GESTÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

João Martins (jf.martins@fct.unl.pt)

Faculdade de Ciências e Tecnologia

(MEER + MERCEUS)

Eficiência Energética e Comissionamento

- Eficiência Energética
- Situação atual
- Medidas para melhorar a Eficiência Energética
- Comissionamento

Objetivos

- Enquadrar o problema energético e a necessidade de aumentar a Eficiência Energética
- Definir as etapas de um programa de Eficiência Energética
- Identificar medidas de Eficiência Energética ativa e passiva
- Identificar medidas concretas de Eficiência Energética
- Relacionar Comissionamento e Eficiência Energética
- Identificar os vários tipos de Comissionamento
- Identificar a necessidade de monitorização

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



ALGUMAS DEFINIÇÕES

- **Consumo final total** é a quantidade total de energia consumida pelos vários setores finais; excluindo perdas na produção e transporte de energia, produção própria e outras perdas.
- **Eficiência energética ajustada ao consumo final total** tem em consideração as hipotéticas poupanças devidas a melhorias na eficiência energética.
- **Consumo especifico de energia** é a razão entre o consumo de energia e a produção [saída económica (ex. valor acrescentado) ou física (ex. energia usada por tonelada de cimento produzido) ou de atividade (ex. energia usada por hospede por dia)], num período de tempo
- **Intensidade energética** representa a quantidade de energia, expressa em toneladas equivalentes de petróleo, necessária para produzir uma unidade de riqueza, num determinado processo.
- **Produtividade energética** é a quantidade económica (ou outra saída) por unidade de energia consumida. É o inverso da intensidade energética.

(Fonte: IEA, http://www.iea.org/topics/energyefficiency/)

CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA

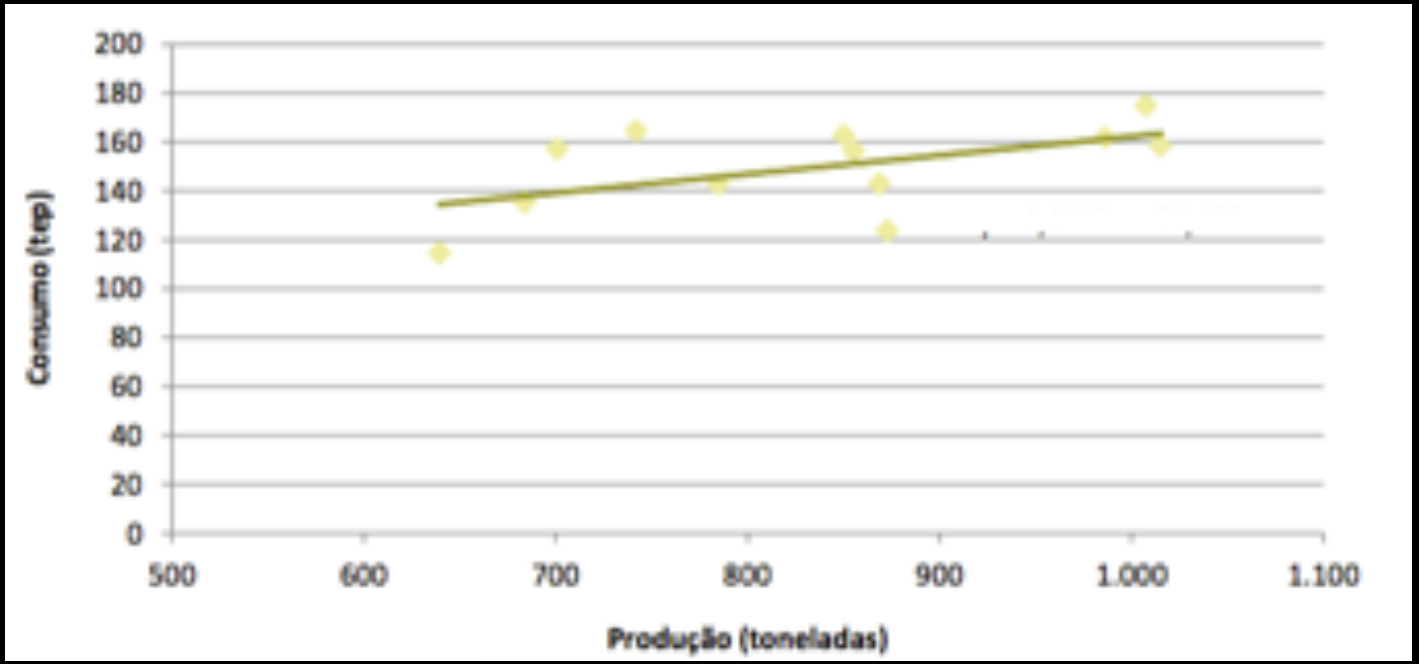
- **Consumo especifico de energia** é a razão entre o consumo de energia e a produção, num período de tempo

$$CEE = \frac{Consumo\ total\ de\ energia\ (tep)}{Produção\ total}$$

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Produção (toneladas)	869	785	1.015	684	855	742	873	640	850	986	1.008	701	**10.007**
C. de Energia (tep)	143	143	158	135	156	164	124	115	163	162	175	157	**1794**
CEE (kgep/toneadas)	164	182	156	198	183	222	142	179	191	164	173	224	**179,3**

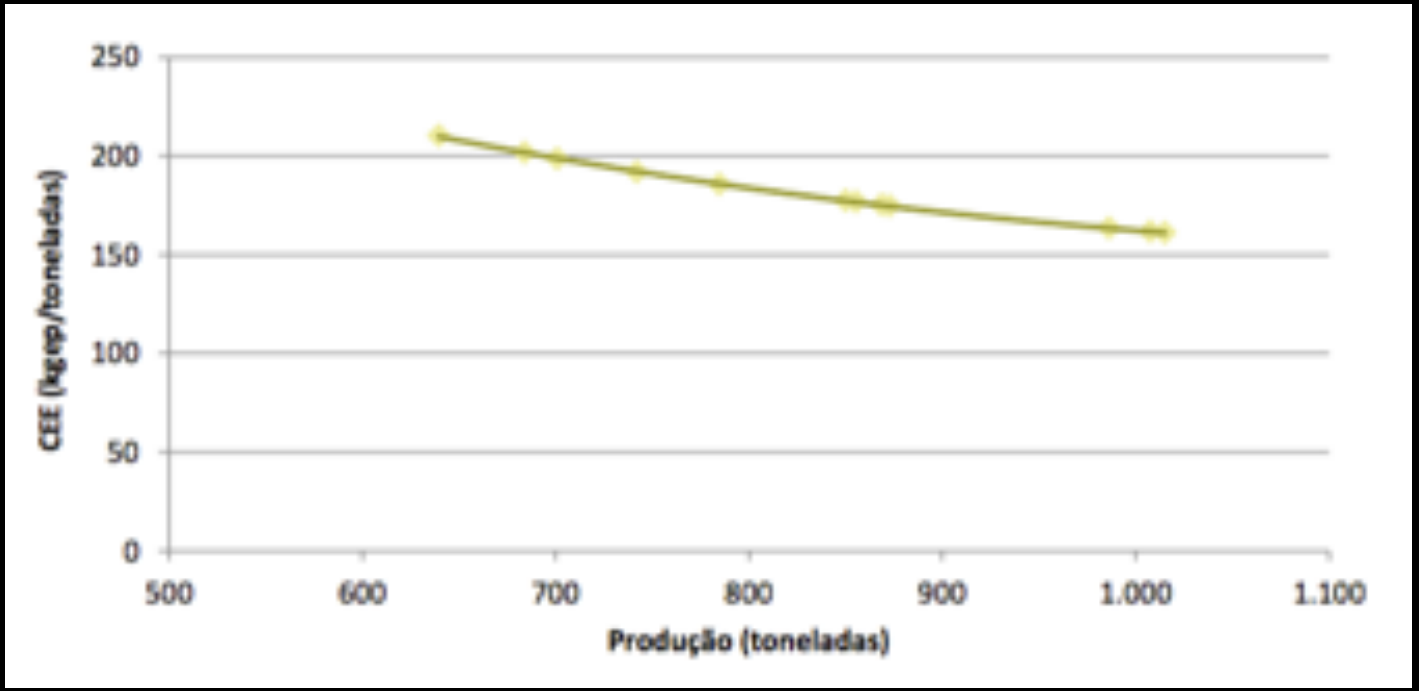
CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA

- **Consumo especifico de energia** é a razão entre o consumo de energia e a produção, num período de tempo



CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA

- **Consumo especifico de energia** é a razão entre o consumo de energia e a produção, num período de tempo



CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA

- **Consumo especifico de energia** é a razão entre o consumo de energia e a produção, num período de tempo

PRODUTOS	K	
	Valores	Unidades
3319.1.0 - Fabricação de artigos de cortiça		
Aglomerado negro de cortiça	50	kgep/m^3
Aglomerado branco de cortiça	120	kgep/m^3
Granulado	50	kgep/t
3411.1.0 - Fabricação de pastas de papel		
Pasta crua de eucalipto pelo processo do bissulfito	115	kgep/t
Pasta branqueada de eucalipto pelo processo do bissulfito	215	kgep/t
Pasta crua de pinho pelo processo Kraft (50% de humidade)	65	kgep/t
Pasta crua de pinho pelo processo Kraft (90% de secura)	95	kgep/t
Pasta semibranqueada de pinho pelo processo Kraft	200	kgep/t
Pasta semibranqueada de eucalipto pelo processo Kraft	195	kgep/t
Pasta branqueada de eucalipto pelo processo Kraft	205	kgep/t

INTENSIDADE ENERGÉTICA

- **Intensidade energética** representa a quantidade de energia, expressa em toneladas equivalentes de petróleo, necessária para produzir uma unidade de riqueza, num determinado processo.

$$IE = \frac{Consumo\ total\ de\ energia\ (tep)}{Valor\ Acrescentado\ Bruto\ (€)}$$

Consumo de Energia (tep)	VAB Preços Correntes (€)	Intensidade Energética (kgep/€)
1.794	2.901.258	0,618

A intensidade energética reflete a contribuição da componente energética no valor acrescentado bruto...

INTENSIDADE ENERGÉTICA

- **Intensidade energética** representa a quantidade de energia, expressa em toneladas equivalentes de petróleo, necessária para produzir uma unidade de riqueza, num determinado processo.

$$VAB = SNC71 + SNC72 + SNC74 + SNC81 - SNC61 - SNC62 - SNC88$$

SNC 71 – vendas

SNC 72 – prestação de serviços

SNC 74 – trabalhos para a própria entidade

SNC 781 – rendimentos suplementares

SNC 61 – custos das mercadorias vendidas e das matérias consumidas

SNC 62 – fornecimentos e serviços externos

SNC 688 – outros custos

Despacho no17449/2008 de 27 de Junho, da Direção Geral de Energia e Geologia

(SNC – Sistema de Normalização Contabilística)

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética é uma forma de gerir e restringir o crescimento no consumo de energia. Algo é mais energeticamente eficiente, se oferecer mais serviços para o mesmo consumo de energia, ou os mesmos serviços para o mesmo consumo de energia. Por exemplo, quando uma lâmpada fluorescente compacta (CFL) usa menos energia do que uma lâmpada incandescente, para fornecer o mesmo fluxo luminoso, a CFL é considerada mais energeticamente eficiente.

(Fonte: IEA, http://www.iea.org/topics/energyefficiency/)

Eficiência energética é "usar menos energia para fornecer o mesmo serviço".

Existem outras definições, mas este é uma boa definição operacional...

Eficiência energética não é a conservação de energia !!!

Conservação de energia é reduzir ou ficar sem um serviço para economizar energia.

(Fonte: E.O. Lawrence, Berkeley National Laboratory, http://eetd.lbl.gov/ee/ee-1.html)

EFICIÊNCIA POR SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTO – O EXEMPLO DA ILUMINAÇÃO

- Para obter um tempo de vida útil (todos no total) de 25.000 horas são necessárias 25 lâmpadas convencionais incandescentes (de 40 W cada uma).
- Durante esse tempo de vida necessitam 1.000 kWh de energia.
- A preços de referencia, isto significa que têm de se comprar 25 lâmpadas por cerca de 25 € e gastar 210 € para pagar a energia.
- Estas lâmpadas emitem quase 500 kg de CO2 para a atmosfera.
- Uma única lâmpada do tipo LED tem o mesmo tempo de vida de 25.000 horas.
- Necessita de apenas 8 W.
- O Consumo energético durante esse período é de apenas 200 kWh.
- Emite apenas 100 kg de CO2 a um preço de 40 € (mais 42 € para o consumo energético).

EFICIÊNCIA POR SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTO – O EXEMPLO DA ILUMI

- Para obter um tempo de vida útil (todos no t
necessárias 25 lâmpadas convencion
- Durante esse tempo de vida
- Aos preços actuai
cerca de 25 €
- Est



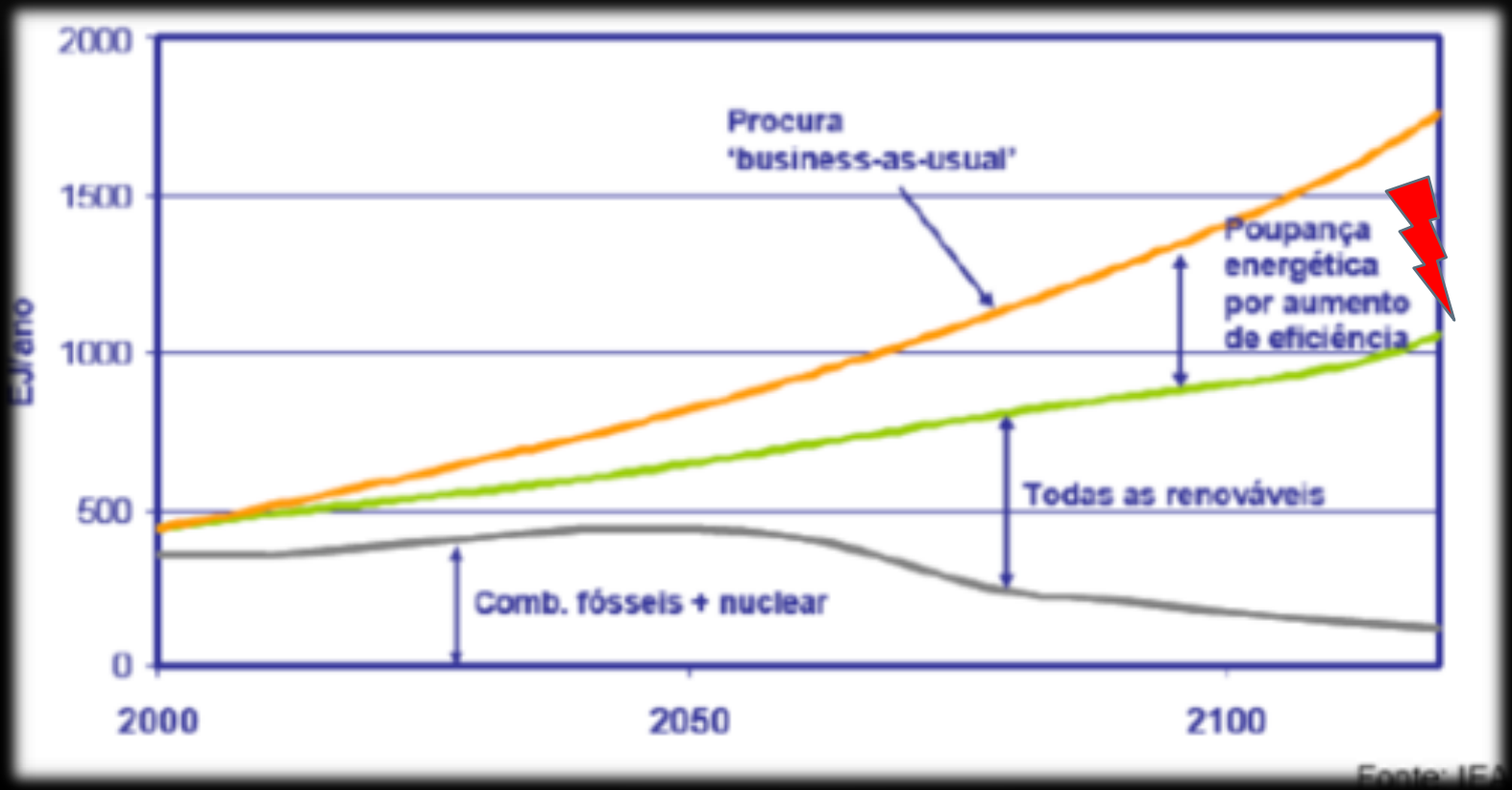
lâmpada do tipo LED mesmo tendo
000

ia de apenas 8 W

energético durante
e de apenas 200 kWh.

1000
preço de 40 € (mais 42 € para o

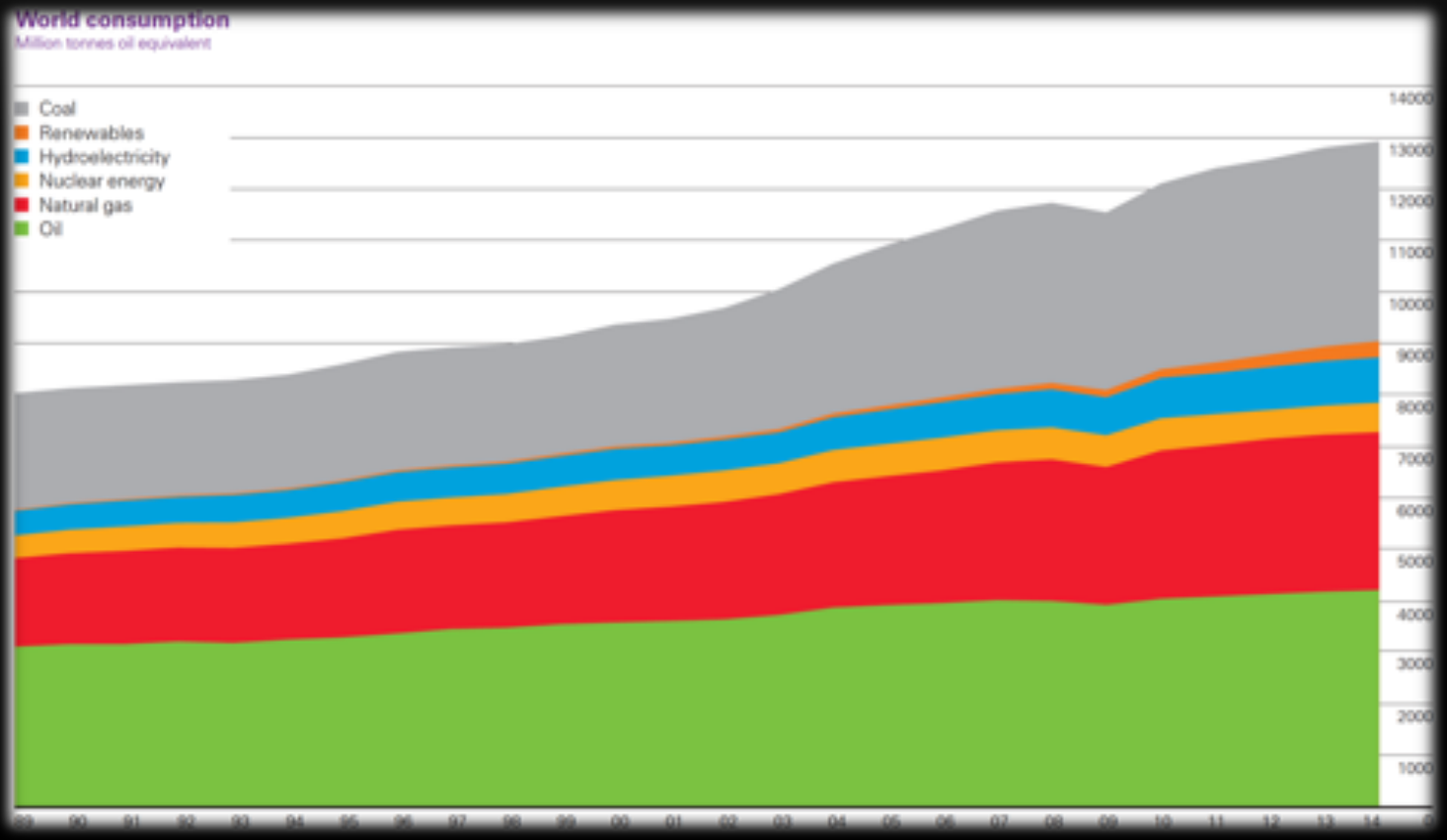
O DESAFIO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



SITUAÇÃO ATUAL

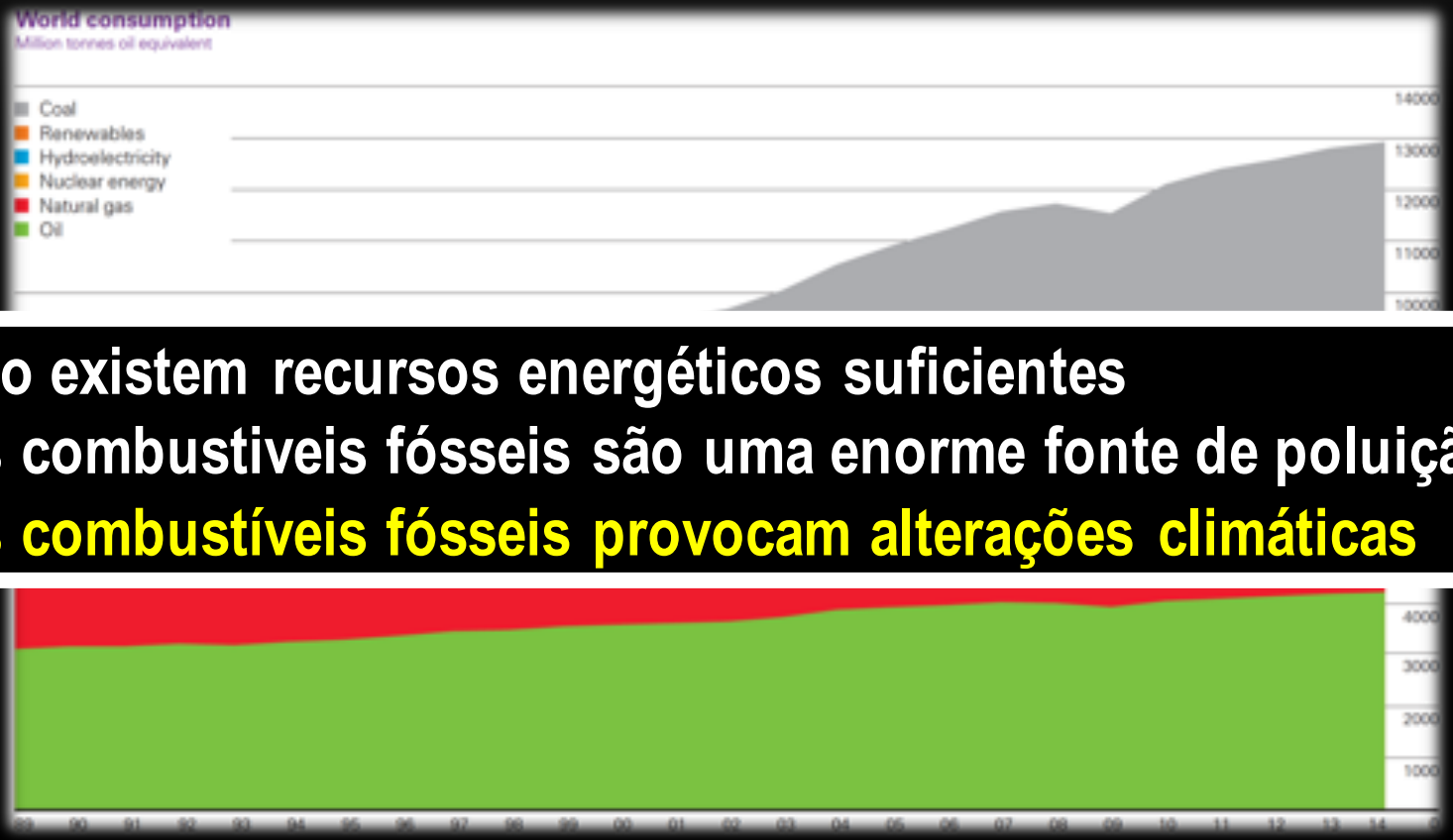


UMA TENDÊNCIA INSUSTENTÁVEL...



Fonte: BP Statistical Review of World Energy, June 2015 (bp.com/statisticalreview)

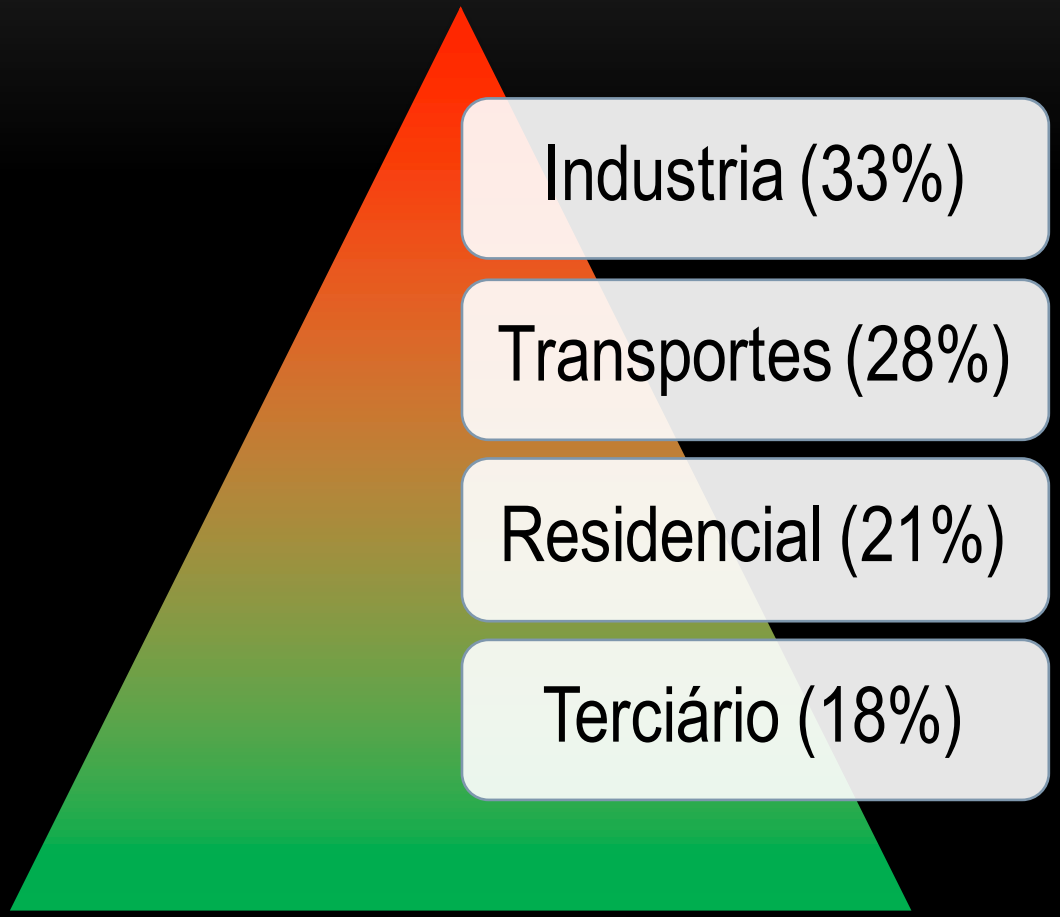
UMA TENDÊNCIA INSUSTENTÁVEL...



- **Não existem recursos energéticos suficientes**
- **Os combustiveis fósseis são uma enorme fonte de poluição**
- **Os combustíveis fósseis provocam alterações climáticas**

Fonte: BP Statistical Review of World Energy, June 2015 (bp.com/statisticalreview)

CONSUMO DE ENERGIA POR SETOR

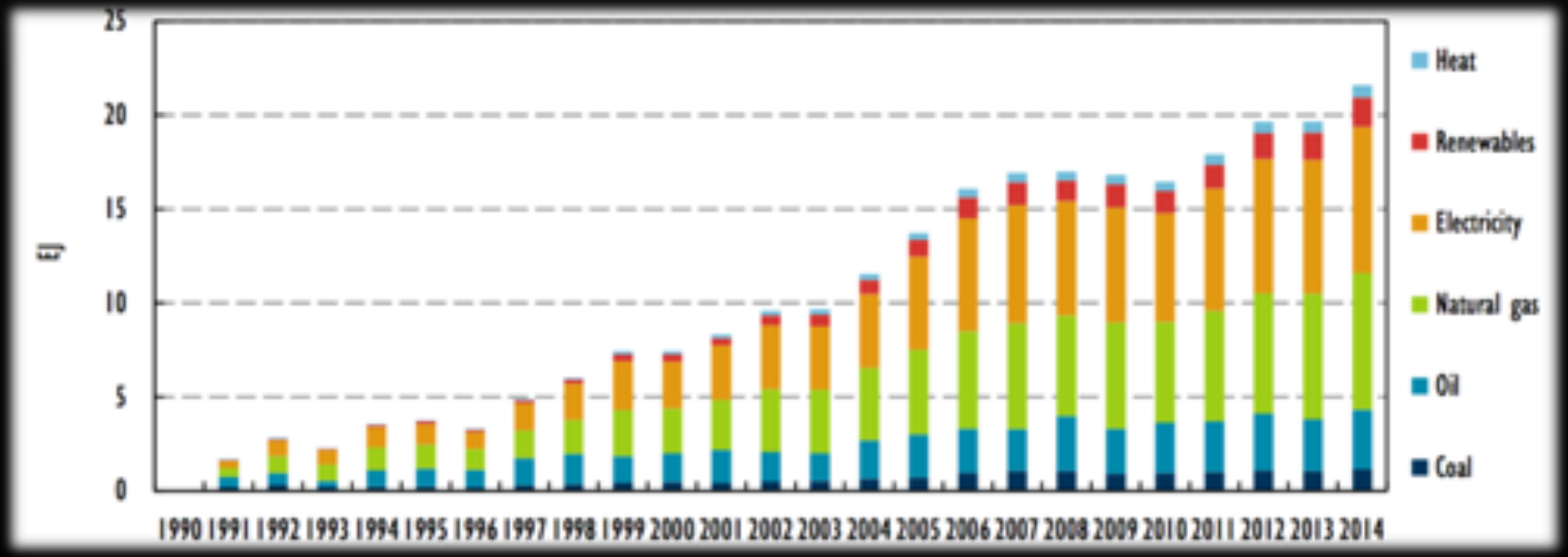


Fonte: IEA

A SITUAÇÃO EM 2014...

- A intensidade energética dos países da OCDE diminui 2,3%.
- O consumo de energia nos países da OCDE é tão baixo como em 2000, enquanto que o Produto Interno Bruto aumentou 26%.
- O aumento da eficiência energética nos paises da IEA, desde 1990, evitou 10,2 biliões de toneladas de emissões de CO_2.
- O aumento dos investimentos na eficiência energética em edificios aumentaram substancialmente.
- O consumo de energia elétrica nos paises da IEA foi “alisado” devido ao aumento da eficiência energética. Estes investimentos, desde 1990, permitiram poupar 2200 TWh em 2014.

A SITUAÇÃO EM 2014...

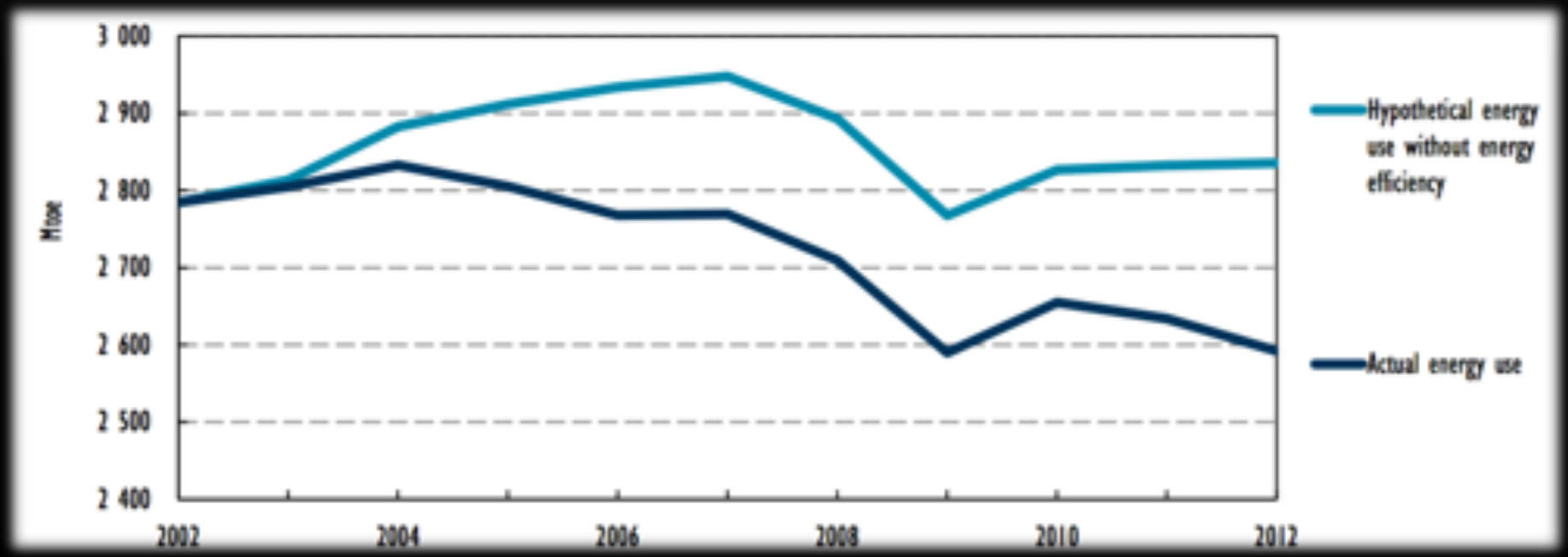


Fonte: IEA

USAR A ENERGIA DE FORMA EFICIENTE:

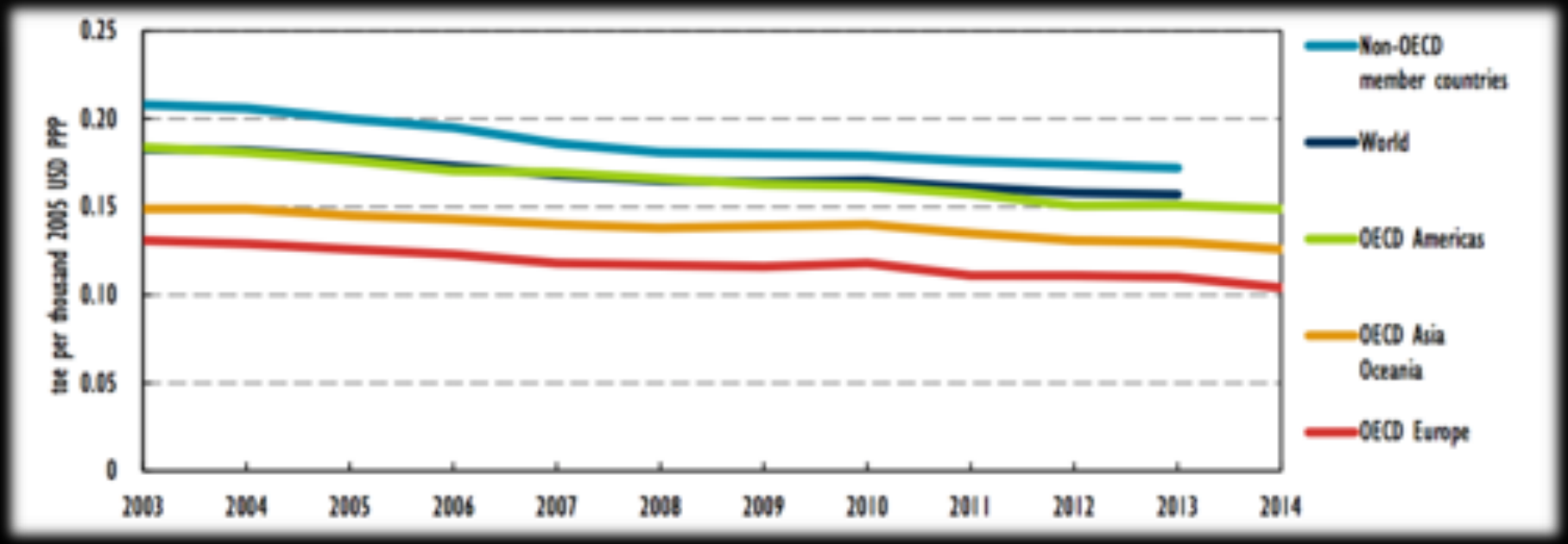
- Reduz a produção de gases de estufa
- Permite atingir poupanças de energia imediatas (na ordem dos 30%)
- É uma forma mais barata, rápida e “limpa” de conter as alterações climáticas

CONSUMO DE ENERGIA ATUAL E HIPOTÉTICO, CASO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NÃO TIVESSE MELHORADO



Fonte: Energy Efficiency Market Report 2015 , IEA

EVOLUÇÃO DA INTENSIDADE ENERGÉTICA, POR REGIÃO



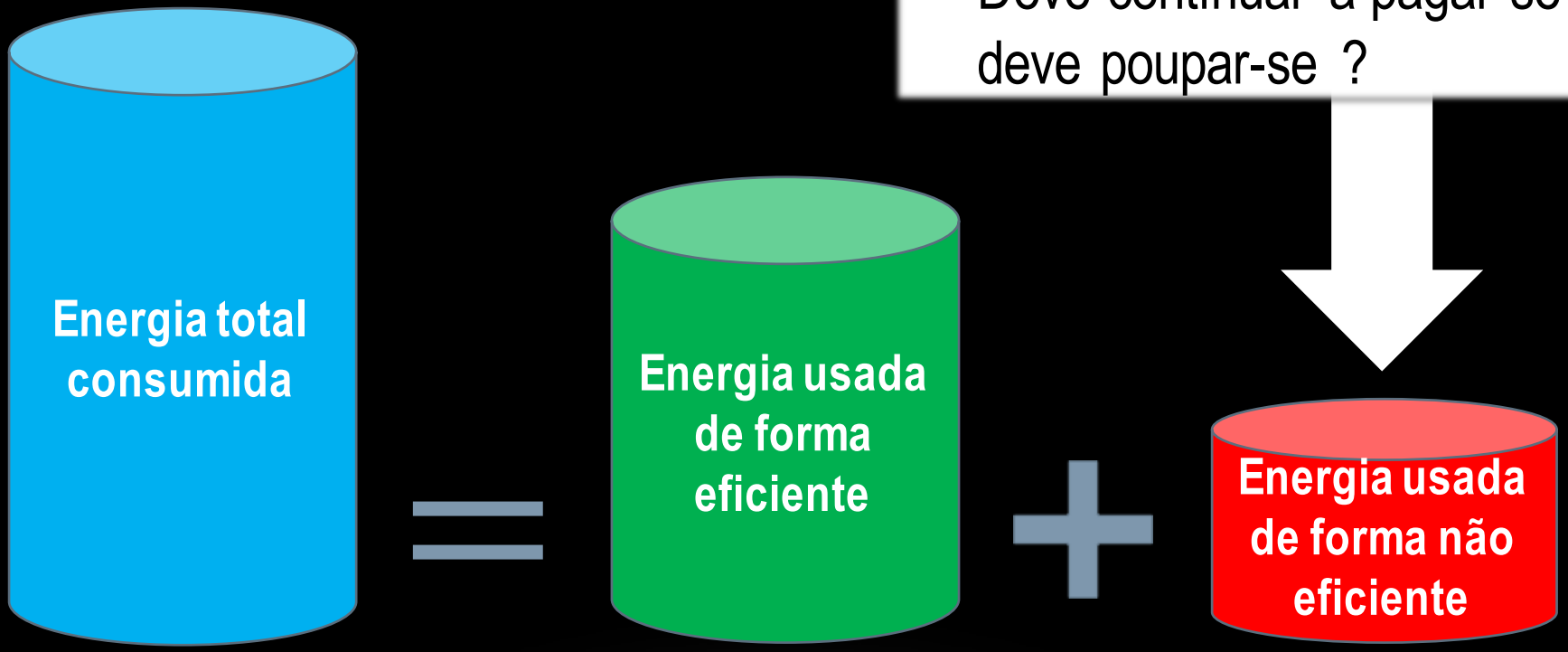
Fonte: Energy Efficiency Market Report 2015 , IEA

MEDIDAS PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

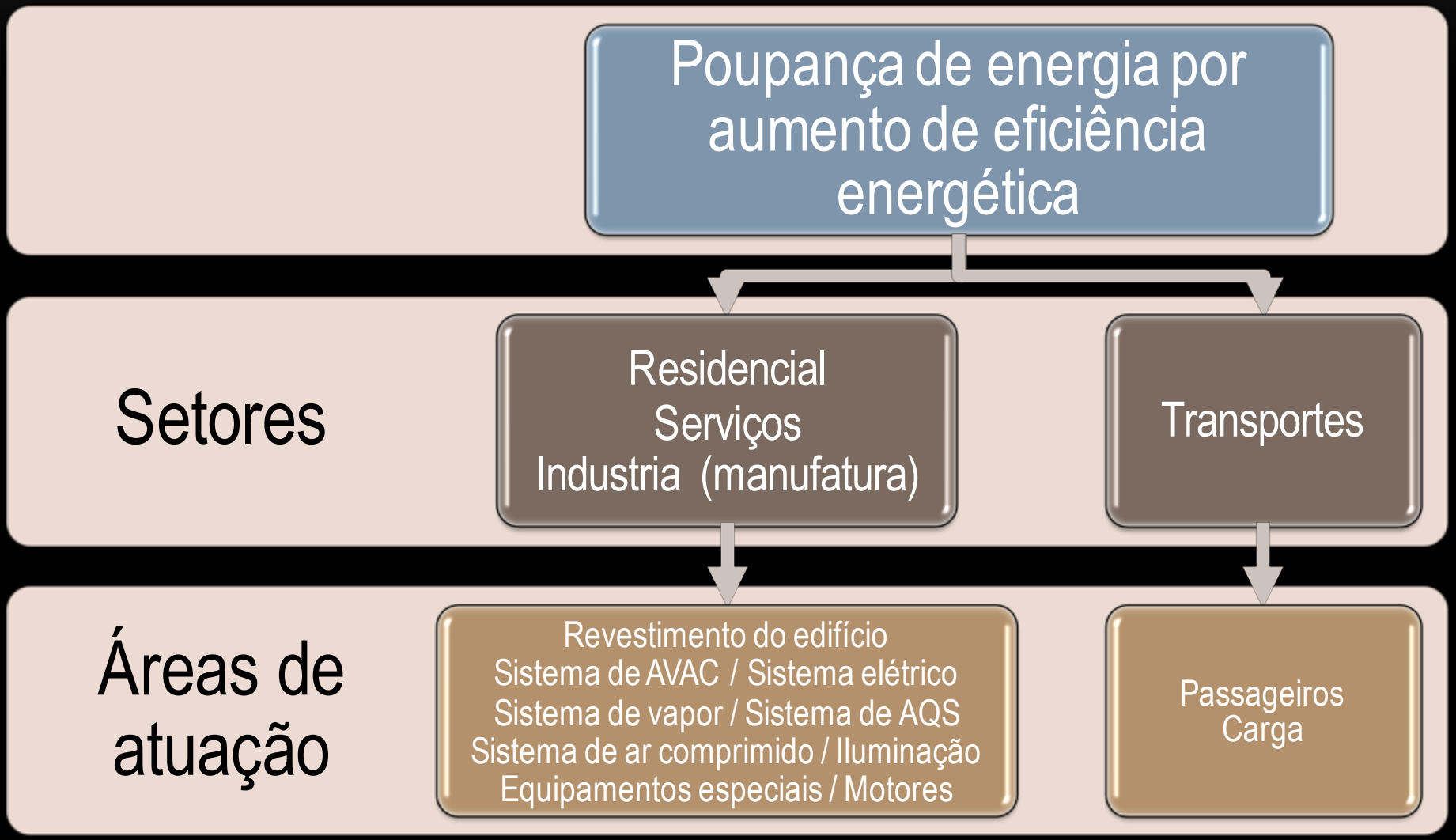


EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – UM CUSTO DE OPORTUNIDADE...

- Parcela paga todo os anos...
- Deve continuar a pagar-se ou deve poupar-se ?



PRINCIPAIS SETORES/AREAS DE ATUAÇÃO



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



MEDIDAS PASSIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- Substituição de materiais/equipamentos menos eficientes e utilização de sistemas mais eficientes
  - Substituição de motores por motores de elevado rendimento
  - Substituição de lâmpadas antigas por lâmpadas mais eficientes
  - Colocação de novos isolamentos
  - Reparação de fugas

MEDIDAS PASSIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- Medidas passivas de eficiência energética podem permitir poupanças hipotéticas na ordem dos 10-15%, mas podem também não ser alcançadas
  - Iluminação pode ser deixada ligada...
  - Janelas podem ser abertas com sistemas de AVAC a funcionar...
  - Motores podem ser mal operados...

MEDIDAS PASSIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- Medidas passivas de eficiência energética pod
  permitir poupanças hipotéticas na
  mas podem também nã
  - Ilumi
  -
    - Aumento da consciência energética dos utilizadores
    - Adoção de medidas ativas de eficiência energética (permitem maximizar e sustentar as medidas passivas além de potenciar poupanças adicionais)
  - M

O que pode ser feito para resolver este problema ?

MEDIDAS ATIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

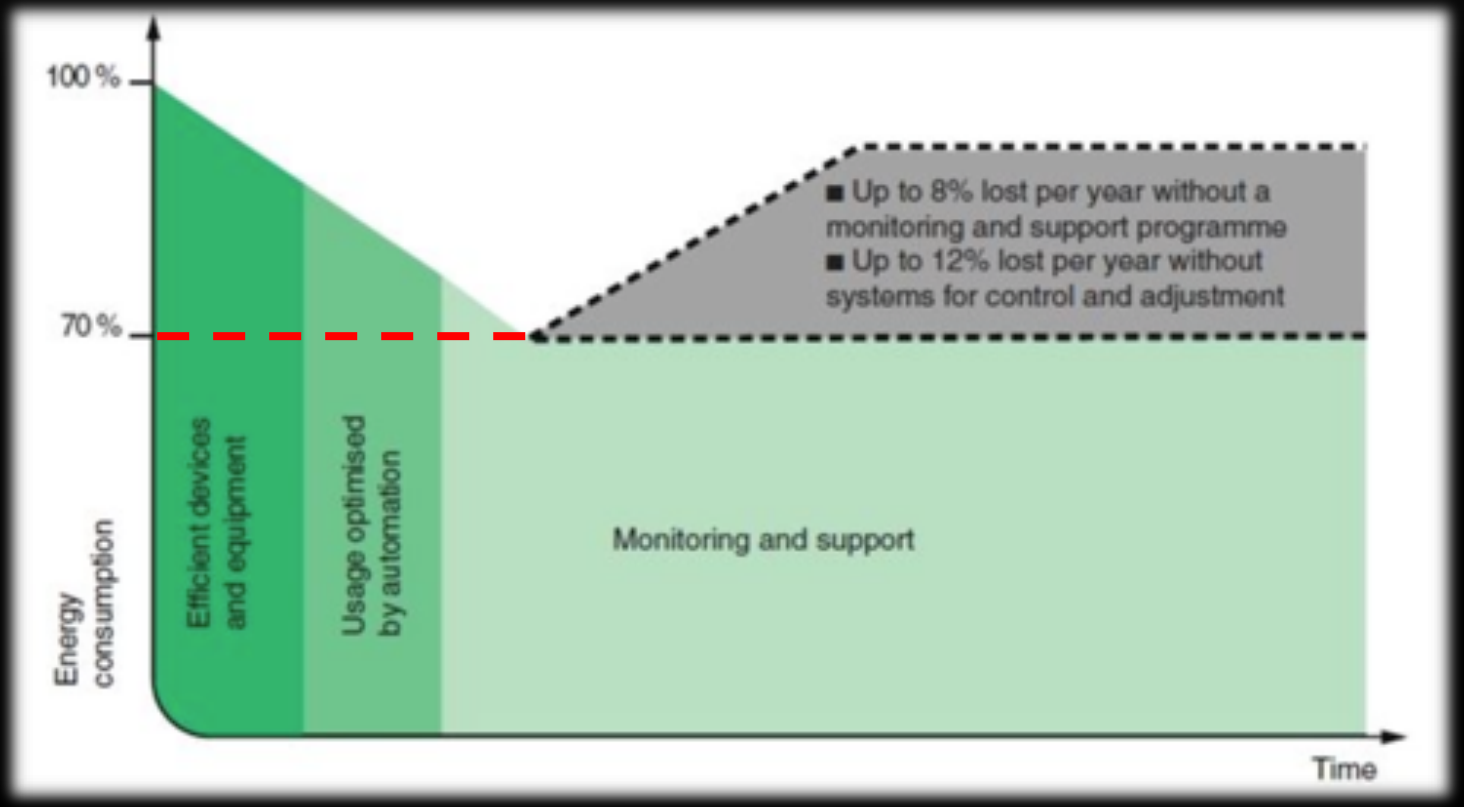
- Medidas baseadas em sistemas de controlo automático, regulação e automação
  - Possibilitam a utilização da energia de forma mais eficiente/inteligente, alcançando os mesmos resultados com menor consumo de energia
  - Aumento da consciência energética dos utilizadores pode ser considerada uma medida ativa, mas obriga a uma monitorização constante

MEDIDAS ATIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- Medidas baseadas em sistemas de controlo automático, regulação e automação
  - Possibilitam a utiliza… …is eficiente/in… …ergia
  - …ncia energética dos utilizadores … considerada uma medida ativa, mas obriga a uma monitorização constante

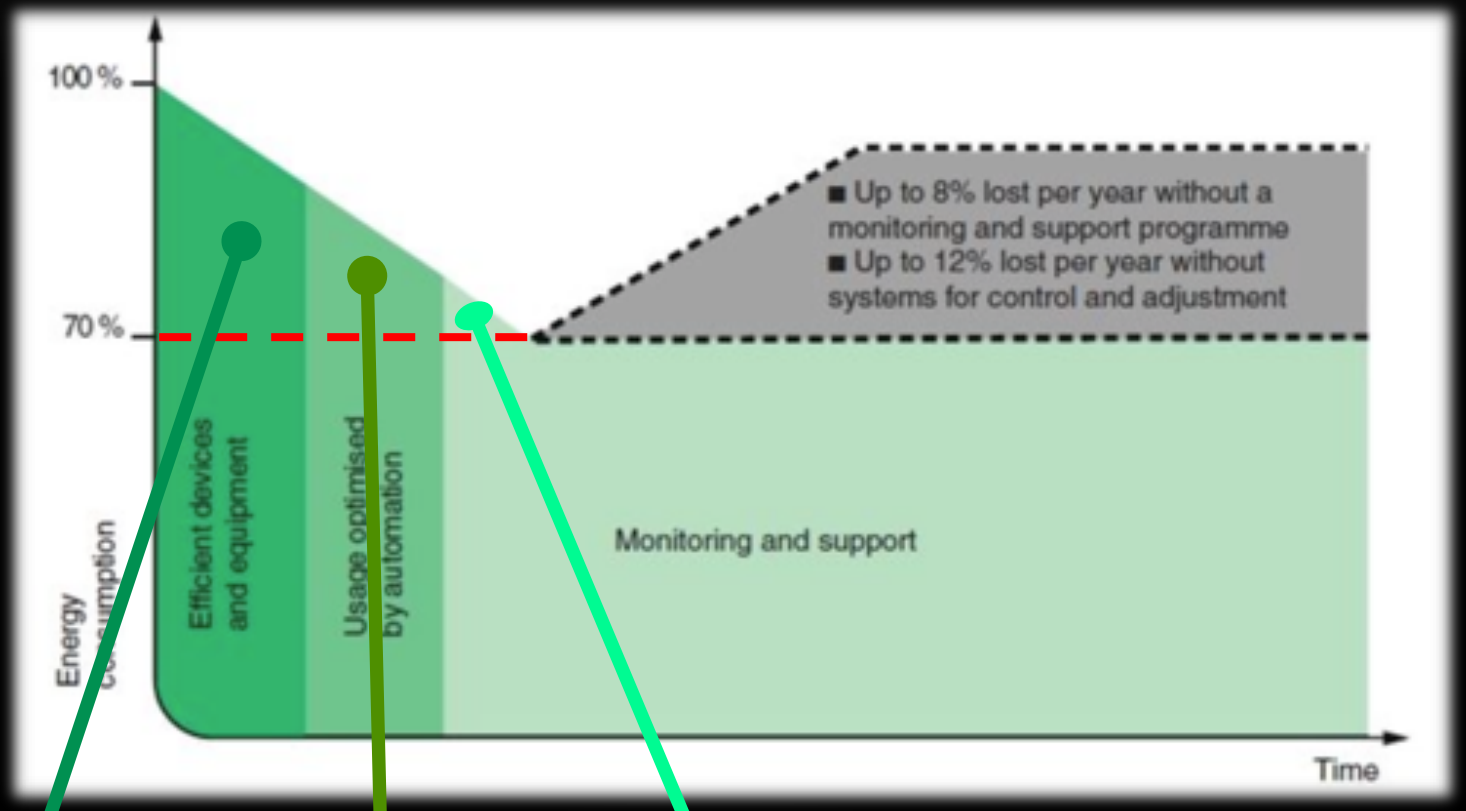
As medidas ativas são geralmente implementadas por recurso a SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA

MEDIDAS ATIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



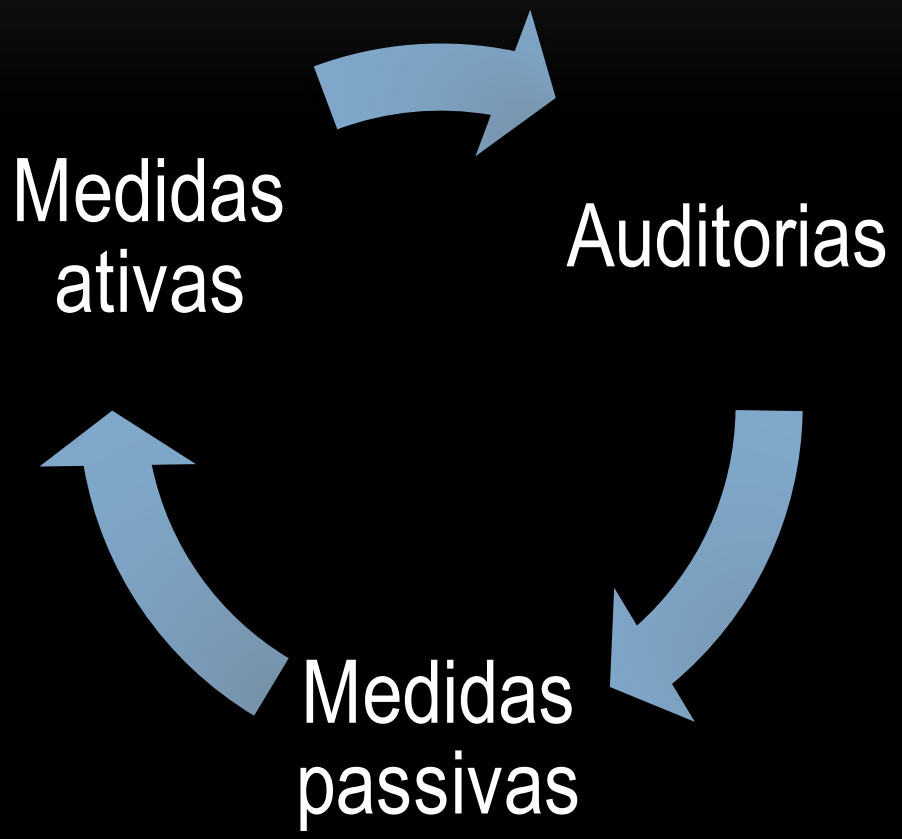
Fonte: Schneider Electric

MEDIDAS ATIVAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Fonte: Schneider Electric

O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - AUDITORIAS

- Fator essencial numa auditoria são as medidas dos consumos e fluxos de energia
  - Devem ser considerados todos os tipos de energia
    - Água, Ar, Gás, Electricidade, Vapor
    - Water, Air, Gas, Electricity, Steam (WAGES)



Fonte: Rockwell Automation

O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – MEDIDAS PASSIVAS

- Uma analise sistemática (auditoria) permite maximizar poupanças evitando custos desnecssários.
- As primeiras medidas identificadas em processo de auditoria são geralmente passivas, por exemplo:
  - Medidas térmicas (isolamento...)
  - Medidas de força motriz (motores...)
  - Medidas eléctricas (iluminação, qualidade de energia – fator de potência e conteúdo harmónico...)
  - Outras...

O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – MEDIDAS ATIVAS

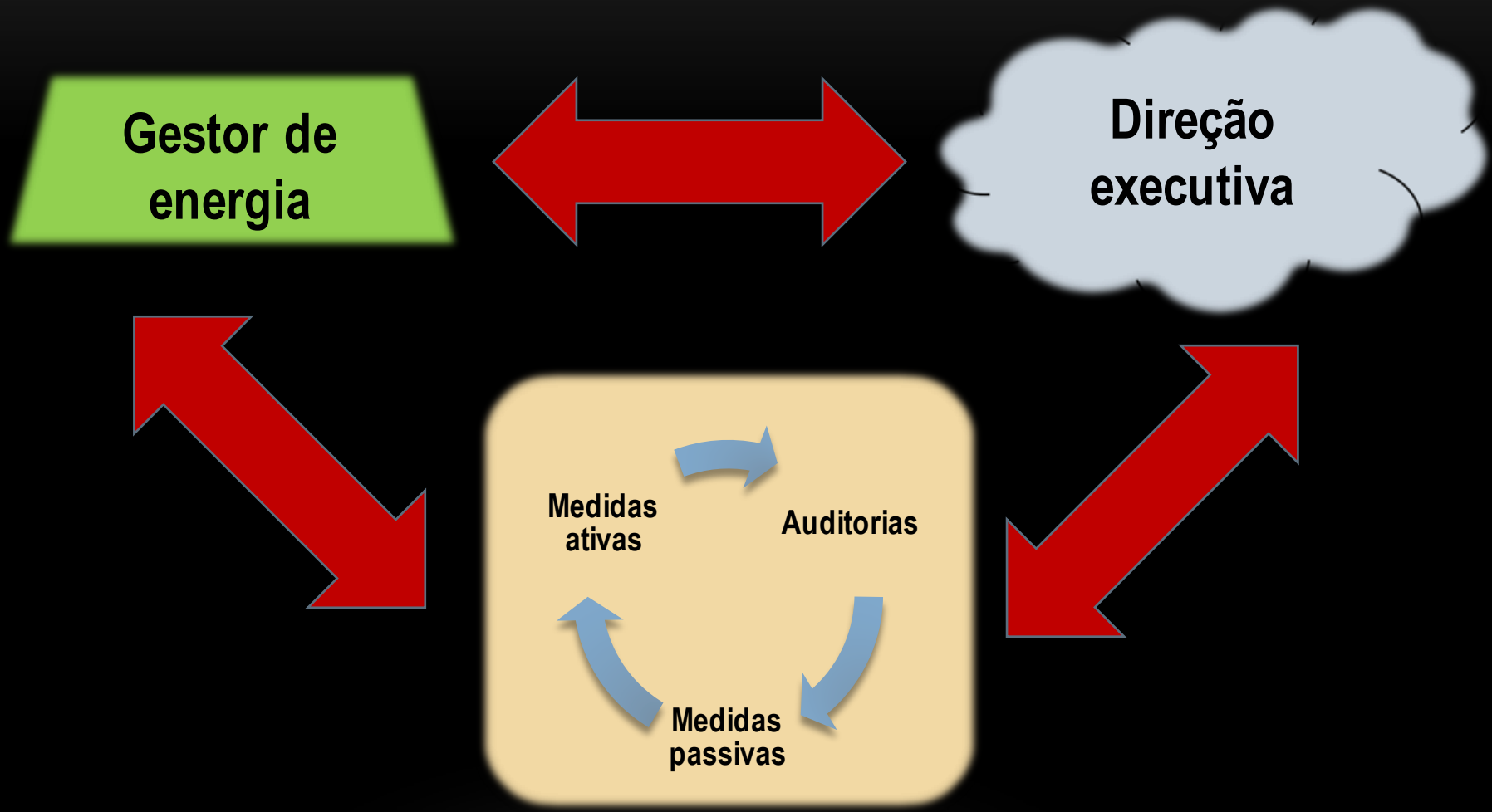
- As medidas passivas, apesar de importantes, devem ser complementadas com um conjunto adequado de medidas ativas:
  - Medidas de comando
  - Medidas de controlo
  - Medidas de gestão



O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – MEDIDAS ATIVAS



O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – GESTÃO DA EFICIÊNCIA



O CICLO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – GESTÃO DA EFICIÊNCIA

- **Direção executiva**
  - Gerir as politicas energéticas
- **Gestor de energia**
  - Gerir informação energética
  - Calendarizar projetos (gerir prioridades)
  - Incorporar a eficiência energética no processo decisório
  - Motivar e assegurar a consciência energética

COMISSIONAMENTO



COMISSIONAMENTO - DEFINIÇÃO

- **Commissioning –** "a quality- oriented process for achieving, verifying, and documenting that the performance of facilities, systems, and assemblies meets defined objectives and criteria. This begins with planning, and includes design, construction, start-up, acceptance and training, and can be applied throughout the life of the building".

(Fonte: ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

COMISSIONAMENTO COMO FORMA DE REDUÇÃO DE CUSTOS

- Lawrence Berkeley National Laboratory
  "energy savings from a utility-sponsored retro-commissioning (building tune-up) program targeted to large commercial buildings ranged from 3% up to 19%, but that those savings may not persist beyond a few years...
  The reasons for savings degradation include operator error (disabling optimized control sequence), sensor and device failures, and operator turn-over."
- California Commissioning Collaborative
  "that the new construction Cx (Building Commissioning) will result in a range of energy savings between $0.02 to $0.19 and non energy savings between $0.23 to $6.96 per sq.ft. – a total opportunity of $0.25 to $7.15 per sq.ft."
- Portland Energy Conservation Incorporated
  "a new 100,000 sq.ft. building that is NOT commissioned is likely to have $19,000 of higher energy costs per year. Almost $200,000 over a ten year period with potential non-energy increased cost as high as $715,000."
- Energy Systems Laboratory (Texas A&M University)
  "continuous commissioning projects undertaken in various building types across the U.S. the average annual energy bill savings opportunity is 22% (ranged from 8% to 45%)."

TIPOS DE COMISSIONAMENTO

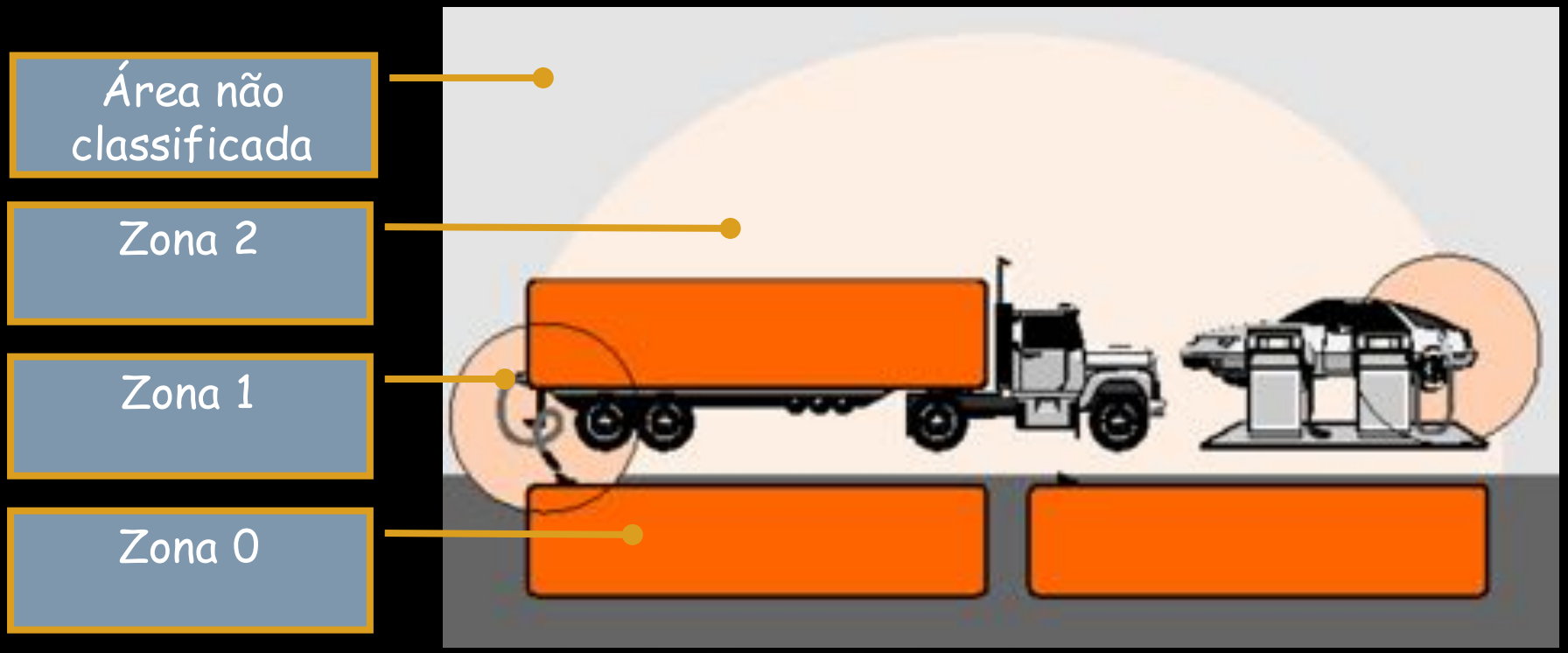


COMISSIONAMENTO DE NOVAS INSTALAÇÕES

- Atividade finita no tempo (ou não...)
- Comissionamento de sistemas em:
  - Instalação nova
  - Instalação sujeita a alterações profundas
- Decorre desde a fase de projeto até à fase de inicio de operação

COMISSIONAMENTO DE NOVAS INSTALAÇÕES – FUNDAMENTAL CONHECER O PROCESSO

- Estação de abastecimento de combustíveis (exemplo)

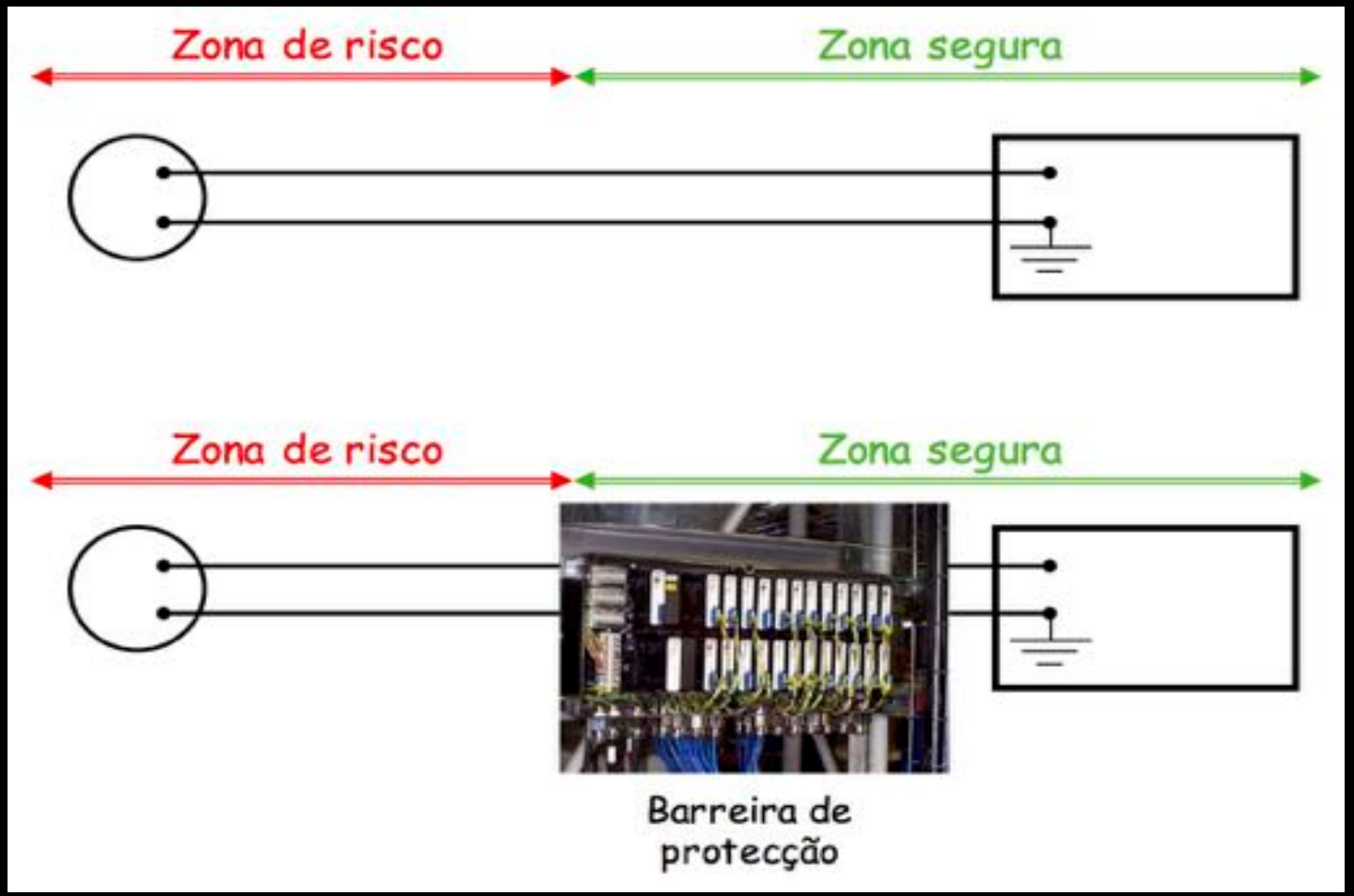


COMISSIONAMENTO DE NOVAS INSTALAÇÕES – FUNDAMENTAL CONHECER O PROCESSO

	Gases	Poeiras
Área onde existe permanentemente, durante longos períodos de tempo ou frequentemente uma atmosfera explosiva.	Zona 0	Zona 20
Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva.	Zona 1	Zona 21
Área onde não é provável a formação de uma atmosfera explosiva, ou caso se verifique, seja de curta duração.	Zona 2	Zona 22
Área onde não é de todo provável a formação de atmosferas explosivas (dispensa a adopção de medidas de prevenção especiais)	Área não perigosa ou não classificada	

COMISSIONAMENTO DE NOVAS INSTALAÇÕES – FUNDAMENTAL CONHECER O PROCESSO

- Estação de abastecimento de combustíveis (exemplo)



COMISSIONAMENTO ÚNICO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES

- Atividade finita no tempo
- Comissionamento de sistemas em instalação existente:
  - Instalação sujeita a adaptações
  - Instalação sujeita a aumento de sistemas
  - Instalação sobre a qual já decorreu muito tempo de operação
- São passiveis de resolução problemas herdados da fase de projeto ou instalação inicial e de desgaste natural decorrente da operação

COMISSIONAMENTO PERIÓDICO

- Atividade continua no tempo
- Comissionamento de sistemas em instalação existente para assegurar que a mesma continua a operar como desejado
- Idealmente, o comissionamento pedriódico deve ser planeado aquando do comissionamento de novas instalações ou do comissionamento único de instalações existentes

COMISSIONAMENTO CONTÍNUO (*)

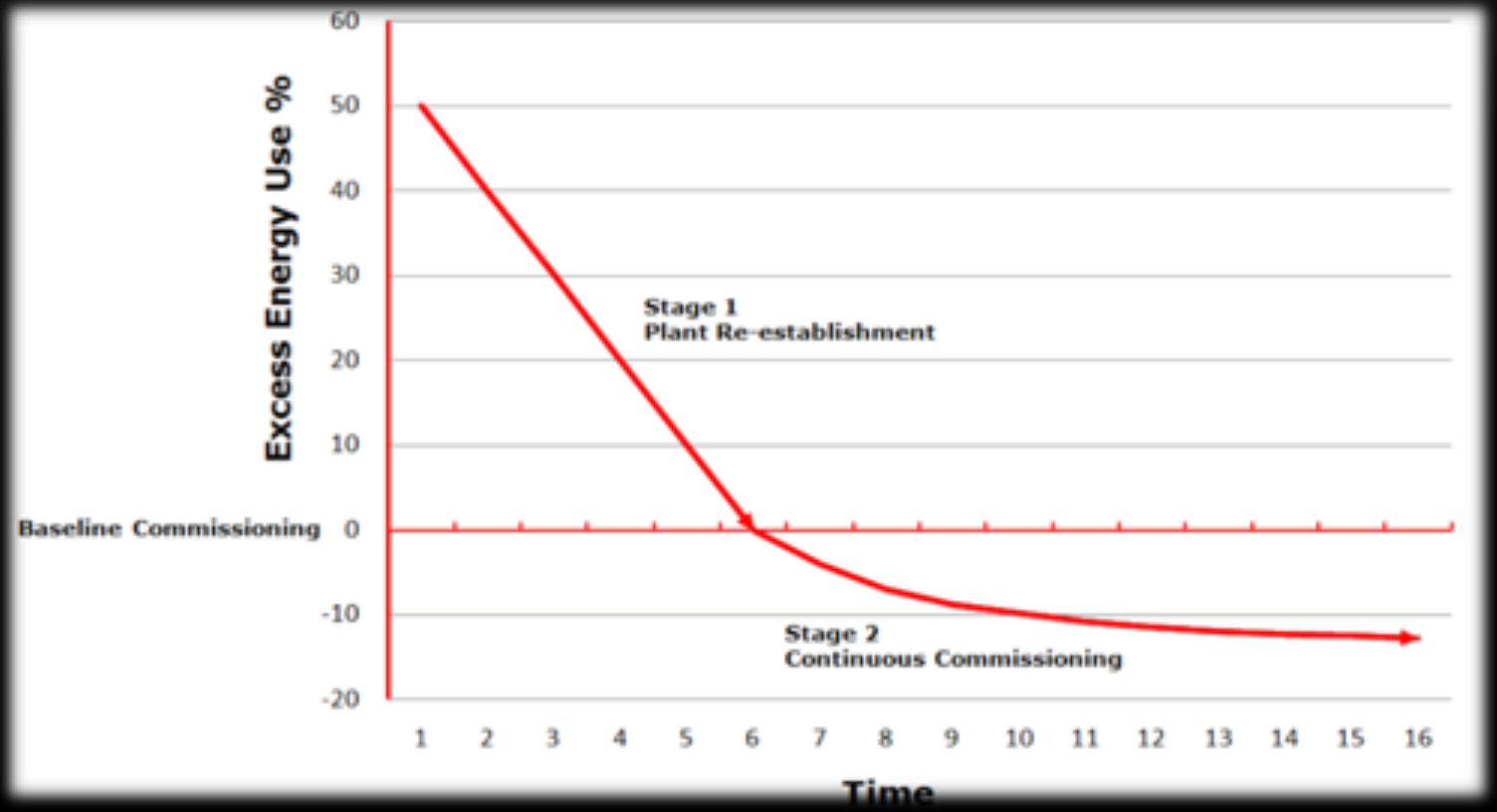
- Atividade continua no tempo
- Comissionamento de sistemas em instalação existente para assegurar que a mesma continua a operar como desejado
- Idealmente, o comissionamento pedriódico deve ser planeado aquando do comissionamento de novas instalações ou do comissionamento único de instalações existentes

(*) Texas A&M University's Continuous Commissioning ®

COMISSIONAMENTO CONTÍNUO

- Objetivos
  - Identificar e resolver problemas existentes
  - Aumentar o conforto térmico e a qualidade do ar interior (no caso especifico dos edifícios)
  - Minimizar o consumo de energia
  - Minimizar o custo total de operação

COMISSIONAMENTO CONTÍNUO



Fonte: Lance Jimmieson Session, Facilities Management Association of NZ

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



a)ligação equipotencial de caminho de cabos, b)terminais de terra ligados à malha de terra, c)Ligação flange-flange

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Garras de ligação à terra

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Deficiências nos motores eléctricos

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Vários tipos de botoneiras com deficiências

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Tomadas monofásicas com deficiências

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Armaduras fluorescentes e candeeiros com deficiências

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Caminho de cabos

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Cabo com a protecção e armadura fissurado

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Actuador eléctrico para válvula

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES



Manifold do transmissor e manómetros do posicionador e regulador da válvula

COMISSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES – NÃO CONFORMIDADES

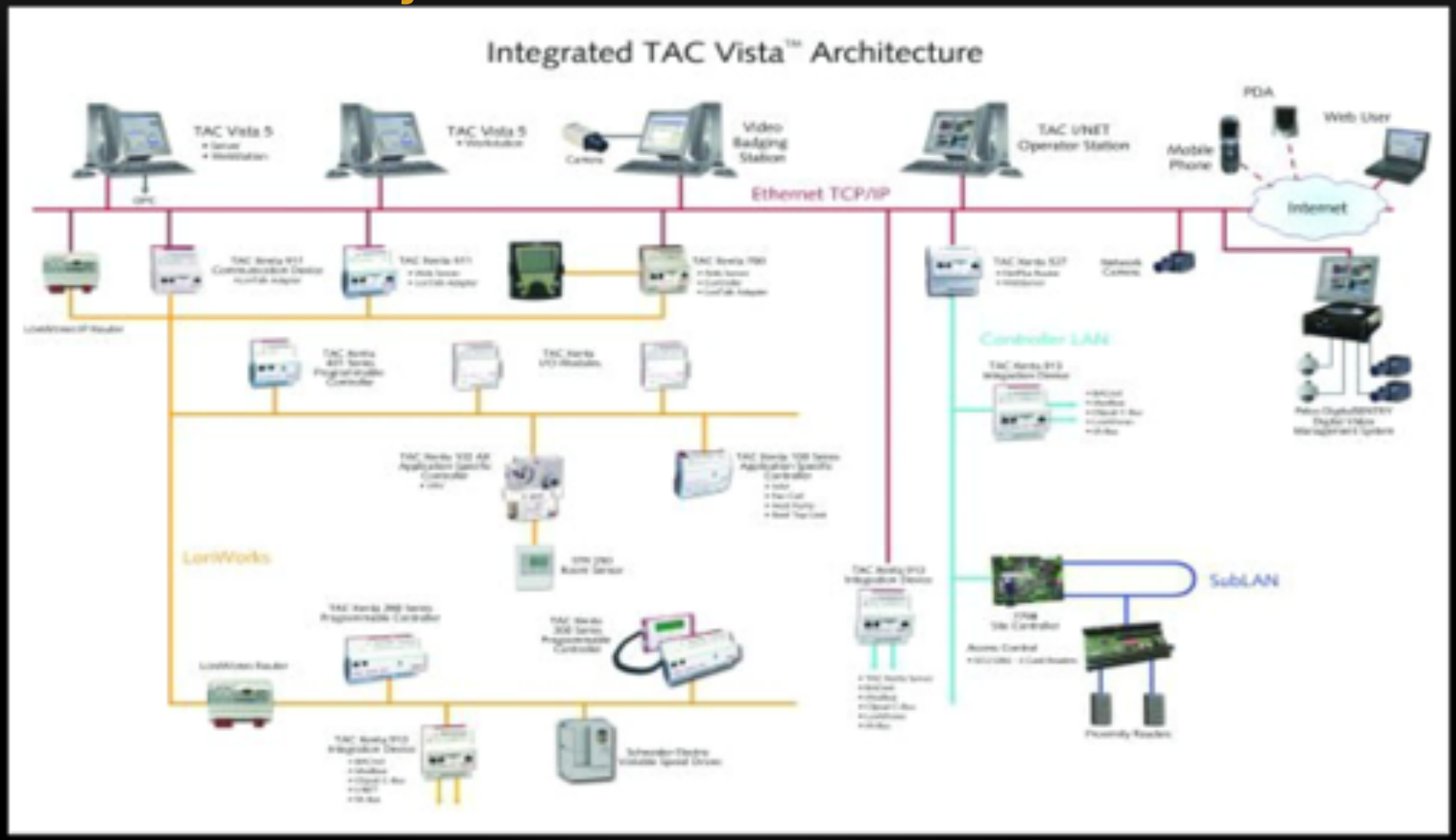


Vários tipos de caixas de junção com deficiências

COMISSIONAMENTO BASEADO EM MONITORIZAÇÃO

- Atividade continua no tempo
- Conceito de comissionamento que deriva diretamente do comissionamento contínuo
- É enfatizada a necessidade de considerar sistemas de monitorização automática (Sistemas de gestão de energia)
- Os ganhos advêm da monitorização e análise contínua de dados

COMISSIONAMENTO BASEADO EM MONITORIZAÇÃO



Fonte: Schneider Electric

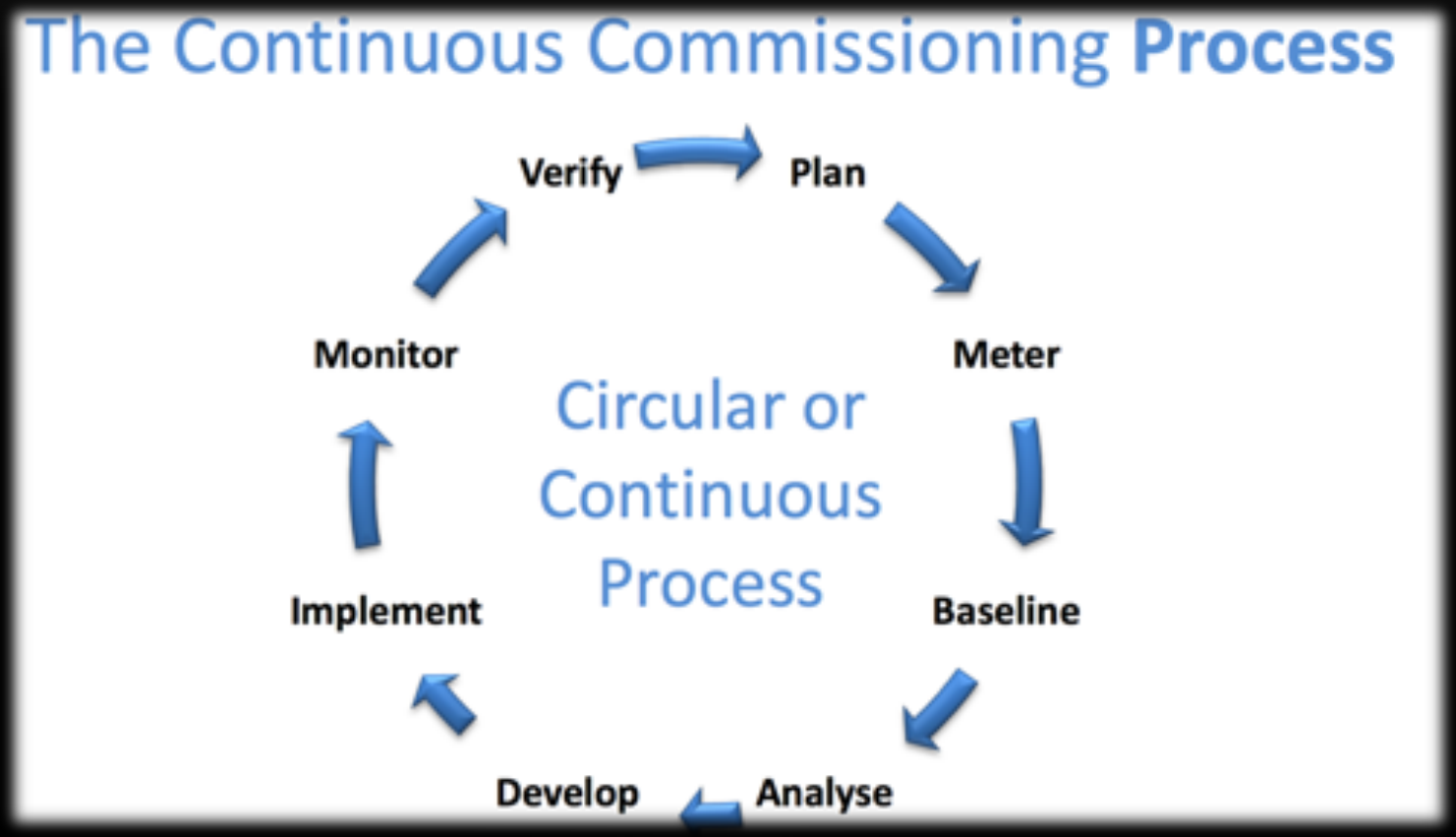
COMISSIONAMENTO É DIFERENTE DE MANUTENÇÃO

- Comissionamento é:
  - um processo de **gestão de risco** e de **garantia de qualidade** aplicado a:
    - Gestão de projeto
    - Gestão de execução e instalação
    - Gestão de operação
    - Gestão de manutenção

COMISSIONAMENTO É DIFERENTE DE MANUTENÇÃO

- Para um processo de comissionamento ser bem sucedido é necessário:
  - Coordenação
  - Envolvimento
  - Documentação
  - Consciencialização
  - Monitorização

COMISSIONAMENTO ESTÁ MUITO LIGADO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Fonte: Lance Jimmieson Session, Facilities Management Association of NZ

PROCESSO DE COMISSIONAMENTO – NOVAS INSTALAÇÕES

- Pré-projeto
- Projeto
- Construção/Instalação
- Ocupação/Operação

PROCESSO DE COMISSIONAMENTO – INSTALAÇÕES EXISTENTES

- Planeamento
- Análise
- Implementação
- Entrega

ENVOLVIMENTO

- Para um processo de comissionamento ter sucesso é necessária uma grande dose de envolvimento por parte de todos os atores
- Um forte envolvimento na fase de projeto assegura um melhor treino aquando do inicio de operação
- Por outro lado permite detetar problemas de uma forma mais precoce, antes do inicio da fase de construção/implementação
- A equipa de projeto e de construção/implementação está permamentemente envolvida até à fase de entrega/inicio de operação

DOCUMENTAÇÃO

- Especificações claras
- Planos de comissionamento
- Registos de alterações, testes, resultados e modificações
- Manual de utilização operacional
- Especificação dos métodos de monitorização considerados
- Manual de manutenção (métodos, frequência de intervenções e ferramentas utilizadas)

CONSCIENCIALIZAÇÃO

- Um processo de comissionamento não é autónomo
  - Necessita de envolvimento (como foi visto...)
  - Mas acima de tudo de consciencialização
    - Das suas vantagens
    - Das suas necessidades operacionais
  - Está intimamente ligado a um processo de consciencalização energética (aumento da eficiência energética)

MONITORIZAÇÃO

- Identificar referenciais em outras instalações/locais
- Identificar padrões normais (ou ótimos) de consumo
  - Para mais facilmente identificar desvios
- Especificar a providenciar dados que sejam uteis para:
  - Identificar melhorias/retrocessos provenientes de alterações de utilização
  - Identificar desvios de consumo

O PROCESSO DE COMISSIONAMENTO DEVE IMPLEMENTAR UMA TRANSIÇÃO SUAVE

Planeamento
- Estabelecer metas
- Verificar necessidades
- Estabelecer plano de ação

Projeto
- Avaliar todas as interfaces do projeto e suas necessidades
- Identificar melhorias

Implementação
- Proceder à implementação
- Efetuar testes

Transição
- Estabelecer transição "suave"
- Transferência de responsabilidades para as equipas de operação e manutenção

Operação
- Processo de comissionamento continuo
- Garantir a continuidade da eficiência
- Identificar melhorias

RESUMO

- 3/4 do consumo energético é efetuado na industria e nos edifícios (residenciais e de serviços)
- **Eficiência Energética** é a forma mais rápida e eficaz de resolver o problema energético
  - Rápida porque se baseia em soluções já disponíveis hoje
  - Eficaz porque se trata de utilizar bem a energia ("a energia mais verde é aquela que não foi necessário utilizar...")
- O **Comissionamento** é uma forma eficaz de assegurar que todos os sistemas cumprem os seus objetivos
- Através de um correto **Comissionamento** é possivel reduzir os custos energéticos de operação
- Programas efetivos de **Eficiência Energética** e de **Comissionamento** baseiam-se em sistemas de moniotorização

BIBLIOGRAFIA

- BP Statistical Review of World Energy, June 2015
- Energy Efficiency Market Report 2015, IEA
- Sustainable Energy: Choosing Among Options; Tester, Jefferson W., Elisabeth M. Drake, Michael J. Driscoll, Michael W. Golay, and William A. Peters; MIT Press, 2012
- Energy Management in Industry : The Earthscan Expert Guide; David Thorpe; Routledge, 2013
- Commissioning Process for Buildings and Systems; BSR/ASHRAE/IES Standard 202P
- Building Commissioning - A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions e Evan Mills; Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, July 21, 2009
- Continuous Commissioning Leading Energy Project Process - An Industry Approach; Mingsheng Liu, Jinrong Wang, Ken Hansen, Ann Selzer; Proceedings of the Fifth International Conference for Enhanced Building Operations, Pittsburgh, Pennsylvania, October 11-13, 2005