia	20
Celulose e Papel	9
Indústria Química	21
Outras Indústrias	8
Metais Não-Ferrosos	11
Indústria Cerâmica	18
Cimento	19
Indústria Extrativa Mineral	6,5
Ferro-Ligas	8,5
Indústria Têxtil	6

NIPE, UNICAMP, 2011

MONITORING PROGRESS OF ENERGY EFFICIENCY

- BRAZILIAN INDUSTRY



Fonte: EPE (2014). Energy consumption in Brazil. Sectoral Analysis

Gestão de Consumo Energético na Indústria

Gestão é o processo de administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos disponíveis e tendo em vista as necessidades imediatas: intervir, regular, mediar, conduzir, controlar atividades

Gerenciamento designa a execução de um plano ou projeto, o acompanhamento da operação, e medição de determinado nível de serviço e a ação de solucionar problemas locais

Questões básicas e preliminares



Etapas de um programa de Uso Racional de Energia

Em outros termos, é preciso conhecer, diagnosticar a realidade energética, para então estabelecer as prioridades, implantar os projetos de melhoria e de redução de perdas e acompanhar seus resultados, em um processo contínuo. Esta abordagem é válida para instalações novas, em caráter preventivo, ou instalações existentes, em caráter corretivo, em empresas industriais ou comerciais. Das quatro etapas anteriores, a análise ou auditoria energética atende às duas primeiras, identificando e quantificando os fluxos energéticos ao longo do processo produtivo de bens e serviços. Desta forma, permitem o início ordenado e a continuidade de um programa de eficiência energética, através da resposta às seguintes questões:

- *Quanta energia está sendo consumida ?*
- *Quem está consumindo energia ?*
- *Como se está consumindo energia, com qual eficiência ?*

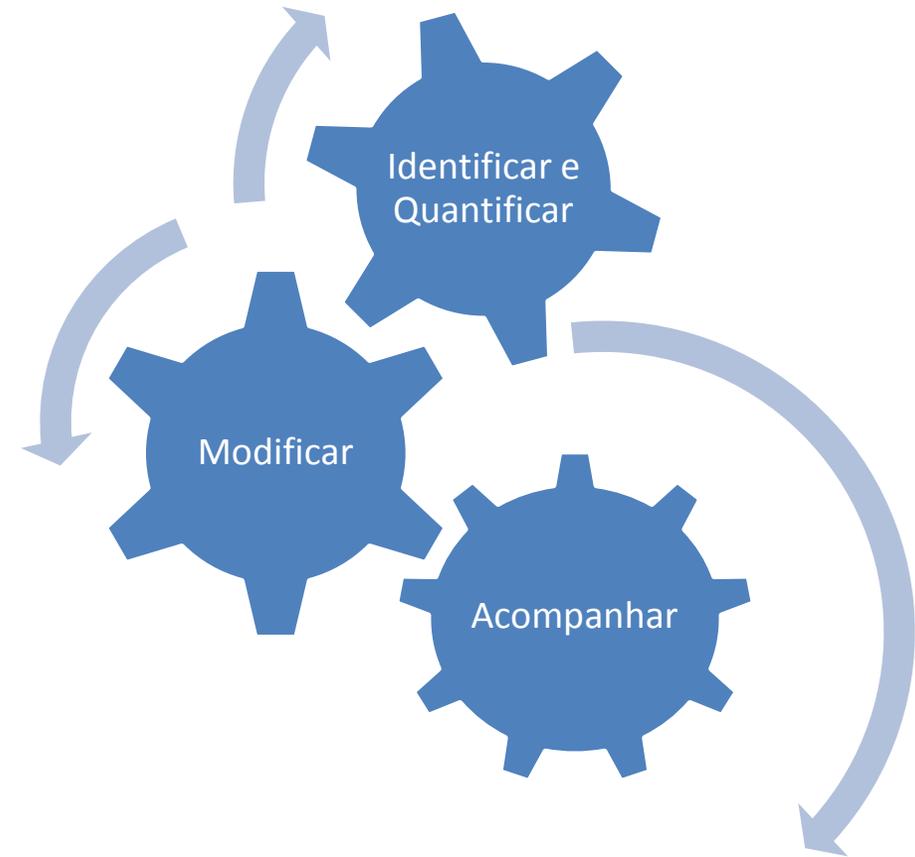
É importante observar que estas avaliações, por si só, não conduzem à racionalização do uso de energia. Elas constituem um primeiro e decisivo passo nesta direção, a requerer medidas e ações posteriores, desejavelmente estabelecidas de forma planejada e estruturada, com clara definição de metas, responsáveis e efetivo acompanhamento, se possível no âmbito de um Programa de Eficiência Energética, com visibilidade na corporação e a necessária provisão de recursos físicos e humanos. Neste sentido, as auditorias energéticas constituem um instrumento essencial de diagnóstico, preliminar básico para obter as informações requeridas para a formulação e acompanhamento deste Programa de redução de desperdícios de energia.

Gestão energética

Identificar as oportunidades

Procedimentos para se obter eficiência energética na planta

- A auditoria energética na prática
- É preciso conhecer, diagnosticar a realidade energética para estabelecer prioridades, implantar projetos de melhoria e de redução de perdas; e acompanhar os resultados, num processo contínuo.



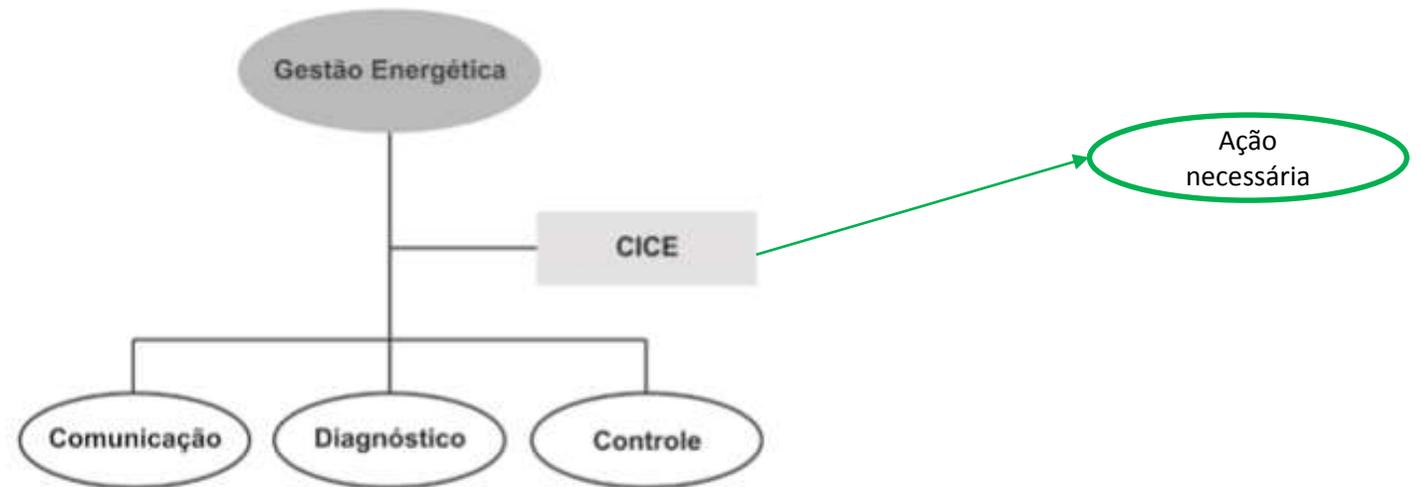
Etapas de um programa-padrão de uso racional de energia aplicadas em uma auditoria energética

Gestão Energética na Indústria

Passos essenciais

Programa de gestão, com a CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) como gestora:

- Diagnóstico
- Controle dos indicadores
- Comunicação frequente dos resultados



Requerimentos para uma auditoria energética

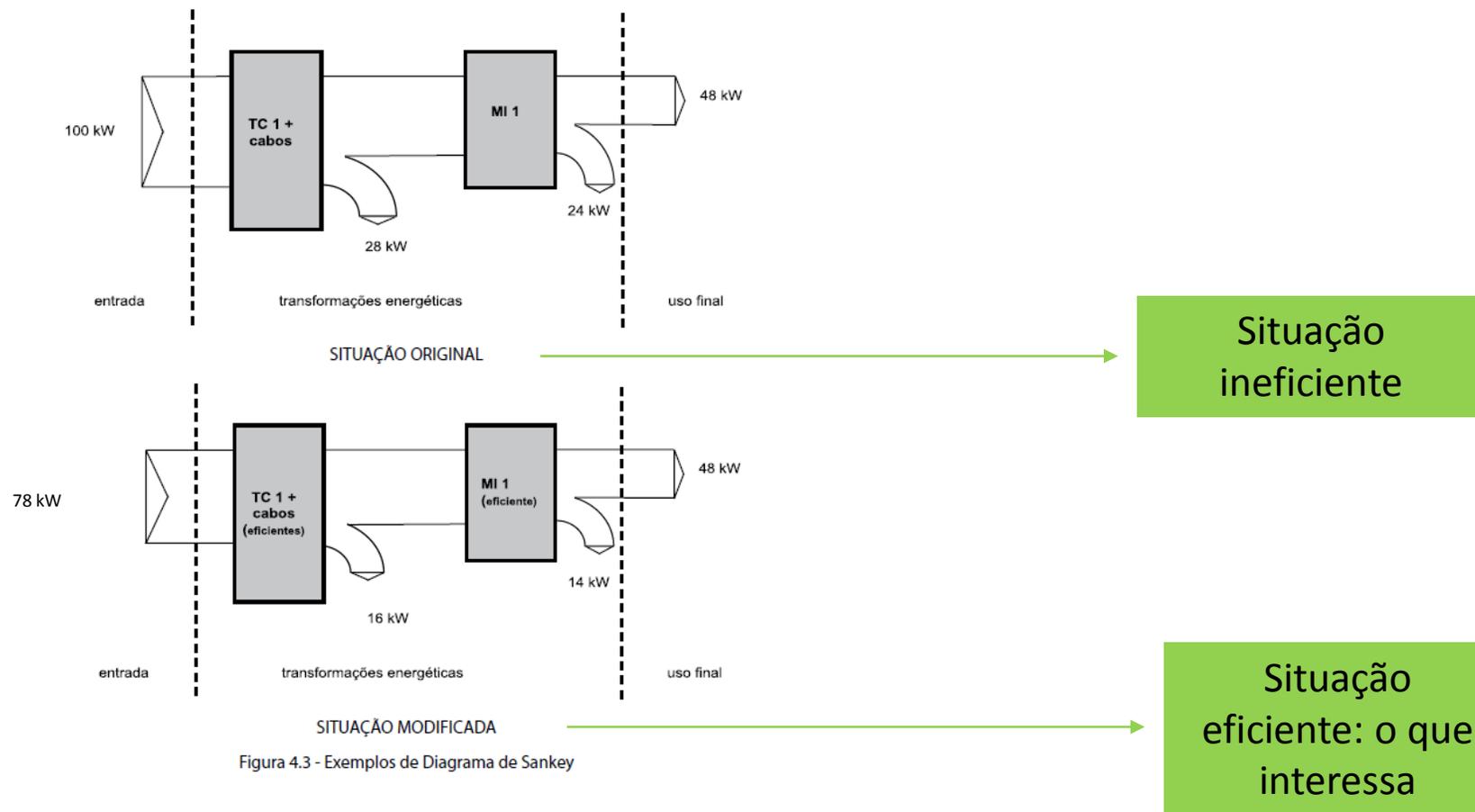


Figura 4.3 - Exemplos de Diagrama de Sankey

Adaptado de MME,
PROCEL, UNIFEI,
2009

Dificuldades para realização de auditorias energéticas

- São de ordem cultural e não tecnológica em boa medida
- A maioria das empresas não faz um acompanhamento sistemático de seu consumo energético:
 - vê irrelevância na medida; não possui pessoal capacitado, sua administração não alcança a dimensão do problema e nem sabe como resolvê-la
- Ausência de Comissão Interna de Conservação de Energia
- A maioria considera investimento desnecessário ou alto demais e um comportamento parcimonioso em relação à energia
- Existe uma postura defensiva a respeito da eficiência energética (“nossos equipamentos já são de qualidade”, “nosso projeto é competente”) e é preciso desarmá-la através do sucesso das iniciativas bem conduzidas
- Falta iniciativa das empresas provocando atividades pioneiras nesta área, promovendo o uso racional de energia, boas práticas e auditoragem energética frequente
- Falta difusão do mercado e apoio explícito do governo

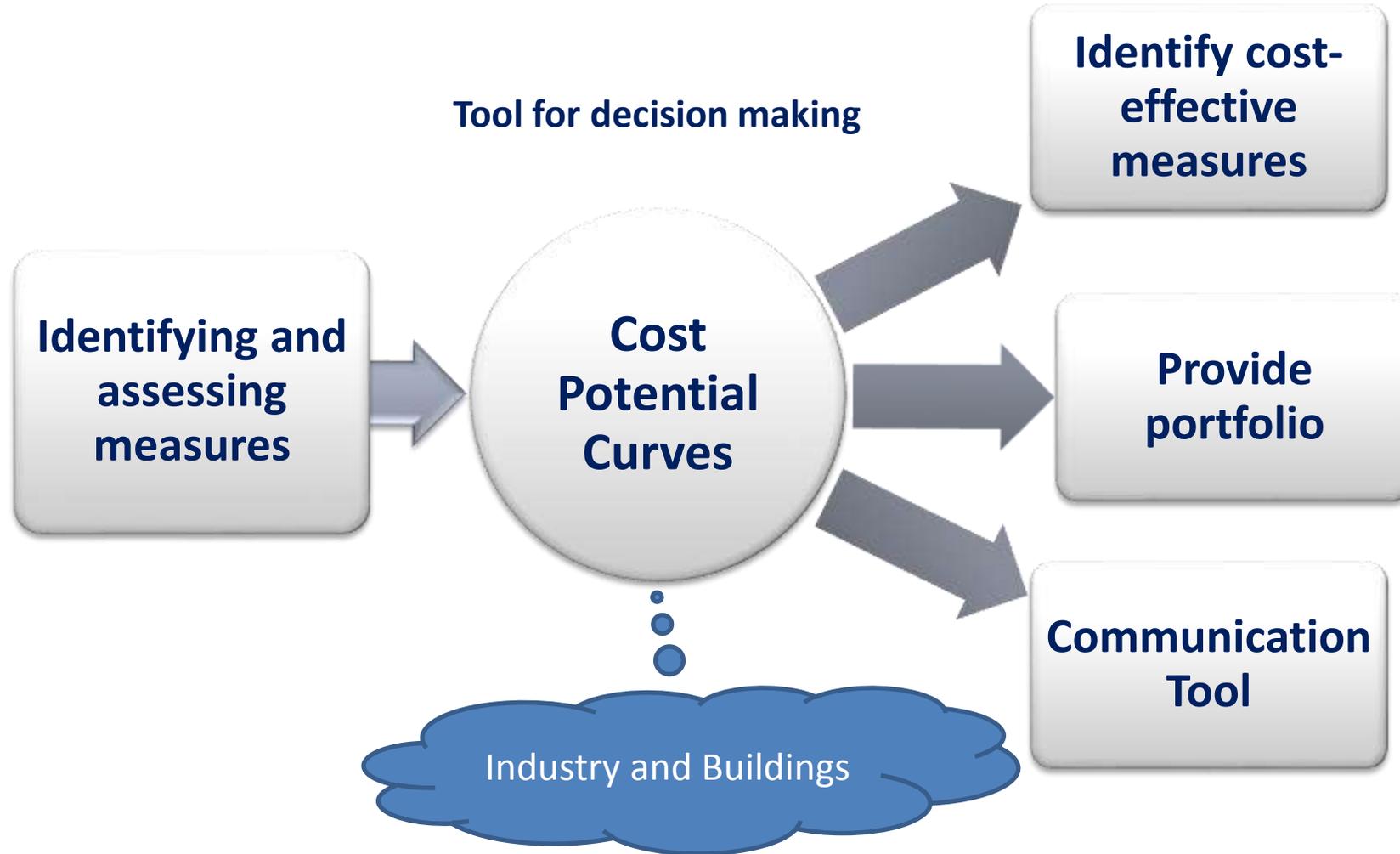
Metodologias padronizadas para realizar auditorias energéticas

- **Diagnóstico energético** — levantamento do perfil de consumo por uso final e comparação com amostra dos principais setores produtivos. Requer levantamento de dados em campo, e seu processamento, permitindo identificar qualitativamente os pontos críticos e indicar necessidades de atuação em equipamentos específicos através de relatórios padronizados. Existem softwares apropriados
- **Autoavaliação dos pontos de desperdício de energia** — observação e inspeção através de roteiro simples para identificar pontos de desperdício e tomar decisões expeditas, avaliando, em seguida, as economias obtidas com as medidas adotadas
- **Estudo de otimização energética** — trata integralmente a questão do uso racional. Além do diagnóstico, agrega análises econômicas e considera todas as formas de energia, propondo alternativas e priorizando ações para conservação. Necessita de profissionais capacitados para a sua execução

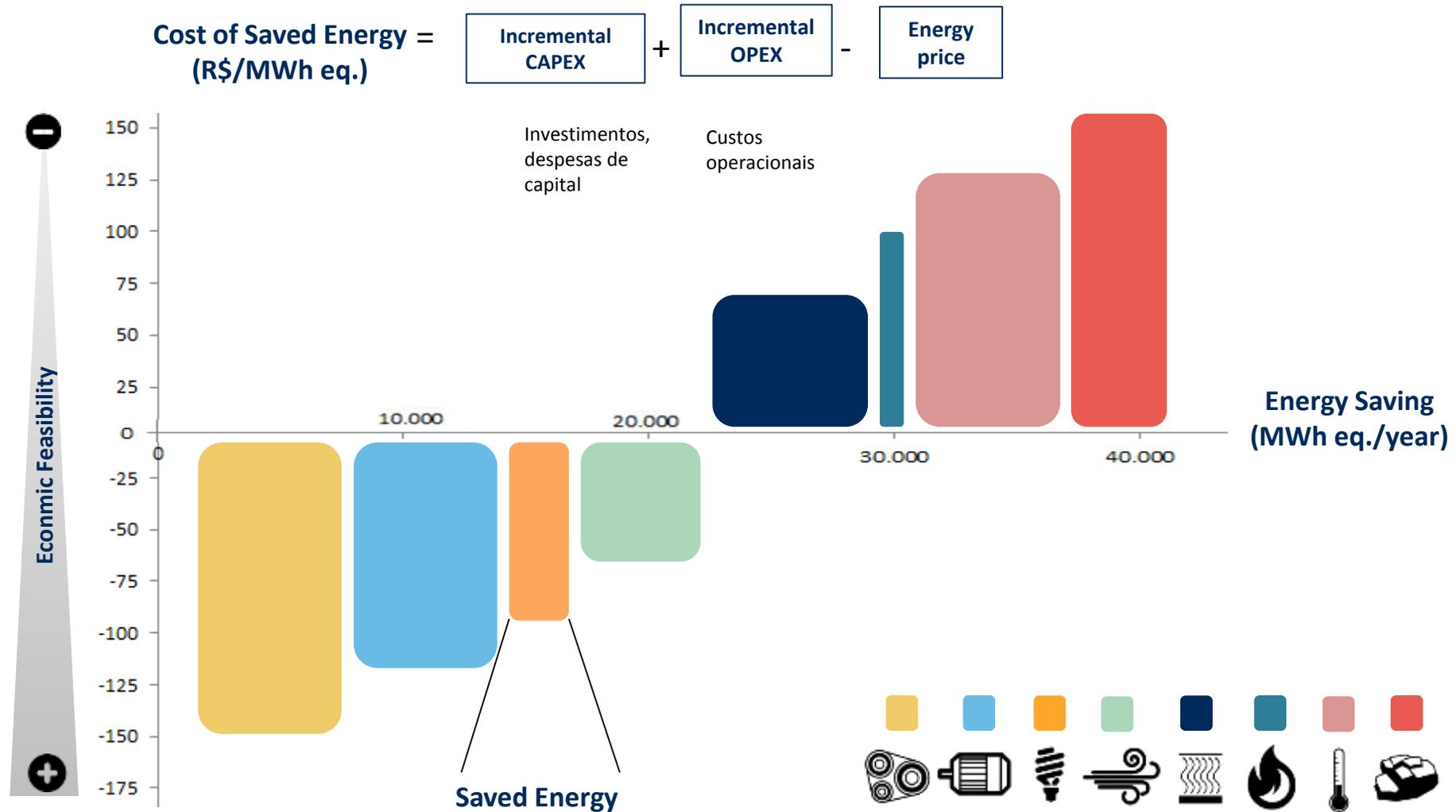
Requerimentos para uma auditoria energética

- Levantar os consumos mensais de água, energia elétrica e combustíveis, ao longo de um ano
- Levantar ou executar plantas, desenhos e esquemas detalhados das instalações (*as built*, se possível)
- Efetuar balanços energéticos e de materiais para cada unidade da planta
- Medir valores de temperatura e de pressão nos pontos mais relevantes (valores de projeto também); compará-los
- Descrever as características técnicas dos equipamentos e valores medidos associados
- Descrever as considerações energéticas a respeito dos produtos
- Considerar os aspectos ambientais e de locação da empresa
- Considerar as possibilidades/necessidades de alterações no processo
- Emitir relatórios gerenciais frequentes de medidas e resultados, divulgar em relatórios corporativos

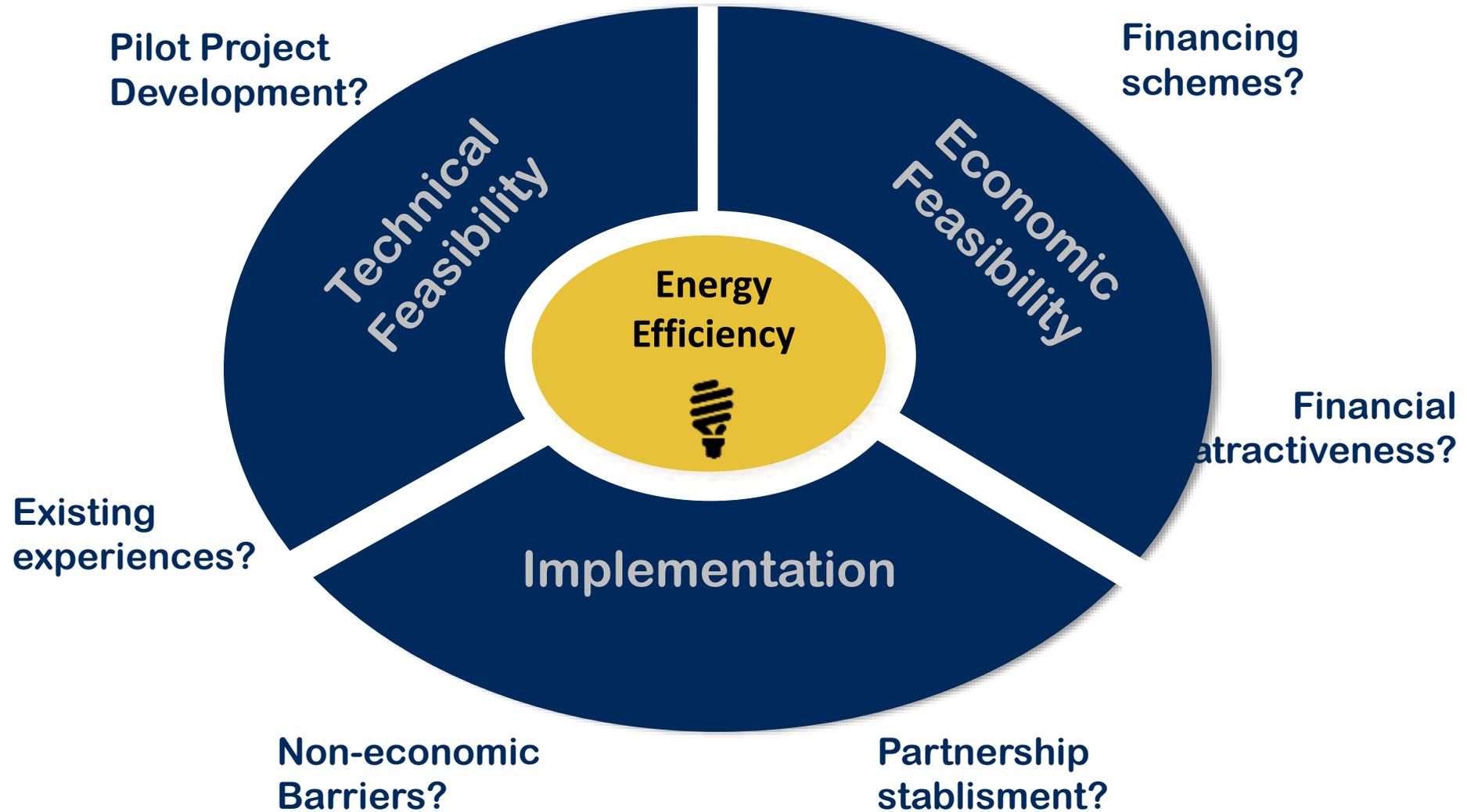
COST POTENTIAL CURVES FOR ENERGY EFFICIENCY



COST POTENTIAL CURVES FOR ENERGY EFFICIENCY

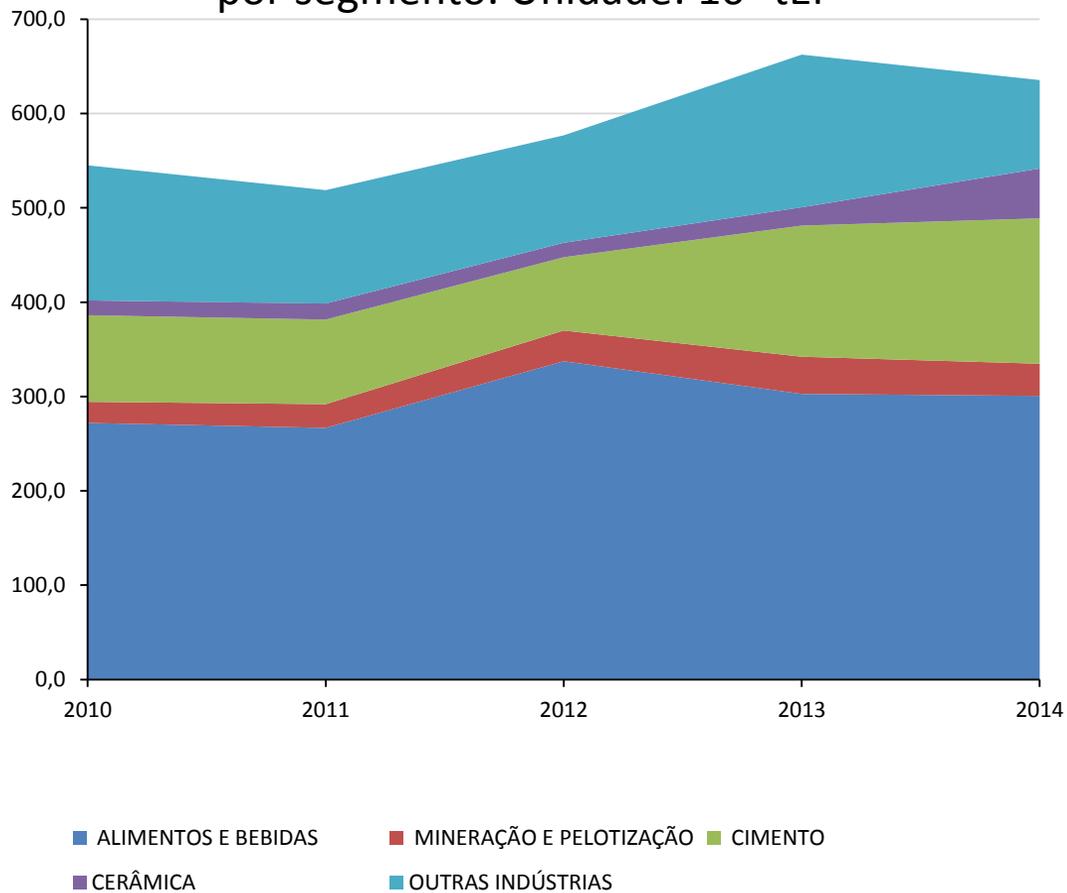


COST POTENTIAL CURVES FOR ENERGY EFFICIENCY

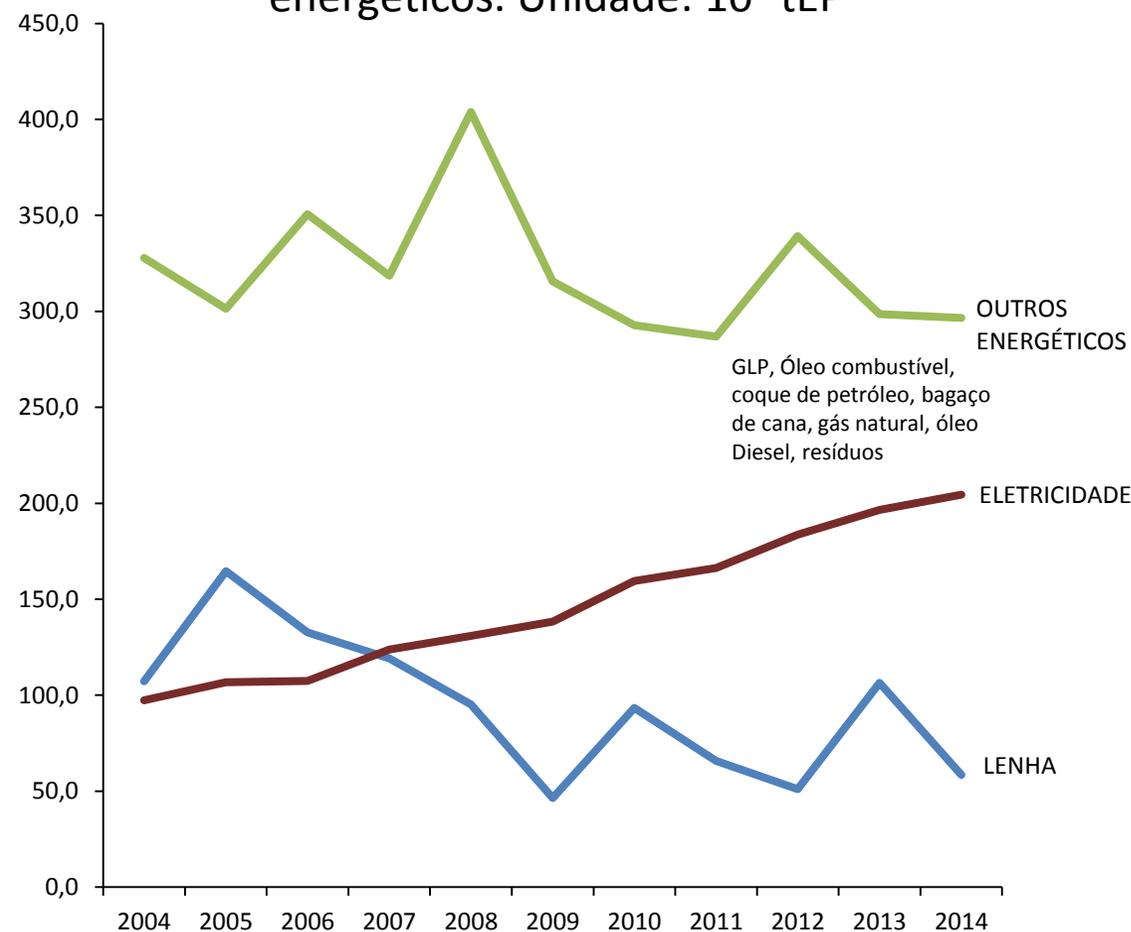


Características do Consumo energético industrial de Mato Grosso

Evolução do Consumo total de energia por segmento. Unidade: 10^3 tEP



Evolução do Consumo de energéticos. Unidade: 10^3 tEP



Nível de prioridade técnica para tomada de decisão de EE na planta industrial por uso final

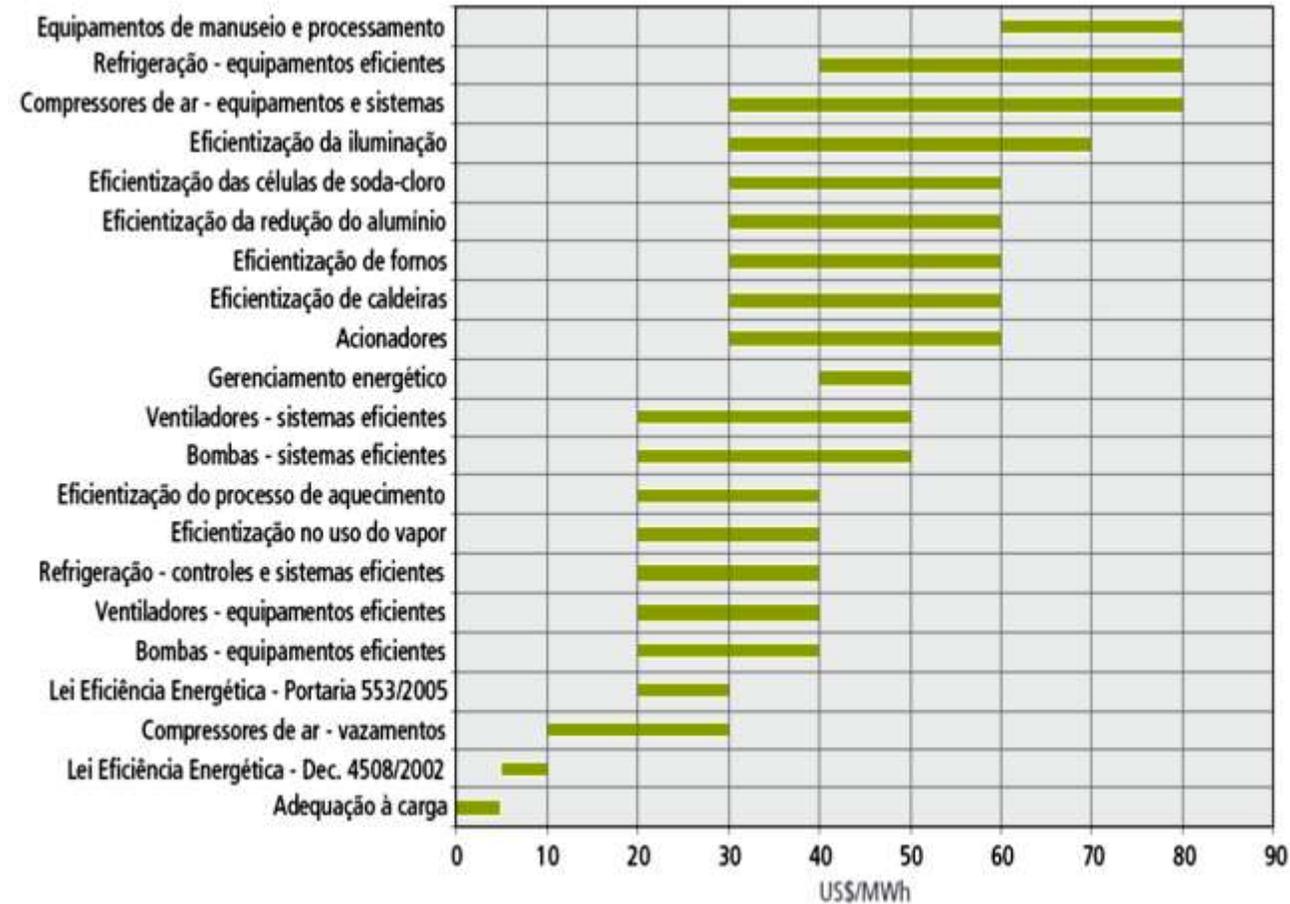
Uso da energia	Indicador	Nível de Prioridade Técnica para ações e medidas de conservação
Força motriz		
Bombas para movimentação de líquidos	Consumo de energia por volume bombeado	Máxima
Ventiladores para movimentação forçada de ar	Consumo de energia por unidade de área ou volume do recinto	Máxima
Compressores de ar para compressão de ar para diversas aplicações	Consumo de energia por volume produzido	Média
Refrigeração: equipamentos de refrigeração e condicionamento ambiental	Consumo de energia por grau de temperatura necessário	Máxima
Manuseio: equipamentos para transporte e adequação de produto ou material	Consumo de energia por tonelada de material transportado	Média
Processamento: equipamentos que modificam, de alguma forma, o produto ou material processado	Consumo de energia por tonelada de produto processado	Média
Calor de processo		
Utilizado através de troca de calor com vapor d'água ou fluidos térmicos gerados em caldeiras	Consumo de energia por tonelada de vapor produzido	Máxima
Aquecimento direto		
Utilizado em processos de aquecimento de massas líquidas ou sólidas; produzido por fornos a combustível ou fornos elétricos, quando se requer controle fino de temperatura (fornos a arco), ou por fornos a indução, quando se necessita de um aquecimento indireto e uniforme	Consumo de energia por tonelada de produto	Máxima
Eletroquímica		
Utilizada para redução de óxido para metal na indústria de alumínio; no processo de purificação do cobre; no processo de produção de cloro	Consumo de energia por tonelada de produto	Máxima

Energia térmica e eletricidade

Logo, há necessidade de medir, monitorar, acompanhar, modificar

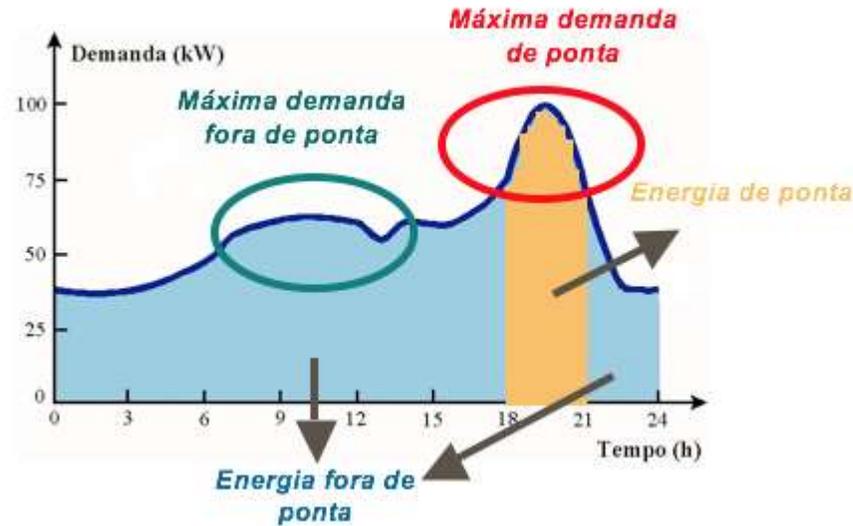
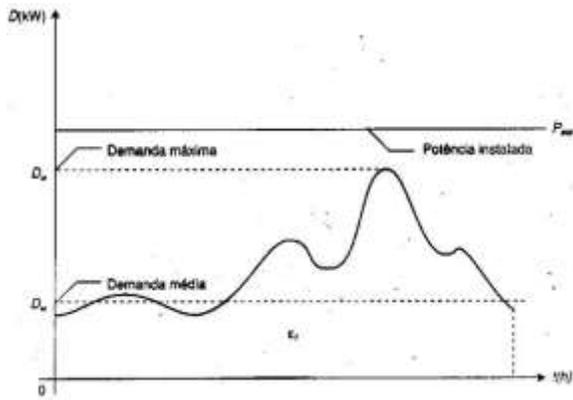
Gestão

Custo das medidas de eficiência energética para o setor industrial

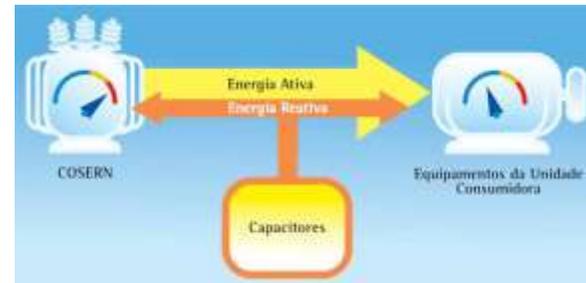


A gestão do consumo de energia Economia e produtividade

Objetivo econômico-financeiro com a conta de energia elétrica



Correção do fator de potência



Tarifas de energia elétrica

Critérios de tensão e demanda contratada

Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica (ponta úmida e seca e fora de ponta úmida e seca) e de demanda de potência (ponta e fora de ponta), de acordo com as horas de utilização do dia;

Verde: modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica (ponta úmida e seca e fora de ponta úmida e seca), de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência (ponta e fora de ponta);

Convencional Binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;

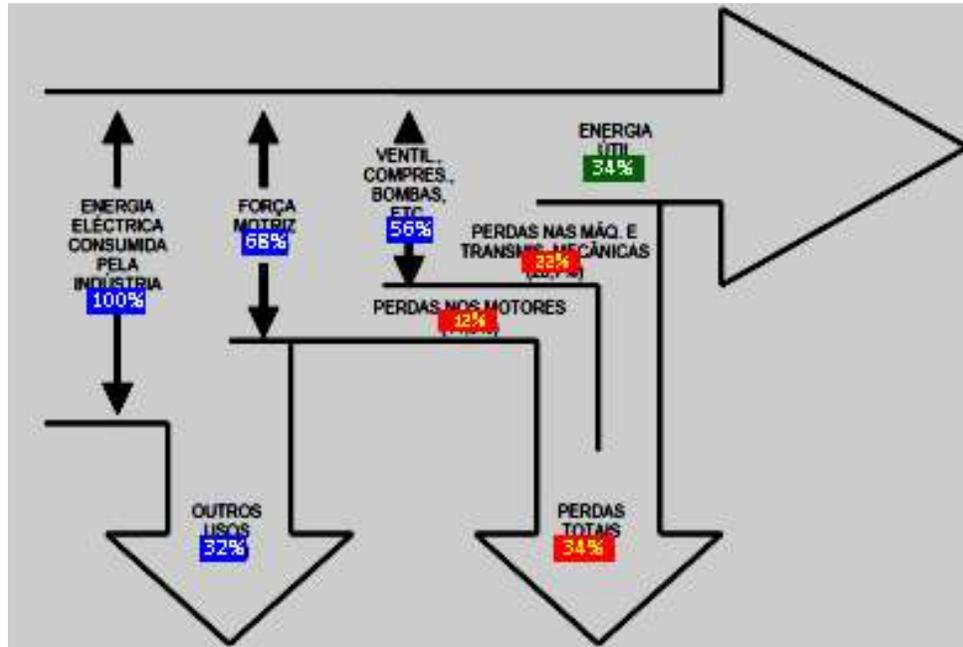
Convencional Monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;

Branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

A gestão do consumo de energia

Economia e produtividade

Motores elétricos



Exemplo de avaliação quantitativa



Motor Standard
100 cv - 4 pólos
24 h, 365 dias, R\$ 0,23/kWh
Rend.(%): 92
R\$ energia/ano: 164.250,00



Motor de Imãs
100 cv - 4 pólos
24 h, 365 dias, R\$ 0,23/kWh
Rend.(%): 96,5
R\$ energia/ano: 156.590,67



Melhoria de 4% no rendimento resultou em uma economia anual de R\$ 7.659,33

Motores de Indução Standard ($\mu = 92\%$)

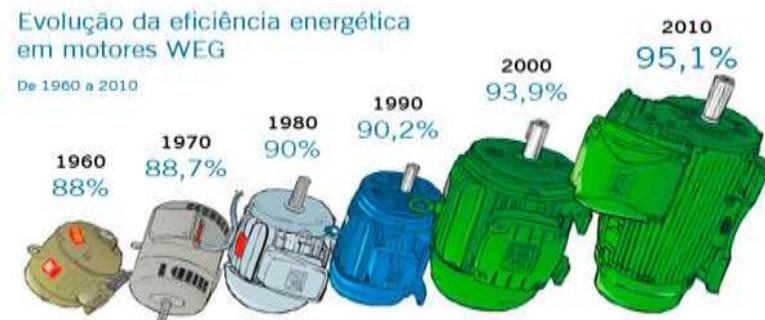


Outros motores elétricos eficientes

- Motores de Indução de Alto Rendimento ($\mu= 93,2\%$)



- Motores de Indução de Alto Rendimento Prêmio ($\mu= 94,6\%$)



Sistemas de iluminação

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica



Requisitos para elaboração de um projeto de iluminação

- Obter nível de iluminação adequado em função das características de utilização do ambiente e de acordo com as normas técnicas que recomendam os níveis de iluminação;
- Garantir uma iluminação uniforme dos planos de trabalho, evitando grandes diferenças de luminâncias dentro do campo visual, que podem causar ofuscamento e impressão de mal-estar;
- Oferecer uma correta reprodução de cores dos objetos e ambientes iluminados;
- Utilizar equipamentos energeticamente eficientes;
- Adaptar o sistema de iluminação às características estéticas do local.

Sistemas de iluminação

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica



Algumas medidas de eficiência energética

- A tensão de operação deve ser compatível com a tensão de rede da concessionária. Se a tensão de rede estiver acima da nominal, haverá maior emissão de luz e maior consumo de energia, o que encurtará a vida útil das lâmpadas. Se a tensão estiver abaixo da nominal, haverá menor emissão de luz, o que aumentará a necessidade de número de pontos de luz instalados para recuperar a perda
- Lâmpadas embutidas no teto ou em luminárias do tipo spot sem refletor constituem uma péssima solução, pois, além de provocar perda de luz, produzem um aquecimento excessivo do conjunto, causando falha prematura de funcionamento e reduzindo a eficiência. Nesses casos, devem ser utilizadas sempre lâmpadas refletoras e, se a luminária for de corpo profundo, lâmpadas com refletores
- Quando for necessária uma iluminação dirigida sobre o plano de trabalho, devem ser utilizadas lâmpadas refletoras a fim de se obter um maior rendimento do sistema de iluminação
- Não devem ser utilizadas lâmpadas incandescentes de bulbo fosco ou leitoso dentro de globos translúcidos, pois isso reduz em cerca de 40% o fluxo emitido. Nesse caso, devem ser utilizadas lâmpadas transparentes
- Devem-se utilizar lâmpadas de bulbo leitoso apenas quando houver problemas de ofuscamento
- Deve-se sempre verificar a possibilidade de substituir as lâmpadas por outras de menor potência, mais eficientes, de maior durabilidade e que produzam a mesma quantidade luminosa

Sistemas de iluminação

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Algumas medidas de eficiência energética

- A vida útil das lâmpadas de descarga pode ser aumentada ao se reduzir o número de vezes que são acesas ou apagadas, pois isso desgasta o material ativo dos eletrodos no momento da ignição, além de submeter a lâmpada às variações de temperatura e pressões internas
- Onde for possível, deve-se usar uma única lâmpada de maior potência, pois, geralmente, lâmpadas do mesmo tipo, de maior potência, são mais eficientes
- Os reatores devem ser compatíveis com as lâmpadas utilizadas. Deve-se observar também a tensão de alimentação do local, pois uma mesma lâmpada pode receber reatores diferentes se operar em 220V ou 127V. Para se saber qual conjunto reator-lâmpadas será o mais eficiente sob o ponto de vista da conservação de energia, algumas alternativas devem ser analisadas. Normalmente, a alternativa com menor custo inicial nem sempre é a solução mais econômica, considerando-se o custo de operação. O melhor é escolher um conjunto que apresente o menor consumo de energia possível durante sua vida útil e que tenha maior rendimento, isto é, menores perdas
- Quanto ao projeto de iluminação, ele deve ser compatível com as necessidades do local a ser iluminado
- A luminária escolhida deve apresentar a curva de distribuição mais adequada ao seu caso particular e fator de utilização mais alto;
- A manutenção do conjunto de iluminação deve ser periódica para se evitar o acúmulo de sujeira e poeira, pois isso diminui o fluxo emitido e reduz o rendimento do conjunto de iluminação
- Os elementos de controle de luz mal projetados em um determinado ambiente ou luminária diminuem a quantidade de luz emitida, aumentam o consumo de energia e tornam o conjunto menos eficiente

Sistemas de iluminação

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Algumas medidas de eficiência energética

- A fim de tornar o projeto de iluminação mais eficiente, deve-se considerar a parcela de luz natural que entra em um ambiente e distribuir os circuitos paralelamente ao sentido das janelas, para que as luminárias possam ser desligadas quando houver luz natural suficiente
- A fim de tornar o projeto de iluminação mais eficiente, deve-se considerar a parcela de luz natural que entra em um ambiente e distribuir os circuitos paralelamente ao sentido das janelas, para que as luminárias ou lâmpadas possam ser desligadas quando houver luz natural suficiente
- Quando o ambiente apresenta necessidades de diferentes níveis de iluminação, deve-se combinar a iluminação geral com a localizada, reduzindo o consumo geral de energia
- Deve-se sempre estudar a possibilidade de substituir lâmpadas por outras de maior luminosidade, sem alterar a iluminação adequada para o local;
- A luz natural deve ser utilizada ao máximo
- É importante seguir as normas NBR 5413, iluminância de interiores, para a iluminação de cada ambiente
- Considerar o emprego de lâmpadas e luminárias que proporcionem conforto visual com mínima carga térmica ambiental
- Dar prioridade à utilização de luminárias sem difusores
- Deve-se usar sensores de presença em ambientes com menor circulação de pessoas
- As luminárias espelhadas para lâmpadas fluorescentes são altamente eficientes, possibilitam cerca de 70% de diminuição no número de lâmpadas e geram grande economia de energia
- Manter o ambiente limpo (paredes, tetos e pisos) e utilizar cores claras, pois elas refletem melhor a luz
- Se o uso de divisórias não puder ser evitado, escolher divisórias baixas para reduzir a absorção de luz e permitir que ela alcance áreas adjacentes
- Verificar a possibilidade de rebaixar luminárias em ambientes de pé-direito muito alto
- Utilizar mobília de cor clara, de preferência sem superfície brilhante ou que não proporcione reflexão indesejada
- Dar preferência a ambientes claros, porque absorvem pouca luz e a iluminação sobre o plano de trabalho é melhor
- Oscilações excessivas na rede elétrica podem ocasionar redução na vida média da lâmpada
- No momento da aquisição de um novo aparelho de iluminação, deve-se exigir o selo Procel de economia de energia, dando preferência aos da categoria A (mais eficientes)

Sistemas de iluminação

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Lâmpada Atual						
Incandescente						
Potência (W)	Quantidade	Hora/dia	Dias/mês	Consumo (kWh/mês)	Total Consumo	Custo consumo (R\$/mês)
60	20	16	26	499,2	2995,2	R\$ 590,59
100	60	16	26	2496		
Lâmpada Nova						
Fluorescente Compacta						
Potência (W)	Quantidade	Hora/dia	Dias/mês	Consumo (kWh/mês)	Total Consumo	Custo consumo (R\$/mês)
20	20	16	26	166,4	965,12	R\$ 190,30
32	60	16	26	798,72		
Tarifa (R\$/kWh)		0,19718	Economia mensal	68% R\$ 400,29	Economia anual	R\$ 4.803,49

Potência da LFC (W)	Faixa de Preço		Quantidade LFC	Faixa de Investimento	
20	R\$ 5,50	R\$ 13,90	20	R\$ 110,00	R\$ 278,00
32	R\$ 14,90	R\$ 25,00	60	R\$ 894,00	R\$ 1.500,00
Payback (Faixa)/mês					
				3	4

Foram consideradas, para o cálculo do *payback*, faixas de preços das lâmpadas e obteve-se a faixa de retorno em meses, que foi altamente atrativa, de 3 a 4 meses

Sistemas de refrigeração

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

O custo de operação de uma instalação frigorífica pode ser até 6 vezes maior que o seu custo inicial. Assim, todo o esforço realizado durante o projeto de um sistema frigorífico, para que ele seja eficiente do ponto de vista energético, pode ser desperdiçado se não for implementado um plano de manutenção e monitoramento eficiente



Parâmetros básicos para instalações de pequena capacidade	Parâmetros adicionais para instalações de grande e média capacidade
Pressão de sucção	Temperatura de sucção
Pressão de descarga	Temperatura de descarga
Tempo de operação do compressor	Corrente elétrica do compressor
Nível de óleo do compressor	
Carga de refrigerante (ou nível)	
Temperatura do ambiente refrigerado	
Temperatura de entrada do meio de resfriamento do condensador	Temperatura de saída do meio de resfriamento do condensador
	Temperatura do refrigerante na entrada da válvula de expansão
	Temperatura ambiente
	Consumo de energia
	Temperatura de entrada do ar (ou líquido) do evaporador
	Temperatura de saída do ar (ou líquido) do evaporador

Sistemas de refrigeração

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Aspectos a considerar para início de um bom projeto de efficientização

- A casa de máquinas deve estar localizada em local de fácil acesso
- Devem ser instalados manômetros e termômetros (ou termopares) nos principais pontos da instalação
- Sempre que possível instalar indicador do nível de refrigerante ou visor no reservatório de líquido
- Devem ser instaladas válvulas de bloqueio em pontos estratégicos da instalação e que facilitem a substituição de componentes, como por exemplo, filtros secadores
- Devem ser instalados pontos para a purga de ar, se a pressão de sucção é menor ou próxima da atmosférica

Sistemas de refrigeração

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

- **Considerações Gerais**
- O isolamento é o fator mais importante no consumo energético de uma instalação de conservação pelo frio, tanto pela sua influência em relação à entrada de calor no ambiente refrigerado como pela dificuldade que existe em modificá-lo após construído ou colocado. A transferência de calor para dentro da câmara depende da forma e do tamanho das câmaras, que determinam a superfície exterior por metro cúbico interior. Teoricamente, as perdas mínimas são obtidas para formas cúbicas
- Deve-se considerar a possibilidade de aplicação de compressores parafuso para ajustar melhor a capacidade do sistema a cargas parciais. Os compressores parafuso permitem uma variação de capacidade entre 10 e 100% de sua potência nominal
- Empregar motores elétricos com controle de velocidade
- Verificar o isolamento das tubulações equipamentos e câmaras, valorizando a importância da barreira de vapor como possível fonte de perdas
- As bombas centrífugas devem estar ajustadas às necessidades reais de pressão
- Em sistemas de bombeamento devem-se manter os filtros limpos
- Devem-se manter limpos os filtros das linhas de refrigerante líquido
- Reparar os vazamentos de água ou salmoura
- Empregar um tratamento de água adequado para evitar incrustações e sujeira nos condensadores
- No tratamento de água não se devem utilizar mais produtos químicos que o necessário
- Verificar e ajustar periodicamente a purga contínua das torres de resfriamento para evitar a perda de água e produtos químicos
- Estabelecer um programa de manutenção preventiva
- Verificar, ajustar e balancear as instalações
- Verificar frequentemente a calibragem dos dispositivos de controle
- Automatizar as instalações de controle manual
- Manter os dispositivos de controle de temperatura longe do alcance de pessoas não autorizadas

Sistemas de refrigeração

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Considerando duas câmaras frigoríficas, com dados listados abaixo, como determinar as perdas?

- Temperatura externa média local no verão o $T_{ext} = 35^{\circ}\text{C}$;
- Temperaturas internas medidas para as câmaras 1 e 2: Câmara 1= $-1,0^{\circ}\text{C}$ e Câmara 2 = $-5,0^{\circ}\text{C}$;
- Temperatura recomendada em função dos produtos nas câmaras: o $tr = -1,0^{\circ}\text{C}$;
- Dimensões das câmaras conforme: câmara 1= 15m X 20m X 7m; câmara 2= 12m X 20m X 7 m;
- Paredes de cor verde (cor média);
- Capacidade: CG = 158000 kcal/h (um compressor servindo as duas câmaras);
- Consumo de energia elétrica do motor do compressor: $C_m = 44200 \text{ kWh /mês}$; (O consumo de energia elétrica C_m é calculado como $C_m = P_m \cdot h_{dia} \cdot D_{mês}$, onde P_m é a potência elétrica do motor do compressor, h_{dia} é o número de horas por dia de funcionamento do equipamento e $D_{mês}$ é o número de dias por mês de funcionamento do equipamento);
- Vazão dos forçadores de ar nas câmaras: $Vf1 = 1500 \text{ m}^3/\text{h}$ e $Vf2 = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Iluminação das câmaras 1 e 2: 20 lâmpadas incandescentes de 150 [W] para cada câmara;
- Horas de funcionamento da iluminação por dia: 2 h por dia;
- Dias de funcionamento por mês: 22 dias;
- As câmaras não possuem termostato;
- Características do material de isolamento das câmaras: espessura de 100 mm (0,10 m), coeficiente de condutividade térmica: $k = 0,035 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$. O valor de k é função do tipo de isolamento (cortiça expandida pura);
- Área estimada dos vãos e aberturas nas câmaras: $A_{est} = 0,04 \text{ m}^2$

Sistemas de refrigeração

Exemplo de avaliação quantitativa para projetos de conservação de energia elétrica

Efetuada os cálculos das perdas devidas:

- ao nível inadequado de temperatura (Pt)
- ao tipo inadequado de iluminação (Pil)
- à incidência direta de raios solares e isolamento deficiente (Pit)
- ao calor excedente no teto nas câmaras (Pirr)
- por vedação precária das portas e cortinas (Pved)

Perdas totais das câmaras

Pt	416,69	kWh/mês
Pil	26,4	kWh/mês
Pit	11.050	kWh/mês
Pirr	188,8	kWh/mês
Pved	1,7	kWh/mês
Total	11.683,59	kWh/mês

Considerando uma tarifa de eletricidade para o setor de R\$ 0,19718/kWh encontra-se um valor total de perdas de R\$ 2.303,77/mês ou R\$ 27.645,24/ano

Análise Econômica de Investimentos em Energia

- Taxa de Desconto, Valor Presente, Valor Futuro, FRC (aplicar também Fator de Recuperação de Capital)
- Tempo de Retorno (Payback)
- Taxa Interna de Retorno
- Custo da Energia Economizada

Conclusão

Gestão de Consumo de Energia na Indústria

APOIAR O MOVIMENTO DA SUSTENTABILIDADE: Muitas empresas, isoladamente, têm aderido ao movimento da sustentabilidade. O que fazer para entrar nessa lista seleta?

- Executar a estratégia de sucesso
- Apresentar comportamento exemplar nas dimensões econômica, ambiental (incluindo energética e de uso da água) e diretrizes de responsabilidade social
- Efetivar a gestão de consumo de energia como prioridade não só econômica, mas de responsabilidade com o meio ambiente
- Criar e manter as CICE's; parcerias com ESCO's e consultorias; universidades
- Adotar os planos da *International Organization for Standardization* (ISO)
- Participar os relatórios gerenciais da gestão – os *press releases* e outras fontes de informação independentes sobre a empresa - com os seus colaboradores internos
- Avaliação positiva da mídia, da sociedade e da própria corporação

Obrigado !

ivo_dorileo@ufmt.br

niepe@ufmt.br