



DEO

DESEMPENHO
ENERGÉTICO
OPERACIONAL
EM EDIFICAÇÕES

DEO - DESEMPENHO ENERGÉTICO OPERACIONAL EM EDIFICAÇÕES

mitsidi
PROJETOS



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



AGENDA

CONCEITOS GERAIS

AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

ILUMINAÇÃO

AUTOMAÇÃO

GESTÃO ENERGÉTICA

ANÁLISE DE VIABILIDADE



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

CONCEITOS, TECNOLOGIAS E
CASES REAIS



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ZERO E BAIXO CUSTO

- Medidas que podem ser feitas por pessoal interno
- Não há necessidade de Capex específico para o projeto
- São em geral medidas operacionais

MÉDIO CUSTO

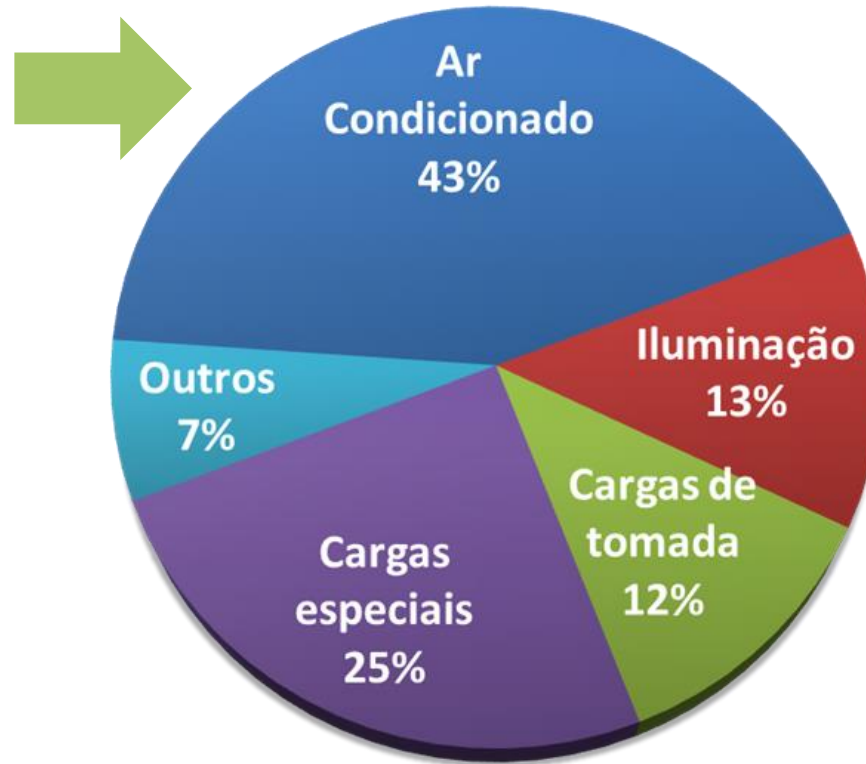
- Medidas que exigem a compra ou substituição de algum equipamento
- Estudos preliminares de *payback* para priorização
- Implantação geralmente simples

INVESTIMENTO

- São as que necessitam de grande quantidade de investimento
- Precisam de estudos de *payback* e de risco
- Aproveitar “momentos de oportunidade”, para a realização de *Retrofits*

USOS FINAIS DE ENERGIA - EDIFÍCIOS

EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS – EXEMPLO
Valores médios com base em levantamentos reais



USOS FINAIS DE ENERGIA - EDIFÍCIOS

AR CONDICIONADO

- Refrigeração (*chillers*, compressores)
- Ventilação e troca de ar (*fancoils*)
- Rejeição de calor (BACs, torres de resfriamento, condensadoras)



ILUMINAÇÃO

- Iluminação interna
- Iluminação externa
- Iluminação de garagem



CARGAS DE TOMADA

- Estações de trabalho (*desktop*, monitores)
- Cargas compartilhadas (impressoras, copas, geladeiras, cafeteiras, microondas, etc.)



CARGAS ESPECIAIS

- *Data Center*
- Restaurantes
- Sala de *No-breaks*

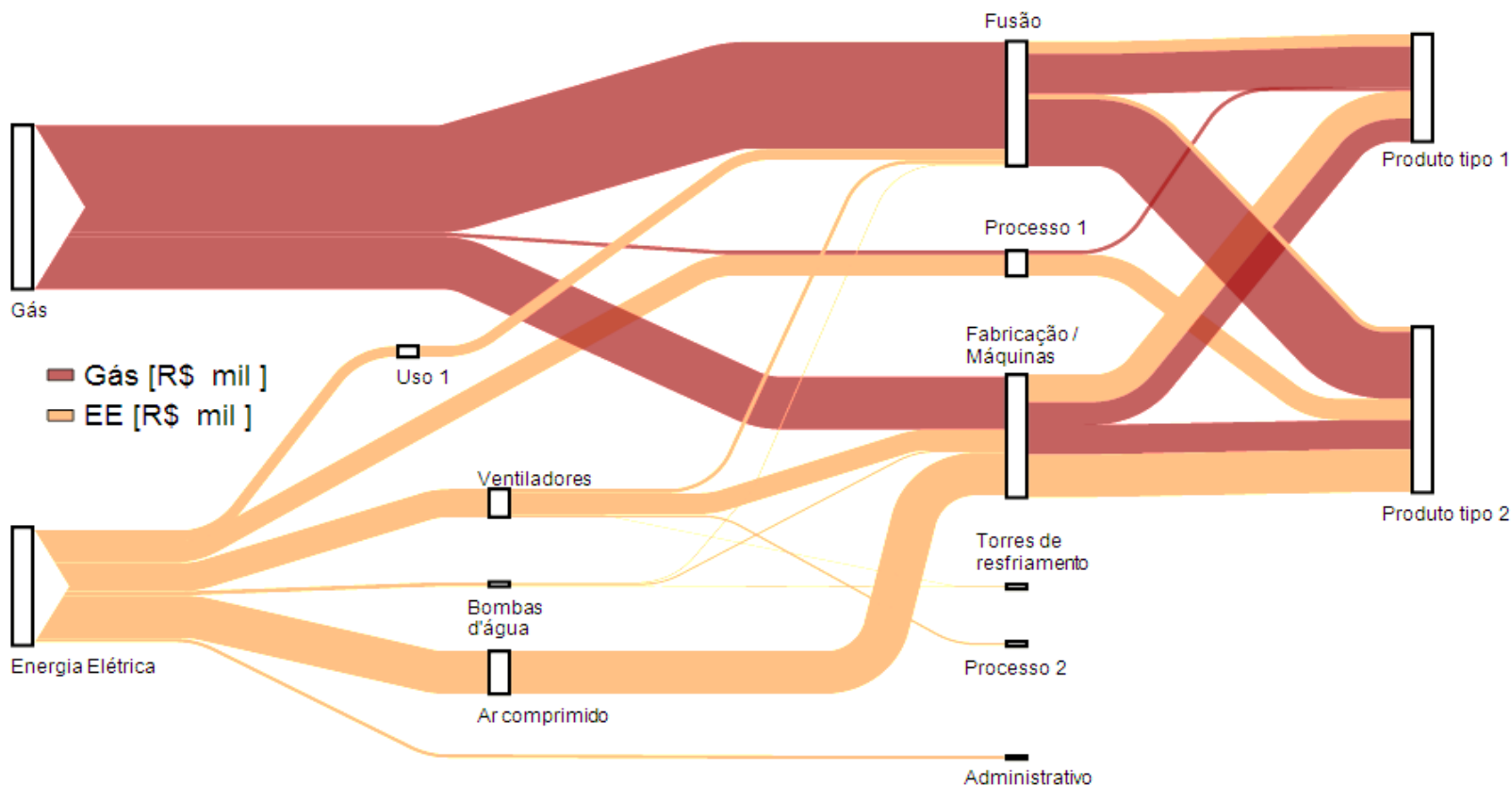


OUTROS

- Elevadores
- Exaustão subsolos
- Bombas de água e esgoto



USOS FINAIS DE ENERGIA - INDÚSTRIA



AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

CONCEITOS, TECNOLOGIAS E
CASES



DEO

DESEMPENHO
ENERGÉTICO
OPERACIONAL
EM EDIFICAÇÕES

AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

COMO MEDIMOS A
EFICIÊNCIA?



AR CONDICIONADO: COMO MEDIMOS A EFICIÊNCIA?

COP = COEFFICIENT OF PERFORMANCE

$$COP = \frac{\text{Capacidade de Refrigeração [W térmicos]}}{\text{Potência nominal [em W elétricos]}}$$

- Ou seja, para um *chiller* de COP = 5, para gerar 5 kW de refrigeração, vai consumir 1 kW de eletricidade
- Para *chiller* a condensação a ar, potência nominal deve incluir potência dos ventiladores de rejeição de calor

Atenção na comparação: COP do *chiller* ou do sistema?

AR CONDICIONADO: COMO MEDIMOS A EFICIÊNCIA?

IPLV = *INTEGRATED PART LOAD VALUE* (para *chillers*)

$$IPLV = \frac{1}{\frac{0,01}{A} + \frac{0,42}{B} + \frac{0,45}{C} + \frac{0,12}{D}}$$

A = COP a 100% de capacidade

B = COP a 75% de capacidade

C = COP a 50% de capacidade

D = COP a 25 % de capacidade

Interpretação é que o *chiller* opera:

1% do tempo a 100% de capacidade

42% do tempo a 75% de capacidade

45% do tempo a 50% de capacidade

12% do tempo a 25% de capacidade

AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

QUAIS SÃO OS SISTEMAS
DISPONÍVEIS?



AR CONDICIONADO DE JANELA (ACJ) E SPLITS

EXPANSÃO DIRETA



1. Ar condicionado de janela (ACJ)



2. Split de janela



3. Split Hi-wall



4. Multi-split



5. Portátil



6. Split cassette



7. Split piso-teto



8. Split 4 lados

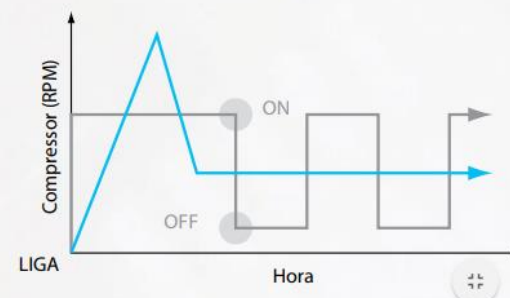


9. Split dutado

NOVAS TECNOLOGIAS - *INVERTER*

Sistema Inverter de alta eficiência

Potência e economia de energia



Split Inverter:

- *Inverter* não é reverso (quente e frio)
- Controle da rotação do motor
- Baixo nível de ruído
- Economia de energia de até 40%
- Fluido: R-410A
- Atinge a temperatura mais rápido
- Mantem a temperatura estável, evitando picos elétricos

ACJ OU *SPLIT*?

1. AR CONDICIONADO DE JANELA

- Muito comum em prédios existentes
- Barato mas pouco eficiente
- Geralmente pode atingir bons níveis de conforto do usuário, mas muito ruído
- Deveriam ser evitados em novos projetos



2. *SPLIT* / *MULTI SPLIT*

- Muito comum em prédios existentes
- Geralmente pode atingir bons níveis de conforto do usuário
- Só considerar *Splits* com Classificação A no PBE Inmetro



VARIABLE REFRIGERANT FLOW (VRF)

VANTAGENS

- Mais fácil projetar
- Alta eficiência
- Mais fácil para instalar em projeto de *retrofit*
- Bom desempenho em carga parcial
- Simples e bom controle

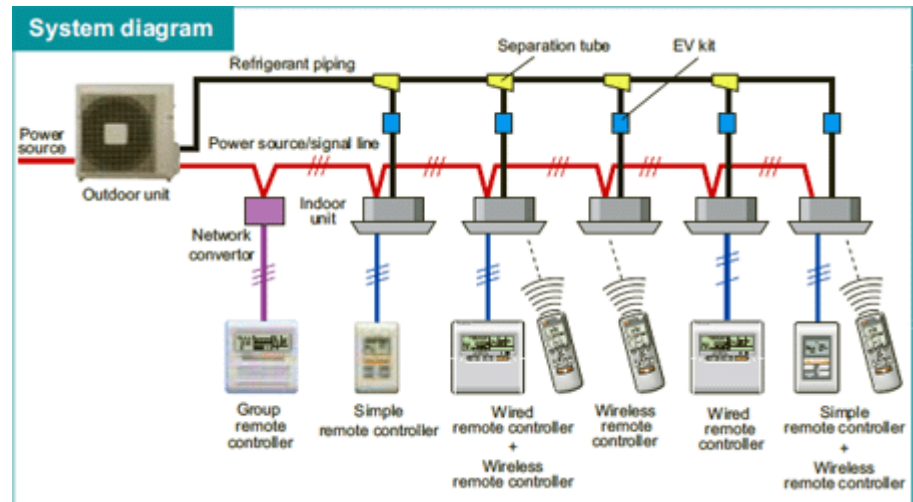


Diagrama do sistema

VARIABLE REFRIGERANT FLOW (VRF)

DESVANTAGENS



- Grande volume de fluido refrigerante – risco
- Grande quantidade de tubulação – alto custo inicial
- Superdimensionamento devido à impossibilidade de detectar origem de vazamentos – alto custo inicial

Tubulação de refrigerante. Fonte: Mitsidi Projetos.

CENTRAL DE ÁGUA GELADA (CAG)

VANTAGENS

- Alta eficiência
- Tem capacidade de controlar umidade
- Muito menos carga de fluido refrigerante
- Mais barato do que VRF
- Bom desempenho em carga parcial se tiver componentes necessários



Chiller. Fonte: Mitsidi Projetos.

CENTRAL DE ÁGUA GELADA (CAG)

DESVANTAGENS



- Mais difícil de projetar
- Mais difícil para instalar em projeto de *retrofit*
- Controle mais difícil
- Precisa de mais espaço

Bombas de água gelada. Fonte: Mitsidi Projetos.

CHILLER

X

VRF

Vantagens:

- Atende plenamente refrigeração e renovação de ar
- Adequado para grandes extensões de tubulação

Desvantagens:

- Balanceamento dos dutos
- Programação dos sistemas
- Localização de sensores e *setpoints*
- Exige bom treinamento do operador

Vantagens:

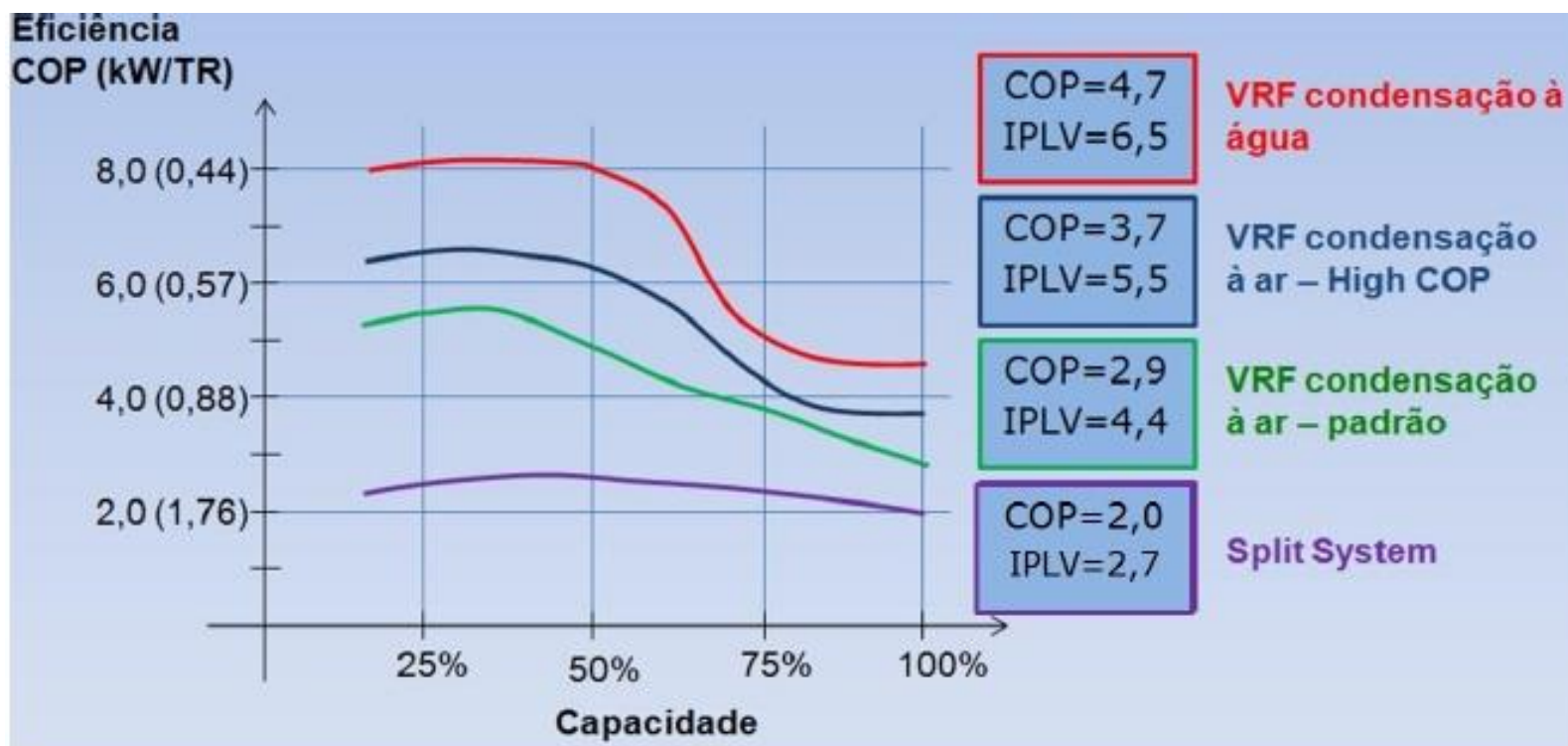
- Controle individual
- Praticidade

Desvantagens:

- Sistema de ar externo dedicado
- Dificuldade de ampliação da rede
- Limite de extensão dos dutos (100m)
- Grande quantidade de fluido refrigerante
- Vazamento de fluido
- 10 a 15% mais caro

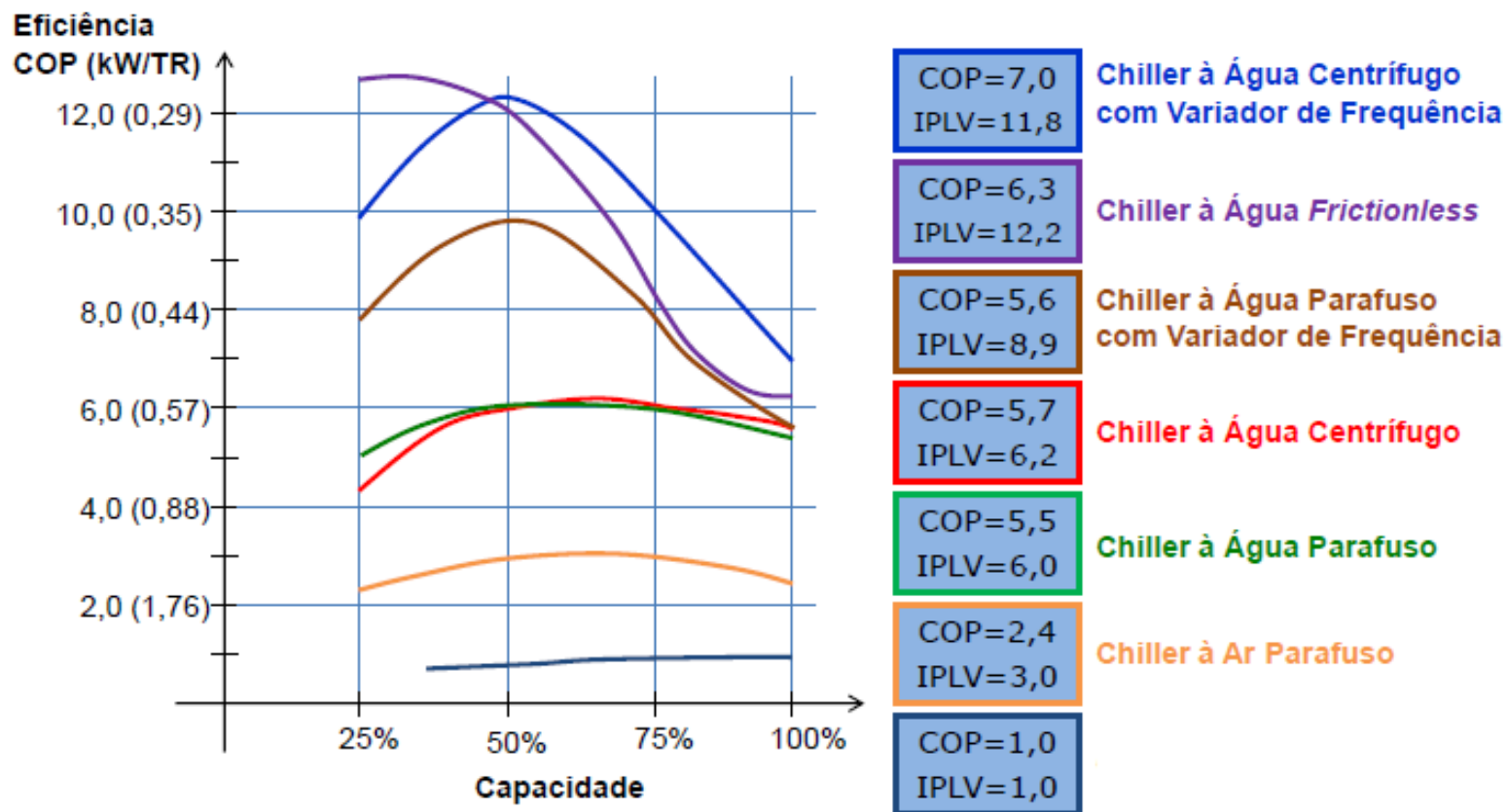
NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS VRF

EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE EXPANSÃO DIRETA (VRF, *SPLIT*)



NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE ÁGUA GELADA

EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE EXPANSÃO INDIRETA (CHILLER):



RENOVAÇÃO DE AR

- Tomadas de ar externo nas salas de fancoils



Λ Damper na entrada de ar externo

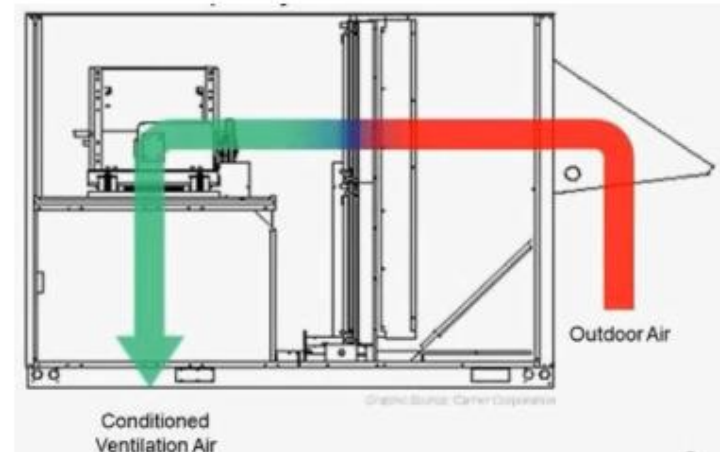
< Tomada de ar externo sem controle de fluxo

- Ventiladores na fachada
- Sensor de CO₂ ou presença
- Roda entálpica



NOVAS TECNOLOGIAS: *DEDICATED OUTDOOR AIR SYSTEM (DOAS)*

- Desumidifica 100% do ar externo antes de ser misturado com ar de retorno do ambiente
- Pode ser usado com roda de entalpia ou trocador de calor para pré-condicionar o ar externo
- Desacopla cargas sensíveis / latentes
- Melhora qualidade do ar
- Traz economias condicionando apenas a quantidade de ar necessária



EFICIÊNCIA GERAL DO SISTEMA DE AVAC

- Eficiência **do sistema** depende de:
 - Eficiência dos componentes:
 - Compressores
 - Trocadores de Calor
 - Ventiladores
 - Característica dos fluidos
 - Refrigerantes
 - Rejeição de calor
 - Condições de operação
 - Temperaturas de saída (evaporador/ condensador)
 - Condições do Ar Externo
 - Carga cheia/ parcial
 - Manutenção do sistema
 - Limpeza de filtros, trocadores de calor
 - Dimensionamento do circuito

DECISÕES

- VRF ou *Chiller*?
- Condensação a ar / água?
 - Espaço disponível / consumo de água
- Vazão constante ou variável (ar / água)?
- Renovação de ar, DOAS?
- Tem demanda de aquecimento?
- Precisa controle de umidade?
 - Só possível com sistema central de água gelada

OUTRAS CONSIDERAÇÕES

- Controle pelo usuário
- Automação do sistema
- Complexidade de manutenção
- Custo
 - Instalação
 - Manutenção
 - Operação
- Impacto ambiental de fluidos refrigerantes
 - Toxicidade x Efeito Estufa

AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

QUAIS SÃO ALGUMAS
MEDIDAS MAIS FREQUENTES?



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA FREQUENTES

PMOC: Plano de Operação e Manutenção

Política de compra: Classe A Inmetro

Variador de Frequência (VFD)

Renovação de ar

Retrocomissionamento

Sensores, *setpoints* e programação

EXEMPLOS DE MEDIDAS

- PMOC
- Medidas de conforto e saúde (ex: abrir *dampers*)
- Operação da Central de Água Gelada

PMOC – PLANO DE OPERAÇÃO MANUTENÇÃO E CONTROLE

Legislação: Acima de 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/H)

Este Plano deve conter:

1. a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados,
2. a descrição das atividades a serem desenvolvidas,
3. a periodicidade das mesmas,
4. as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência.

- Garantir a aplicação do PMOC
- Manter disponível o registro
- Divulgar os procedimentos e resultados das atividades de manutenção, operação e controle aos ocupantes.



CONFORTO E SAÚDE

Abrir dampers da grelha de tomada de ar externo (TAE) na casa de máquinas dos fancoils.



Fonte: Mitsidi Projetos.

Custo estimado do investimento (R\$)	Zero
Economia anual estimada (kWh/ano)	Melhoria de conforto e saúde
Economia anual estimada (R\$/ano)	Melhoria de conforto e saúde
Payback estimado	Melhoria de conforto e saúde

Portaria nº 3.523 de 23 de agosto de 1998:
27m³/h/pessoa.

OPERAÇÃO

- É comum encontrar CAG operando em horários incompatíveis com as necessidades
 - Exemplo: 24 h/dia, 7 dias/semana
 - Exemplo: Ligar 3 horas antes da ocupação
- Como descobrir?
- Quais os motivos?
- Como evitar?

CASE: EDIFÍCIO 19 – RIO DE JANEIRO, RJ



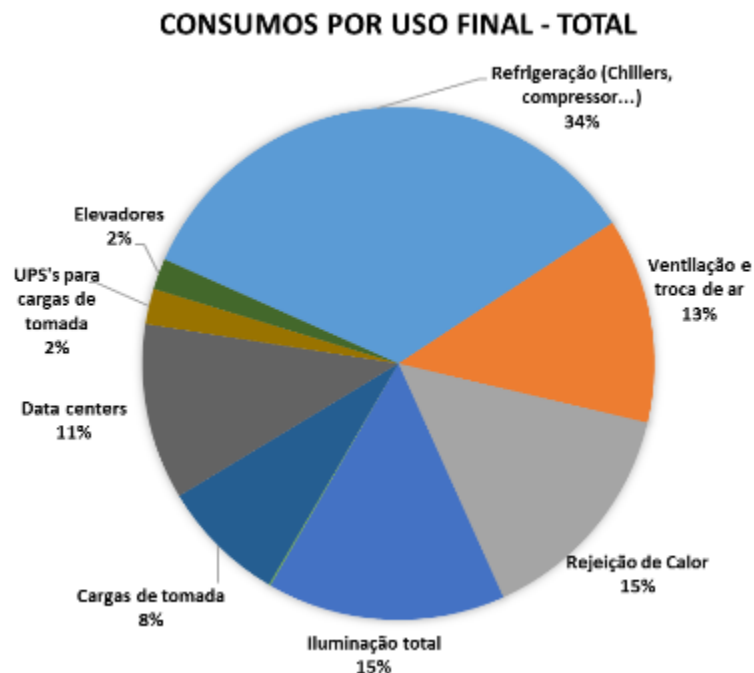
Fonte: Mitsidi Projetos.



CASE: EDIFÍCIO 19 – RIO DE JANEIRO, RJ

FICHA TÉCNICA	
Ano de Construção	1954
Pavimentos	23
Subsolos (garagem)	0
Área Útil (m ²)	12.214 m ²
Administração	Estadual
Uso principal	Escritórios
Usos secundários	CPD, Auditório
População fixa	1.200
Taxa de Ocupação (%)	100%
Tipo de Ar Condicionado	CAG
Características importantes	---
Local dos Medidores	Medidores não puderam ser instalados devido à falta de manutenção do gerador do CPD do edifício
% de economia de zero ou baixo custo	2 a 3%

Fonte: Mitsidi Projetos.



CASE: EDIFÍCIO 19 – RIO DE JANEIRO, RJ

Recomendação: Instalar sistema de ar condicionado exclusivo para atender plantonistas do CPD e restringir horário de operação da CAG ao período diurno

CAG 24h/7 para atender plantonistas do CPD, que representam apenas 1/3 do 14º pavimento



Isso gera aumento do consumo CAG em 52%!

Instalar split 64 kBTU/h

Alterar horário operação CAG para 7h-19h (seg a sex)

Economia equivalente ao consumo anual inteiro do Edifício 14 ou 15!

Custo estimado do investimento (R\$)	R\$ 9.644
Economia anual estimada (kWh/ano)	1.233.926
Economia anual estimada (R\$/ano)	R\$ 709.812
Payback	5 dias

Só Ar Condicionado: EUI = 137
(1.676.422 kWh/ano)



Fonte: Mitsidi Projetos.

COMISSIONAMENTO E RETROCOMISSIONAMENTO

O que é?

Objetivo: Garantir que a CAG esteja operando de forma otimizada, de acordo com o projeto, consumindo o mínimo de energia e entregando o máximo de conforto.

Como: Verificar e otimizar o desempenho todos os componentes:

- *Chillers*
- Bombas
- Válvulas
- Sensores
- Variadores de frequência (VFDs)
- *Setpoints*
- Tubulação
- Parâmetros de automação

Custo estimado do investimento (R\$)	R\$ 175.000
Economia anual estimada (kWh/ano)	76.656
Economia anual estimada (R\$/ano)	R\$ 44.096
Payback estimado	4 anos



Fonte: Mitsidi Projetos.

ILUMINAÇÃO

CONCEITOS, TECNOLOGIAS E
MEDIDAS DE EFICIÊNCIA



SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO - CONCEITOS

- Fluxo luminoso (Φ) Lúmen (lm)

Quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, em todas as direções, na tensão nominal de funcionamento

- Intensidade luminosa (I) Candela (cd) = lm/sr

É o fluxo luminoso emitido numa dada direção

- Iluminância (E) Lux (lx) = lm/m²

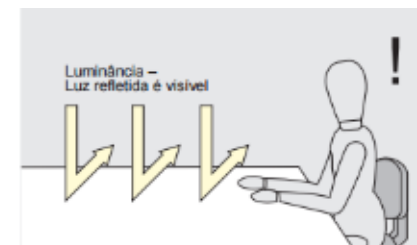
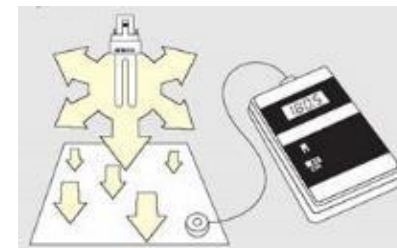
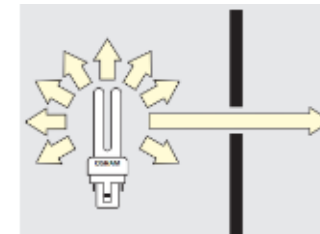
É a densidade de luz que atinge uma superfície

- ✓ Função da fonte (lâmpada), direção (luminária) e distância até a superfície

- Luminância (L) cd/m²

Quantidade de luz que chega a um ponto de observação específico, após ser refletida por uma superfície. Mede o quão brilhante a superfície aparenta ser para o olho.

- ✓ Função da fonte (lâmpada), direção (luminária), distância até a superfície, material e cor da superfície, e distância até o observador



Fonte: Manual OSRAM

SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO - CONCEITOS



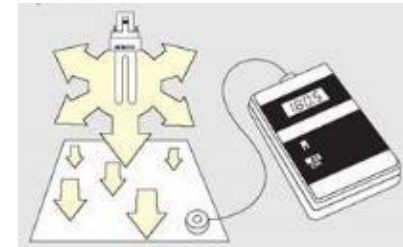
- Fluxo luminoso (Φ) Lúmen (lm)

Quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, em todas as direções, na tensão nominal de funcionamento

- Iluminância (E) Lux (lx) = lm/m^2

É a densidade de luz que atinge uma superfície

- ✓ Função da fonte (**lâmpada**), direção (**luminária**) e **distância** até a superfície



Fonte: Manual OSRAM

ILUMINAÇÃO: COMO MEDIR A EFICIÊNCIA?

- O que queremos?
 - Iluminância (lumens e lux)
- O que precisamos?
 - Demanda de energia (W)
- EFICIÊNCIA da lâmpada: Qual iluminância ela entrega por W?
 - Medida: lumens/W
- Intensidade do sistema de iluminação:
 - DPI (Densidade de Potência Instalada – W/m²)

ILUMINAÇÃO: TIPOS DE LÂMPADA



INCANDESCENTES



HALÓGENAS



FLUORESCENTES



DESCARGA EM ALTA PRESSÃO



LED (*Light Emitting Diode*)

14 lm/W

20 lm/W

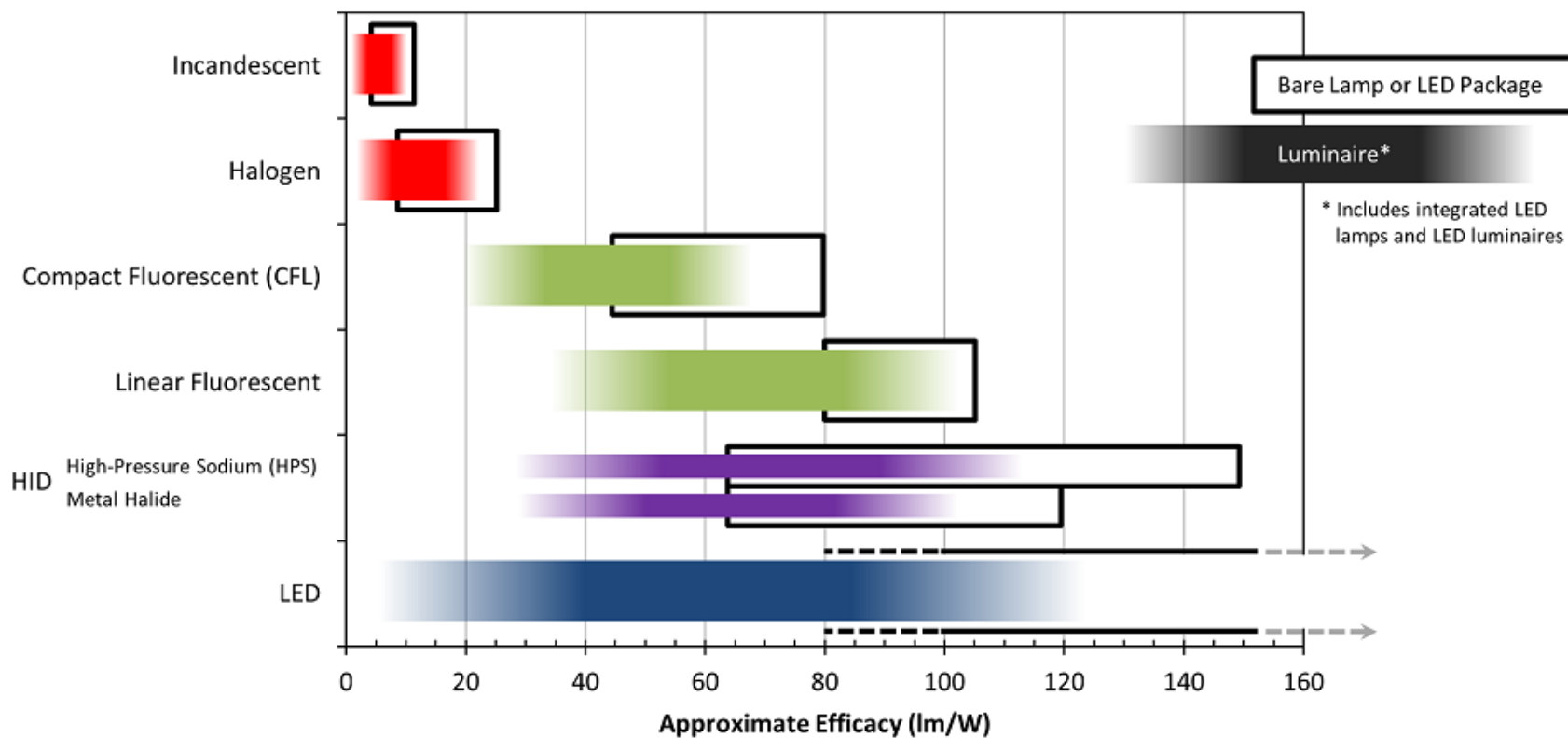
80 lm/W

100 lm/W

Eficiência

TECNOLOGIAS EFICIENTES: ILUMINAÇÃO

CUIDADOS: LÂMPADA PURA VS. LUMINÁRIA



TECNOLOGIAS EFICIENTES: ILUMINAÇÃO

Tecnologia de ponta: Sistema DALI

- DALI = *Digital Addressable Lighting Interface*
- Controle individual por ponto de luz
- Oferece possibilidade de automação, como dimerização automática localizada



OccuSwitch
DALI -
Phillips



DALI PRO
Sensor
Coupler -
Osram

ILUMINAÇÃO: PROJETO EFICIENTE

- Divisão de circuitos
- Interruptores
- Aproveitamento da iluminação natural
- Dimensionamento: densidade de potência de iluminação (DPI) W/m^2 e quantidade de lux
- Escolha de lâmpadas eficientes (ex: LEDs, T5, compactas)
- Escolha de luminárias eficientes
- Controles automatizados: sensores, *dimmers*, temporizadores

ILUMINAÇÃO: PROJETO EFICIENTE

DPI = Densidade de Potência Instalada

Função	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Escritório	9,7 W/m ²	11,2 W/m ²	12,8 W/m ²	14,1 W/m ²

Fonte: Manual do PBE Edifica para edifícios comerciais.

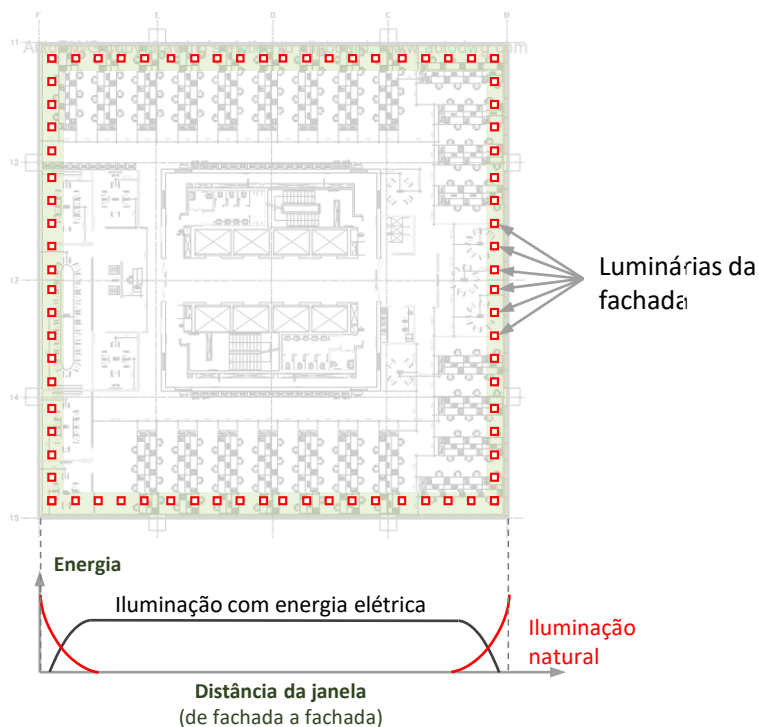


- ✓ Lâmpadas eficientes
- ✓ Luminárias eficientes
- ✓ Atingindo 500 lux no plano de trabalho



< Luminária refletiva, mais eficiente

CASE: PROJETO DE FOTOCÉLULAS NA FACHADA



Cálculos:

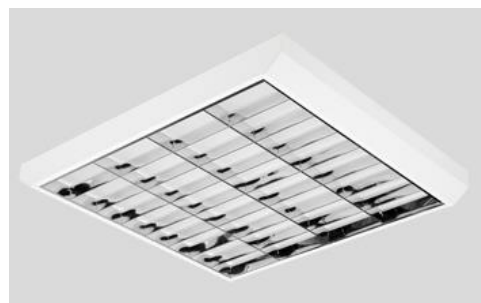
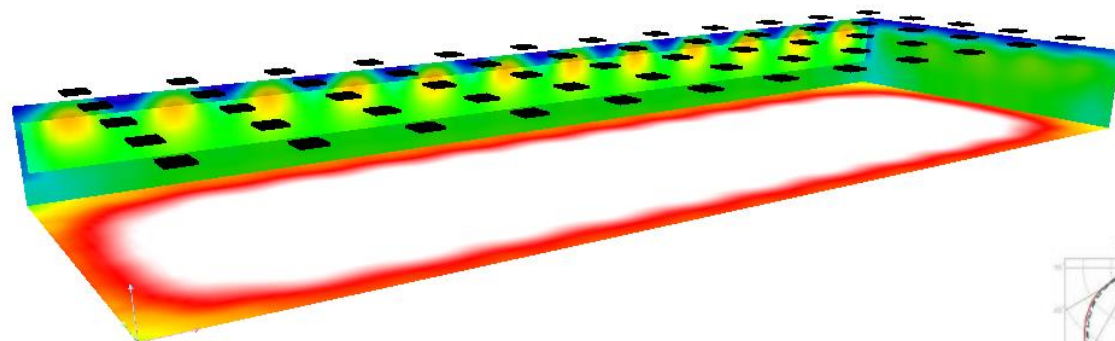
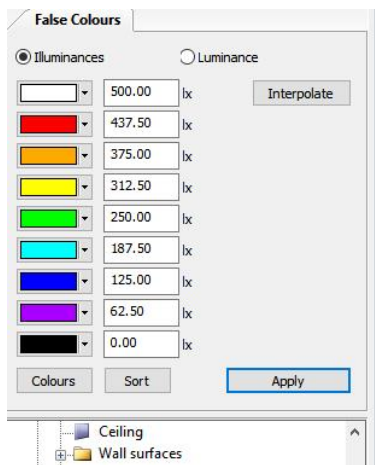
- $4 \times 14 \text{ W} = 56 \text{ W/luminária} + \text{reator}$
- 80 luminárias por pavimento a serem controladas e recabeadas
- 12 relés fotoelétricos por andar
- 59 pavimentos (todas as torres)

Economia de energia

- *On/Off*. 45% de economia nas lâmpadas da fachada
- *Dimming*. 65% de economia nas lâmpadas da fachada

CASE: RETROFIT DA ILUMINAÇÃO DE ESCRITÓRIOS NOS PAVIMENTOS TIPOS

Simulação luminotécnica de uma área típica de escritório (Mitsidi Projetos):

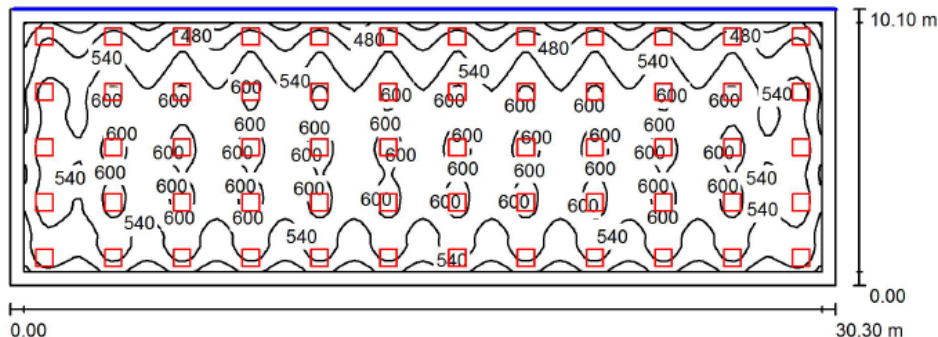


Luminária Itaim 3003 Premium 31W



Potência (sistema)	31W
Tensão do driver	220V
Fluxo Luminoso (sistema)	3.235lm
Eficiência Luminosa (sistema)	105lm/W
Temperatura de Cor	4000K
Driver de Corrente	700mA
Dimensões (mm)	a:70 b:616 c:692 d:400

CASE: RETROFIT DA ILUMINAÇÃO DE ESCRITÓRIOS NOS PAVIMENTOS TIPOS



Height of Room: 2.475 m, Mounting Height: 2.880 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:217

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u_0
Workplane	/	546	358	632	0.657
Floor	20	503	278	585	0.552
Ceiling	70	112	82	183	0.730

Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	60	3003 MS Premium DETNA 700mA (1158-Gba) (1.000)	3235	3236	31.0
Total:			194129	194136	1857.0

Specific connected load $6.07 \text{ W/m}^2 = 1.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Ground area: 306.03 m²)

Atende nível médio de iluminância mínima de 500 lux

DPI: 6 W/m² (PBE Nível A)

ILUMINAÇÃO

QUAIS SÃO ALGUMAS DAS
MEDIDAS MAIS FREQUENTES?



MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ILUMINAÇÃO



Troca gradual por LED



Divisão de circuitos



Iluminação natural x artificial

TROCA GRADUAL POR LED

- Substituição de lâmpadas de 32W e 40W por LED 20W



Custo estimado do investimento (R\$)	R\$ 104.449
Economia anual estimada (kWh/ano)	84.246
Economia anual estimada (R\$/ano)	R\$ 45.493
Payback estimado	2 anos e 4 meses

CASES: SENSOR DE PRESENÇA

Fonte: Mitsidi Projetos.



SENSOR DE PRESENÇA NA ILUMINAÇÃO DA GARAGEM

Custo do investimento: R\$ 600

Redução do consumo: 3.110
kWh/ano

Economia anual: R\$ 1.649

Payback: 5 meses

CASES: ILUMINAÇÃO

Fonte: Mitsidi Projetos.



TROCA DAS LÂMPADAS DICROICAS POR LED

Custo do investimento: R\$ 30.000

Redução do consumo: 21.600 kWh/ano

Economia anual: R\$ 30.948

Payback: 1 ano

AUTOMAÇÃO

*BUILDING MANAGEMENT
SYSTEM (BMS)*



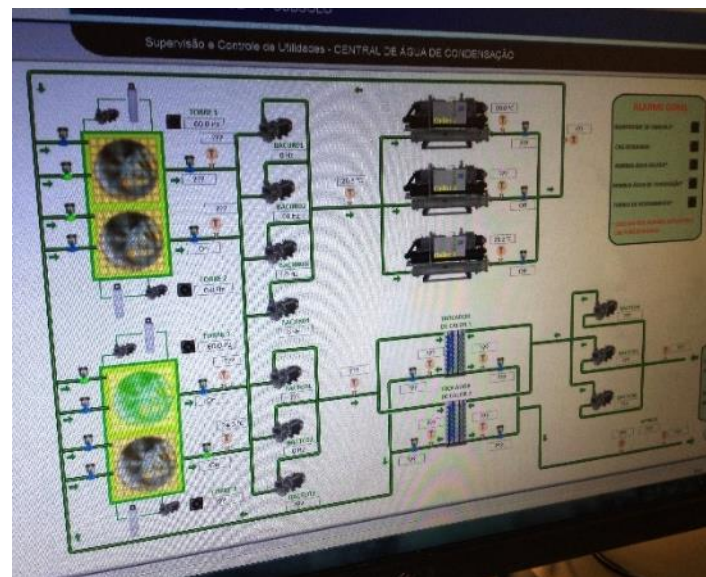
BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

DIFERENÇAS ENTRE:

- CONTROLE E AUTOMAÇÃO
- ACIONAMENTO REMOTO
- MONITORAMENTO

Quais sistemas podem estar no BMS?

- Ar Condicionado
- Ventilação
- Exaustão
- Iluminação
- Sensores e variadores de frequência (VFDs)
- Sistemas “não energéticos” (CFTV, segurança, incêndio etc.)



Fonte: Mitsidi Projetos.

BUILDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

Tipos de controle que podem ser realizados:

- **Programação horária**
- **Acionamento e desligamento remoto** (manual / automático)
- **Status** dos equipamentos ou lâmpadas (ligado / desligado)
- **Controle de carga** (ajuste de demanda)

- **Iluminação:**
- **Sistema DALI** (*Digital Addressable Lighting Interface*)
 - **Controle remoto individual por lâmpada** (endereçamento individual)

EXEMPLO BMS: VRF OU VRV

The screenshot displays a BMS interface for VRF/VRV units. The top section shows a list of units with columns for unit ID, name, status, temperature, and mode. Below this is a control panel for a selected unit, including a calendar for scheduling and a detailed hourly control table.

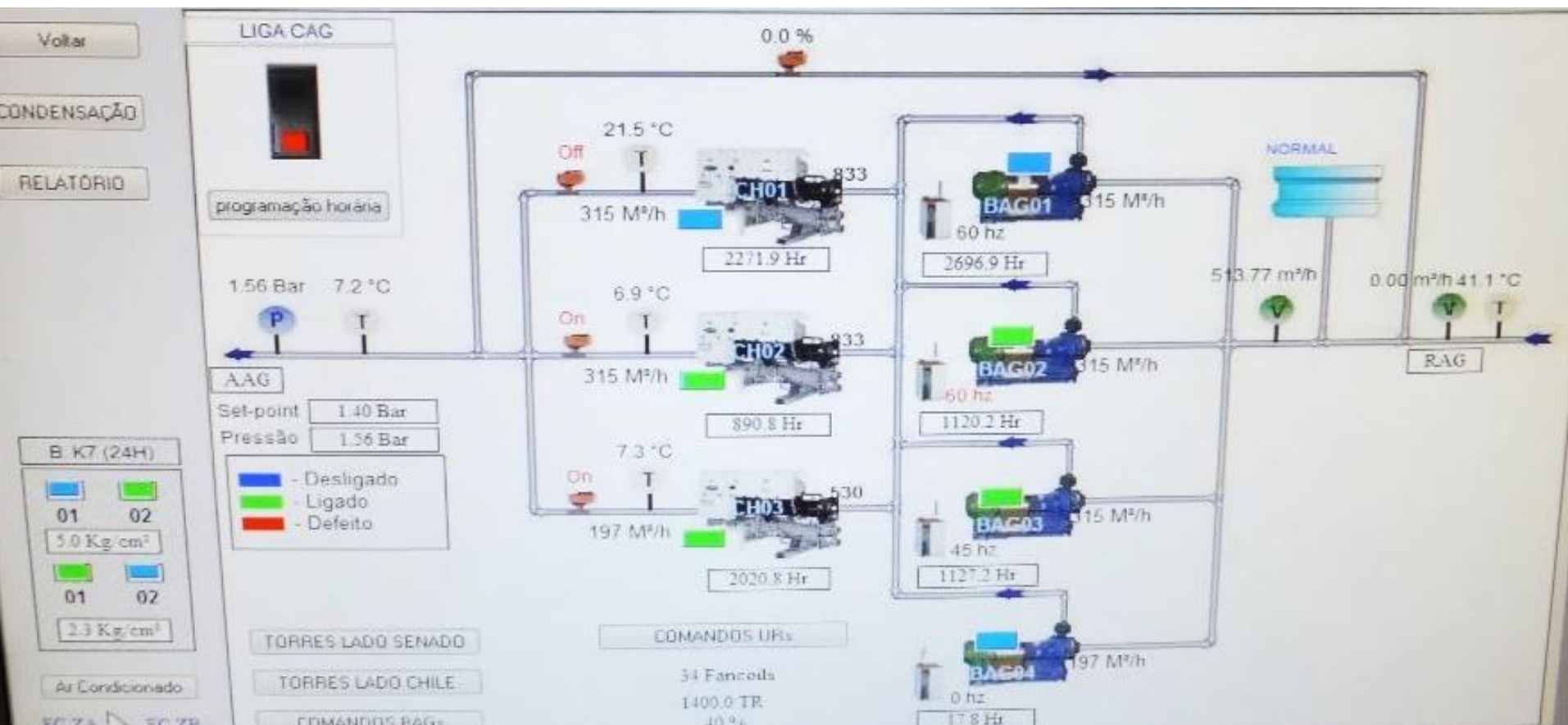
Unit ID	Unit Name	Status	Temp (°C)	Mode	Control
0 1 3	N1	○	19 °C	☼	Liberação
0 1 4	N1	×	19 °C	☼	Liberação
0 1 5	N1	×	23 °C	☼	Liberação
0 1 6	N1	○	19 °C	☼	Liberação
0 1 7	N1	×	23 °C	☼	Liberação
0 1 8	N1	×	23 °C	☼	Liberação
0 1 9	N1	×	20 °C	☼	Liberação
0 1 10	N1	×	20 °C	☼	Liberação

Relógio	Padrão	Hora	Lig./De	Modo	Temp	Ventil	Lig./De	Modo	Temp	Ventil
October 2016	SEG X SEXT	11:00	?	☼	23 °C		○	☼	?	○
		19:00	?	☼	?	?	○	☼	?	○
		19:15	×	☼	?	?	○	☼	?	○

Fonte: Mitsidi Projetos.



EXEMPLO BMS: CENTRAL DE ÁGUA GELADA



Fonte: Mitsidi Projetos.

POSSIBILIDADES DE AUTOMAÇÃO

- Sistema de Automação Central (BMS – *Building Management System*)
- Variadores de Frequência – Variar velocidade para necessidade momentânea
 - Rejeição de Calor:
 - Torre de Resfriamento (sistema a água)
 - Ventilador (sistema a ar)
 - Compressor (ex: *Chiller*, VRF)
 - Bomba de Água Gelada (Secundária)
 - *Fancoil* (sistema VAV) – válvula de 2 vias
- **Soft Starter** – Acionamento “em rampa” para evitar picos
 - Bomba de Água de Condensação
 - Bomba de Água Gelada (Primária)
- Programação Horária
- Sensores de Temperatura
- Sensores de Presença



VARIADORES DE FREQUÊNCIA

- **BAGS** (Bomba de Água Gelada Secundária)
 - Sensor de pressão no circuito de água gelada
- **Ventiladores das Torres** de resfriamento
 - Sensor de temperatura no circuito de água de condensação
- **Fancoils** (quando for sistema VAV – Volume de Ar Variável)
 - Sensor de pressão nos dutos de ar
 - Sensores de temperatura nos ambientes
- **Compressor** (expansão indireta, por ex. *chiller*)
 - Sensor de temperatura no circuito de água gelada
- **Compressor** (expansão direta, por ex. *self* ou VRF)
 - Sensores de temperatura do ar no ambiente interno
- **Ventiladores e exaustores**
 - Sensores de pressão / vazão nos dutos de ar externo
 - Sensores de CO₂ nos ambientes internos
 - Sensores de CO nos estacionamentos



Atenção: precisam estar programados corretamente!!!

RESUMO: VARIADORES DE FREQUÊNCIA (VFD)

Motores de indução:

- Ventiladores
- Exaustores
- Bombas de água gelada
- Torres de resfriamento



Redução de 30% na rotação do motor pode significar uma redução na potência de 66%

GESTÃO ENERGÉTICA

CONCEITOS E EXEMPLOS



DEO

DESEMPENHO
ENERGÉTICO
OPERACIONAL
EM EDIFICAÇÕES

GESTÃO

REVISÃO DA
CONTRATAÇÃO DE
ENERGIA

ACOMPANHAMENTO
SEMANTAL E
ANOMALIAS

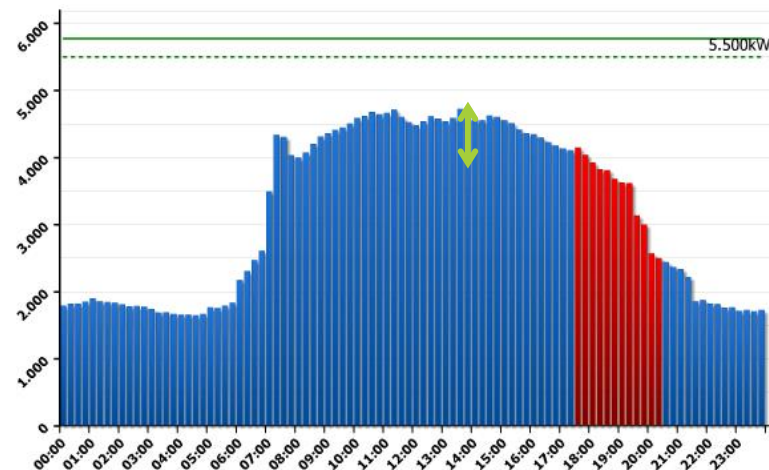
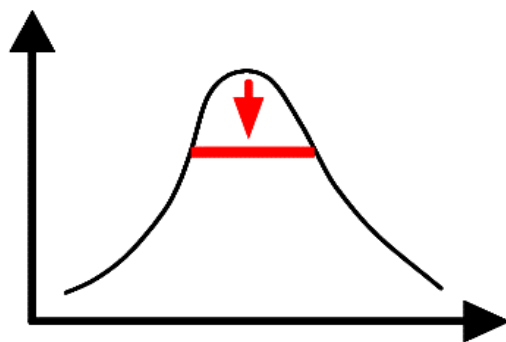
POLÍTICA DE
COMPRAS

GESTOR PREDIAL DE
ENERGIA

REVISÃO DE CONTRATAÇÃO DE ENERGIA

Medidas frequentes:

- Redução da demanda contratada
- Troca de modelo tarifário
 - Mercado cativo x Mercado livre
 - Tarifa Azul / Verde / Convencional
- Evitar multas por atraso!



GESTOR PREDIAL DE ENERGIA

- Fiscalização do funcionamento de todos os **sistemas energéticos e parâmetros de automação**
- **Monitoramento** do consumo e das faturas de eletricidade
- Identificação de **anomalias**
- Análise contínua de dados de energia
- Estabelecimento de **procedimentos formais de controle e operação** da iluminação e ar condicionado
- **Busca constante** por ações simples de economia energética



ESTRATÉGIA OPERACIONAL



Ventilação noturna



Procedimento de desligamento de equipamentos e lâmpadas



Redução do horário de operação da iluminação

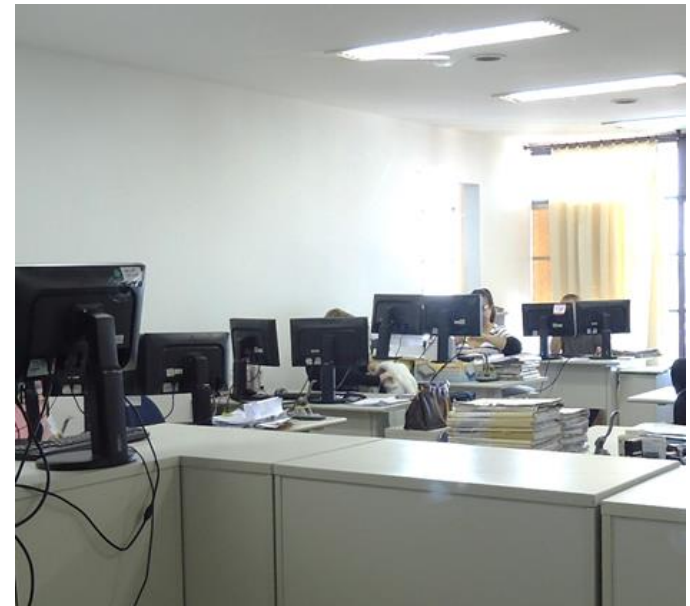


Redução do horário de operação de bombas/motores

PROCEDIMENTO DE DESLIGAMENTO DE ILUMINAÇÃO E LÂMPADAS

Custo estimado do investimento (R\$)	Zero
Economia anual estimada (kWh/ano)	11.108
Economia anual estimada (R\$/ano)	R\$ 3.566
Payback estimado	Imediato

Equipamentos de escritório deixados ligados ou em modo suspensão durante o almoço, de noite ou final de semana.

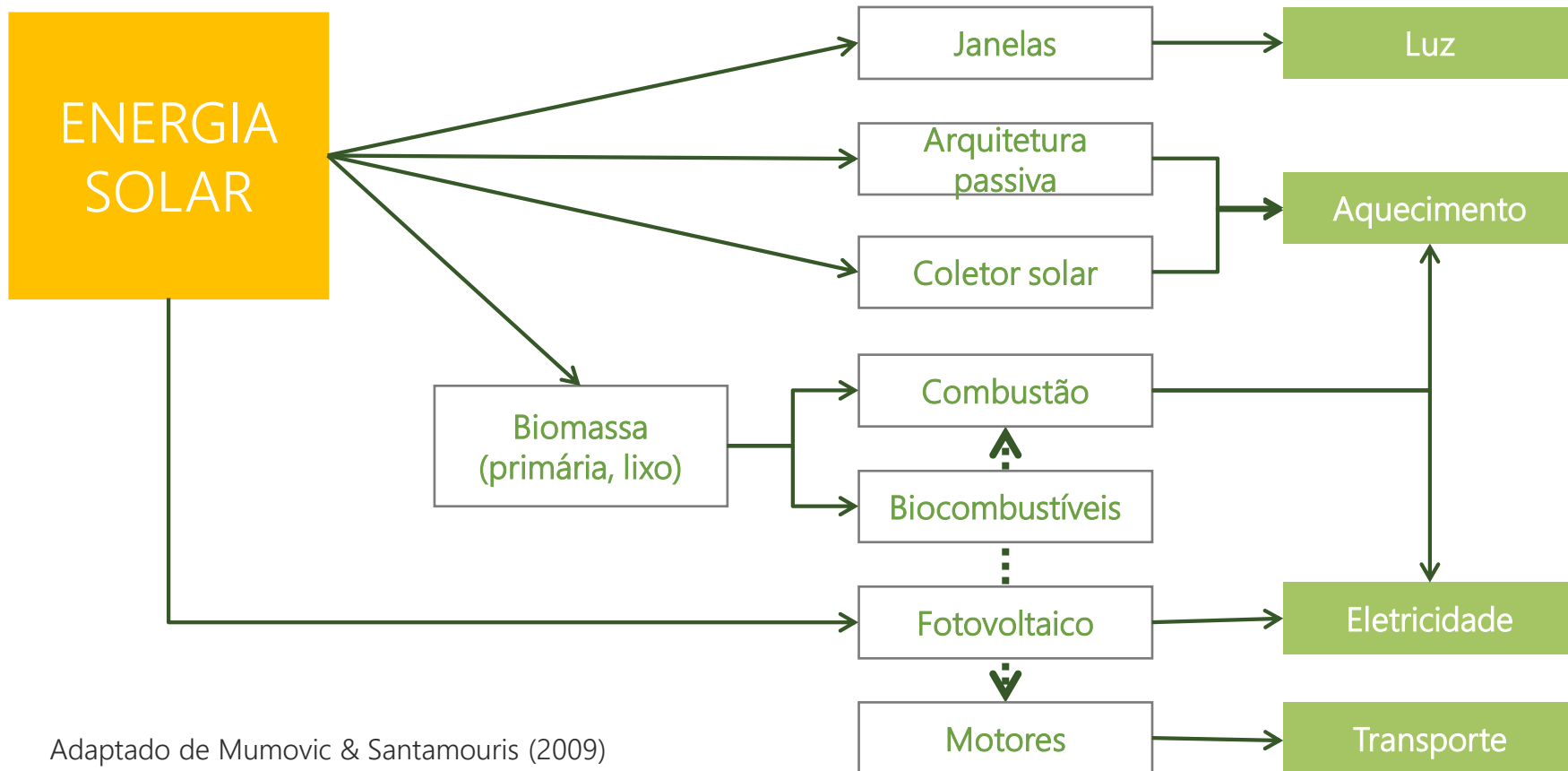


Fonte: Mitsidi Projetos.

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

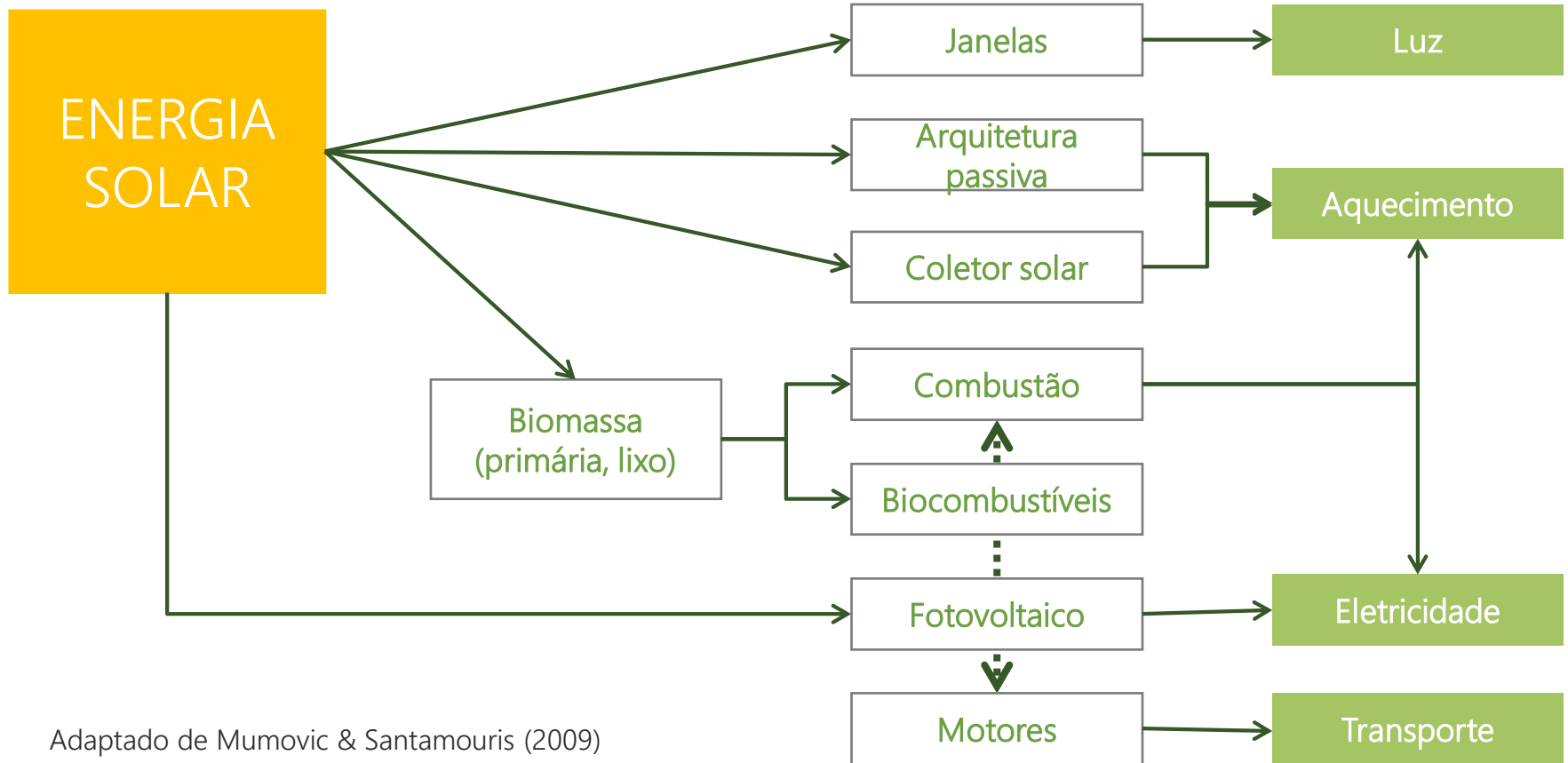


OS CAMINHOS DA ENERGIA SOLAR



Adaptado de Mumovic & Santamouris (2009)

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV)



Adaptado de Mumovic & Santamouris (2009)

ESCALAS DE GERAÇÃO

USINAS SOLARES FV



Usina solar da Tractebel Energia em Santa Catarina

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)



Painéis FV no edifício-sede do Ministério de Minas e Energia (MME)

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

ANEEL – Resoluções 482/2012 e 687/2015

- Microgeração – até 75 kW (antes até 100kW)
- Minigeração – de 75 kW até 3 MW* ou 5 MW** (antes até 1MW)
- Fontes: Solar*, Eólica*, PCH*, Biomassa*, Cogeração qualificada**
- Compensação de energia em até 60 meses (5 anos)
- Geração distribuída em condomínios
- *Net metering*
- Consórcios e cooperativa
- Previsão de revisão até 2019

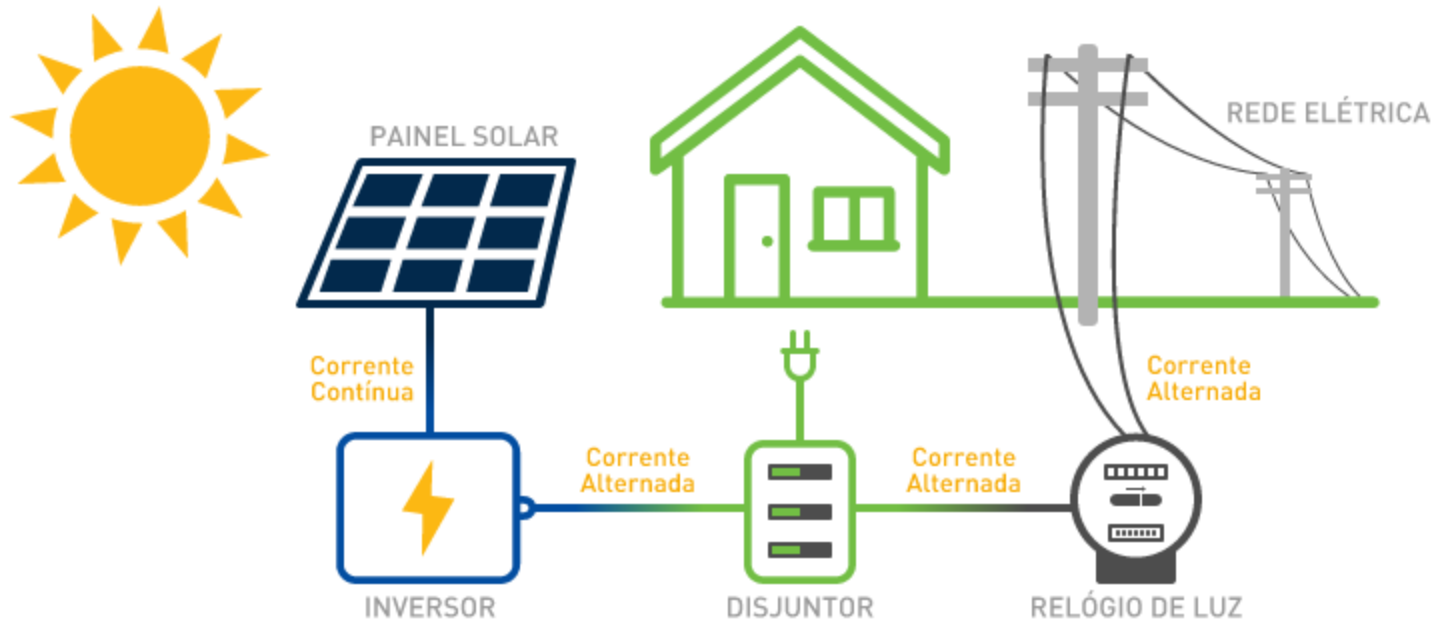


GERAÇÃO DISTRIBUÍDA



Fonte: EPE 2016

SISTEMA CONECTADO À REDE



O sistema FV alimenta o sistema elétrico predial inteiro, não é dedicado a nenhum sistema específico.

ESTUDO DE VIABILIDADE

RADIAÇÃO SOLAR

TARIFA DE
ENERGIA

ÁREA DISPONÍVEL

CASES: PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Fonte: Mitsidi Projetos.

Geração de energia fotovoltaica (FV) na cobertura

Há muitas MEEs com *paybacks* mais curtos. Aplicando a geração FV em conjunto com outras MEEs, é possível reduzir o tempo de *payback* do projeto.

Custo do investimento: R\$ 222.529

Geração: 73.507 kWh/ano (39%)

Economia anual: R\$ 38.958

Payback: 5,7 anos

CASES: PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Fonte: Mitsidi Projetos.

Geração de energia
fotovoltaica (FV) na
cobertura

Custo do investimento: R\$ 222.529

Geração: 73.507 kWh/ano (39%)

Economia anual: R\$ 38.958

Payback: 5,7 anos

Substituição da
iluminação interna
por LED

Custo do investimento: R\$ 18.000

Economia: 18.848 kWh/ano (5%)

Economia anual: R\$ 9.989

Payback: 1,8 anos

CASES: PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Fonte: Mitsidi Projetos.

Geração de energia
fotovoltaica (FV) na
cobertura

+

Substituição da
iluminação interna
por LED

Custo do investimento: R\$ 240.529

Geração + Economia: 92.355 kWh/ano (49%)

Economia anual: R\$ 48.947

Payback: 4,9 anos

ANÁLISE DE VIABILIDADE

TÉCNICA, AMBIENTAL E
ECONÔMICA



DEO

DESEMPENHO
ENERGÉTICO
OPERACIONAL
EM EDIFICAÇÕES

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA

- Pontos a serem considerados:
 - Complexidade de operação / capacitação de mão de obra especializada
 - Disponibilidade de manutenção
 - Operação dentro das necessidades locais do processo
 - Compatibilidade com normas técnicas existentes
 - Disponibilidade de espaço
 - Capacidade estrutural, elétrica etc.

ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL

- Pontos a serem considerados:
- Licença Ambiental
- Saturação de gases na região
- Efluentes e produção de resíduos
- Restrições de órgãos ambientais
- Reduções de emissões de GEE (gases de efeito estufa)



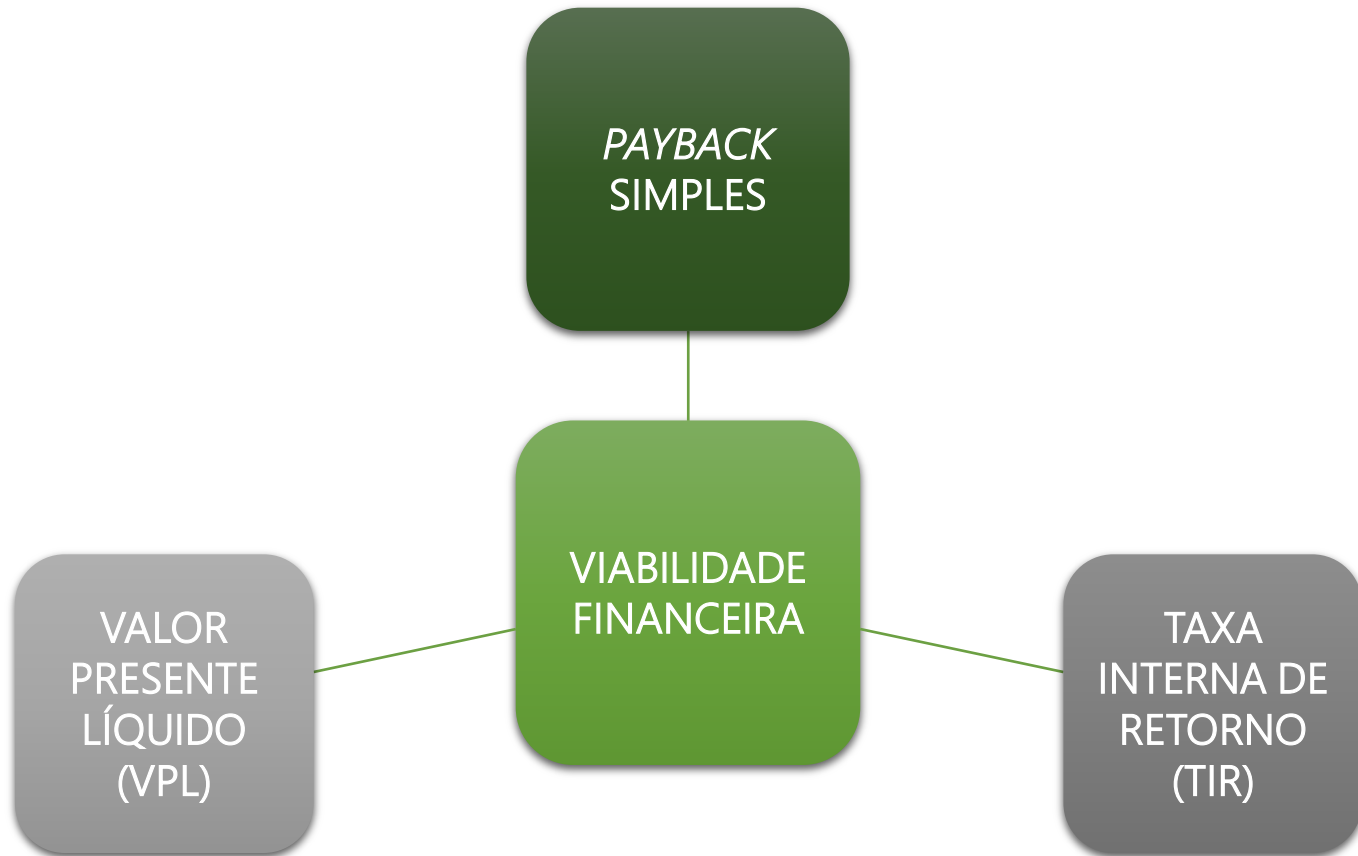
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

- Pontos indiretos a serem considerados:
 - Ganhos de imagem e marketing
 - Aumento de valor agregado
 - Aumento de conforto e produtividade



ANÁLISE FINANCEIRA – *BUSINESS CASE*

COMO DEMONSTRAR QUE UMA MEDIDA É VIÁVEL?



ANÁLISE FINANCEIRA

Metodologia	Vantagens	Limitações
<i>Payback</i> simples	Mais fácil de calcular. Apropriado para paybacks até 3 anos quando há pouco custo de manutenção.	Não considera valor de dinheiro no tempo, ou depois do período de <i>payback</i> .
Valor presente líquido (VPL)	Contabilizar valor de dinheiro no tempo. Utilizar para avaliar única opção.	Mais complexo que <i>payback</i> simples.
Taxa interna de retorno (TIR)	Calcula taxa mínima para fluxo de caixa positivo.	Pode errar com fluxos de caixa complexos.
Custo de ciclo de vida	Custo total de vida de MEEs. Utilizar para escolher dentre diversas opções.	Mais complexo de todas as opções.

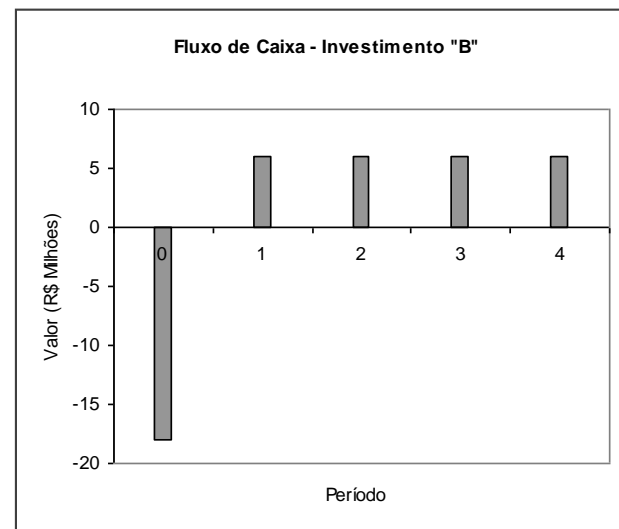
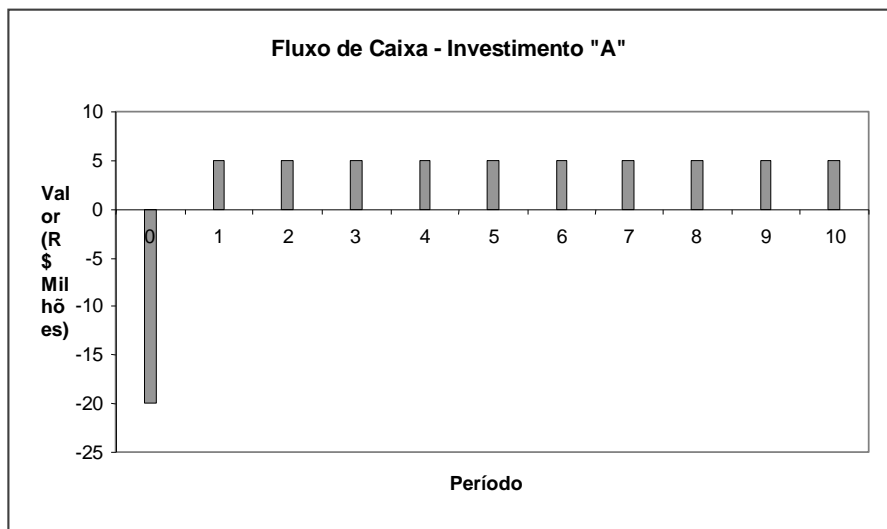
PAYBACK SIMPLES

$$\textit{Payback simples} [\textit{meses}] = \frac{\textit{Custo inicial} [R\$]}{\textit{Economia mensal} [R\$/mês]}$$

- Quando o investimento é viável?
- Pergunta anterior: Qual é o tempo de *payback* aceito pelo cliente?

É viável se *Payback* < *Payback* máximo permitido

PAYBACK - EXEMPLO



Investimento A: Custo = 20, Economia = 5/ano, Payback = 4 anos

Investimento B: Custo = 18, Economia = 6/ano, Payback = 3 anos

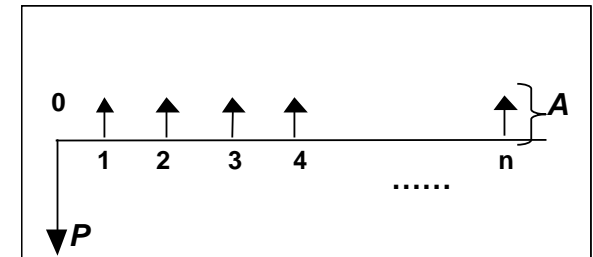
Mas como A economiza por mais tempo:

- Investimento A: $(5 \times 10) - 20 = 30 / (20 \times 10) = 15,0\%$ ao ano
- Investimento B: $(6 \times 4) - 18 = 6 / (18 \times 4) = 8,3\%$ ao ano

? Apesar do Payback pior, o investimento A possui maior rentabilidade.

VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

- Leva em conta o valor do dinheiro no tempo
 - Inflação, juros → É mais importante ter \$ hoje do que amanhã!
 - Aplicando R\$1 terei mais de R\$1 amanhã
- Depende da taxa de juros
 - Se esse dinheiro for investido em uma aplicação hoje, quanto ele renderia?
- Depende da vida útil da MEE
 - Durante quanto tempo existirá essa economia mensal?
- Compara o investimento da MEE com um investimento alternativo numa aplicação
- Geralmente, usa-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa ou órgão



Investimento é viável se $VPL > 0$

VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

- Método para análise de investimentos que determina o valor presente de pagamentos futuros.
- Entre vários projetos, o mais atrativo é aquele que tem maior Valor Presente Líquido.
- *Net Present Value* (NPV) em inglês



$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

t = período (anos ou meses)

n = tempo total projeto (anos ou meses)

i = taxa mínima de atratividade (TMA)

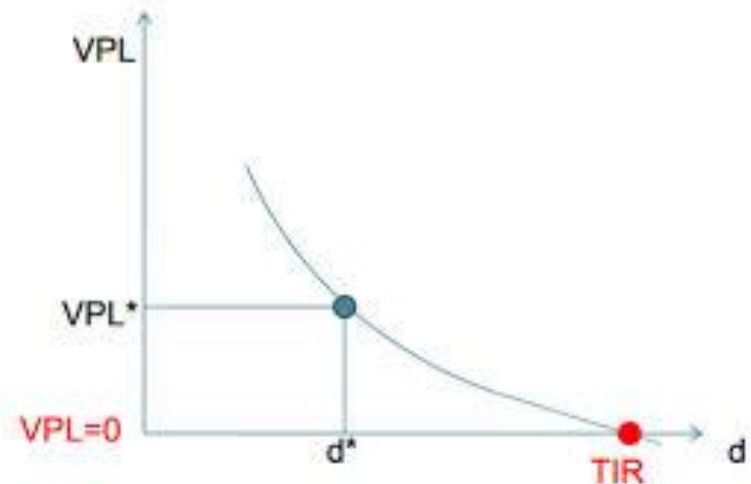
FC = fluxo caixa por período

VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

- Pode ser usado para comparar 2 investimentos, ou para analisar a viabilidade de implantar ou não 1 investimento
- Sejam duas alternativas A e B.
 - Se $VPL_A(i) > VPL_B(i)$, A é dominante em relação a B.
 - Se $VPL_A(i) < VPL_B(i)$ B é dominante em relação a A.
 - Se $VPL_A(i) = VPL_B(i)$, as alternativas são equivalentes.
- Seja uma só alternativa de investimento, dada a uma taxa de desconto (i), utilizada pela empresa ou setor.
 - Se $VPL_C(i) > 0$, a alternativa é viável, economicamente
 - Se $VPL_C(i) < 0$, a alternativa é inviável, economicamente.
 - Se $VPL_C(i) = 0$, é indiferente investir-se ou não nesta alternativa, mas ela ainda é viável economicamente.

TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

- Estabelece a taxa econômica necessária para igualar o valor de um investimento com seus retornos futuros.
- Entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior TIR.
- *Internal Return Rate* (IRR) em inglês



$$T.I.R. = A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

TIR

- TIR = Taxa Interna de Retorno
- É a taxa de desconto para a qual $VPL = 0$
- Medida relativa, diretamente comparável a investimentos
- Se a empresa ou órgão investir esse dinheiro em outro lugar, qual é a taxa de juros mínima aceitável? Essa é a TMA.
- O investimento na MEE deve ter retorno maior que isso para se justificar financeiramente.
- Quando o investimento é viável?
- Pergunta anterior: Qual é a taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa ou órgão?
 - Ou seja, se você investir esse dinheiro, que taxa de juros conseguiria?

Investimento é viável se $TIR > TMA$

EXEMPLO – PAYBACK SIMPLES



Máxima Perda de Pressão total	
Literatura	Cliente
10%	20%
Perda de Pressão por 100m (Bar)	
CNI	Cliente
0,078	0,5

PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES			
Memória de cálculo			
Serviço:			
Fluido:			
Material da linha: Aço sem costura			
Propriedades do fluido		Características da linha	
Densidade (kg/m ³):	1,18	Comprimento equivalente (m):	350
Viscosidade (cP):	0,0182	Rugosidade (ε, mm):	1,50000
		Rugosidade relativa (ε/D):	8,44E-03
Dados de processo			
Vazão (m ³ /h):	939,09	Perda de carga (kgf/cm ²):	0,05
Diâmetro interno tubo (pol):	7,000	Perda de carga (mca):	0,47
Fator de atrito:	0,0363	Velocidade (m/s):	10,51
Nº de Reynolds:	1,21E+05	Tipo de escoamento	Turbulento
Fórmulas:			
$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$		$f = \left(A - \frac{(B-A)^2}{C-2B+A} \right)^{-2} = 0,0363$	
$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$		$A = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{12}{Re} \right) = 5,25E+00$	
Equação de Colebrook		$B = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51A}{Re} \right) = 5,25E+00$	
		$C = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,715} + \frac{2,51B}{Re} \right) = 5,25E+00$	

Custo de uma nova linha de ar comprimido = R\$30.000

Economia medida no consumo dos compressores = R\$400.000/ano

Payback = 30.000/400.000 = 0,075 anos (< 1 mês)

EXEMPLO COGERAÇÃO – COMPARAÇÃO

Alternativa 1



Potência: 2000 kW
 Rendimento: 42%t, 42%el
 Custo: R\$2.112.940,65

Potência: 1059 kW
 Rendimento: 42%t, 42%el
 Custo: R\$1.256.639,23

Alternativa 2



Método do Payback Simples		Situação Atual		Alternativa 1		Alternativa 2
Custos de Consumo	R\$/ano	R\$ 29.955.238,00		R\$ 28.905.373,92		R\$ 28.617.659,01
Custos de Funcionamento	R\$/ano	R\$ 190.944,00		R\$ 203.433,86		R\$ 153.395,92
CUSTOS ANUAIS DE OPERAÇÃO	R\$/ano	R\$ 30.146.182,00		R\$ 29.108.807,78		R\$ 28.771.054,94
Economias Anuais de Operação	R\$/ano	R\$ -		R\$ 1.037.374,22		R\$ 1.375.127,06
				3,44%		4,56%
Custos de Investimento	R\$	R\$ -		R\$ 2.732.965,07		R\$ 1.651.884,53
Tempo de Retorno (em anos)	anos	-		2,63		1,20
Tempo de Retorno (em meses)	meses			32		14

EXEMPLO – CÁLCULO E COMPARAÇÃO

Alternativa 1



Potência: 2000 kW
 Rendimento: 42%
 Custo: R\$2.112.940,65

Potência: 1059 kW
 Rendimento: 42%
 Custo: R\$1.256.639,23

Alternativa 2



Método do Valor Presente Líquido (VPL)		Situação Atual		Alternativa 1	Alternativa 2
Custos de Investimento (Ano 0)	R\$	R\$	-	-R\$ 2.732.965,07	-R\$ 1.651.884,53
Economia Anual na Operação	R\$/ano	R\$	-	R\$ 1.037.374,22	R\$ 1.375.127,06
Tempo de vida	anos		-	16	16
Taxa de Rentabilidade	% a.a.		5,00%	5,00%	5,00%
Valor Presente Líquido (VPL)				R\$ 8.104.626,34	R\$ 12.620.405,43
Taxa Interna de Retorno (TIR)				37,73%	83,24%

VARIÁVEIS DE CÁLCULOS FINANCEIROS

- Custo atual de energia e demanda
- Custo futuro da energia
- Taxa de desconto e taxa de inflação
- Custo da medida de eficiência energética, com instalação
- Desempenho/eficiência do sistema atual e do proposto
- Horários de operação e perfís de uso
- Economias de demanda
- Economias de manutenção
- Ganhos indiretos de eficiência (reduzir carga térmica?)

LINHAS DE FINANCIAMENTO

- Por que financiar?
- Linhas de Financiamento
- Desafios

PROCESSO DE GESTÃO ENERGÉTICA



A implementação de algumas MEEs requer contratações e compras complexas

Prazos mais longos, taxas e condições mais atrativas:
Linhas de Financiamento

BNDES FINEM



Antigo BNDES
PROESCO

Financiamento a partir de R\$ 5 milhões para projetos voltados à redução do consumo de energia e aumento da eficiência do sistema energético nacional.

Podem ser financiados os seguintes empreendimentos:

- edificações, com foco em condicionamento de ar, iluminação, envoltória e geração distribuída; incluindo cogeração, para unidades novas ou já existentes (retrofit), conforme critérios definidos pelo BNDES;

Participação máxima 70%
do valor total

Prazo de pagamento
Flexibilizado

Apoio direto

(solicitação feita diretamente ao BNDES)

Taxa de juros = Custo financeiro + Taxa do BNDES

Empresas

Custo Financeiro

Taxa do BNDES

TJLP (7,5% ao ano)



de 1,9% a 6,36% ao ano

Unidades federativas e municípios

Custo Financeiro

Taxa do BNDES

TJLP (7,5% ao ano)



2,5% ao ano

DESENVOLVE SP

Linha Economia Verde

PROJETOS FINANCIÁVEIS

Mudança de combustíveis, Energias Renováveis, Eficiência Energética e Reuso de água em Edificações, Retrofit de edifícios existentes

Prazo

Até 120 meses, incluindo a carência de 24 meses

Taxa

IPCA – a partir de 0,53% ao mês

Participação máxima

100% do valor dos itens financiáveis



PROJETOS FINANCIÁVEIS

Estudos, Aquisição de móveis e utensílios diretamente relacionados à eficiência energética, Sistemas de informação, monitoramento, controle e fiscalização, dentre outros

Valor máximo
R\$ 20 milhões por projeto

Participação máxima
70% do valor dos itens financiáveis



Condições de Financiamento

Taxa mensal	Carência até	Prazo até
1,20%	18	60
a partir de	meses	meses

OUTRAS FORMAS DE FINANCIAMENTO

Instituições Financeiras

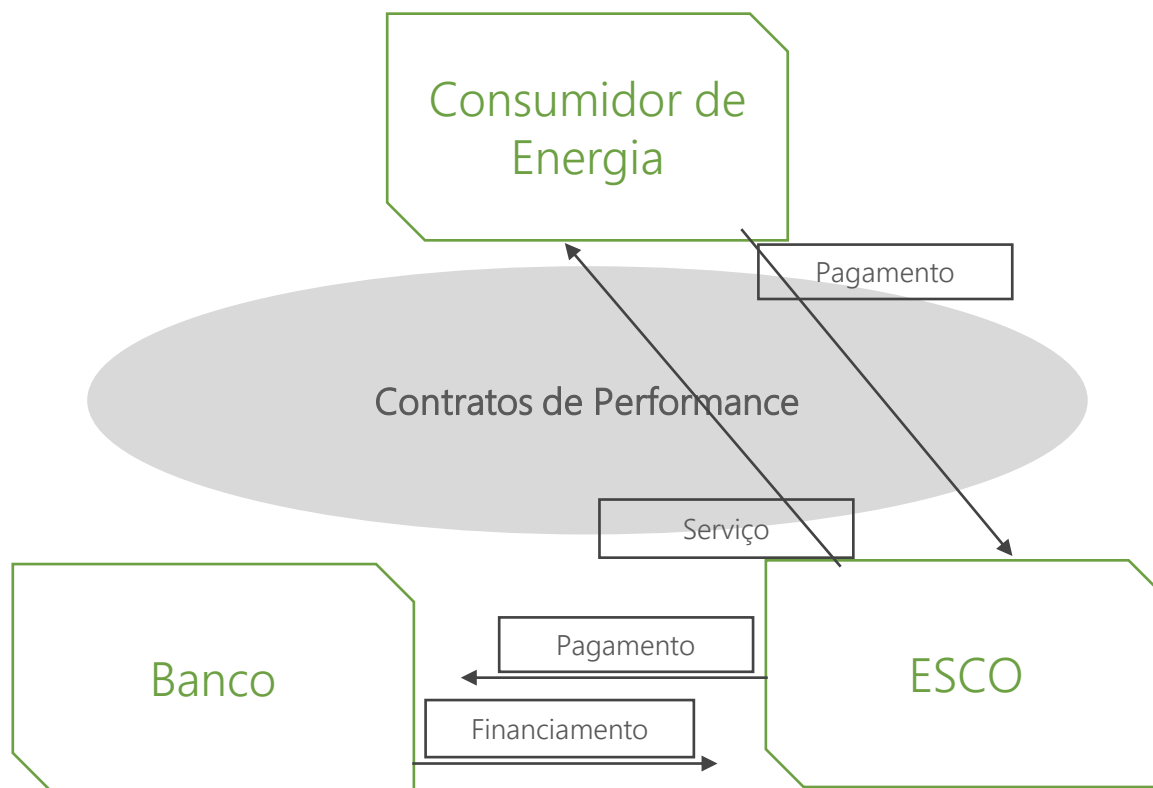
The screenshot shows the Santander website interface. At the top, there is a red navigation bar with the Santander logo and a search bar. Below the navigation bar, there are links for 'Estratégia', 'Governança', 'Produtos e Serviços', 'Práticas de Gestão', 'Espaço de Práticas', 'Fale Conosco', and 'EN | ES'. The main content area is titled 'Pessoa Jurídica' and features a list of services: 'Agências em Comunidades', 'Financiamentos', 'Investimentos', 'Microcrédito', 'Private Equity', 'Reduza e Compense CO2', 'Santander Negócios & Empresas', and 'Seguros'. A section titled 'VAREJO' offers credit lines for small and medium businesses. Another section, 'CDC Sustentável', provides financing for energy efficiency, water efficiency, and waste treatment. A 'CORPORATE' section offers financing for companies with high revenue, focusing on energy efficiency and renewable energy.

The screenshot shows the Procel Info website interface. The header includes the Procel logo and navigation links for 'cadastro', 'dívidas', 'fale conosco', 'links', and 'mapa do site'. A search bar is located in the top right. The main content area is titled 'Incentivos e Financiamentos' and provides information on funding opportunities for energy efficiency projects. It includes a sidebar with navigation links for 'Sobre o Procel', 'Publicações', 'Informações Técnicas', 'Simuladores', 'Agentes', 'Incentivos e Financiamentos', 'Legislação', 'Cursos', 'Notícias e Reportagens', and 'Glossário'. The main text describes the '7th Framework Programme for Research and Technological Development (FP7)', the 'Basel Agency for Sustainable Energy (BASE)', the 'Blue Moon Fund', and the 'Brazil Rural Energy Enterprise Development (B-REED)'.

Fundos Internacionais

ESCOS

Empresas de Serviço de Conservação de Energia



com ESCO

com ESCO / terceiros

10-20 anos
€ 1M+

editais e negociação

PIMVP

Risco de atingir economias

Investimento de capital

Dimensão e duração do contrato

Processo de contratação

Medição e verificação das economias de energia

Contrato de Energia Integrado
Contrato de desempenho Contrato de fornecimento de energia

Contratos de Desempenho na área de Energia
Economias compartilhadas
Economias garantidas
Contratos com prazo variável (com possibilidade de rescisão antecipada)

Contrato local de fornecimento de energia

Leasing de equipamentos / Crédito com fornecedor com garantia de desempenho & pagamentos em função da economia de energia

Planejamento de Projetos de Energia com pagamentos por desempenho ou garantia

Serviços de Gestão de *Facilities* ou de Manutenção com pagamentos baseados em desempenho

Serviços de Gestão de Energia com pagamentos baseados em **desempenho**

com cliente

com cliente

meses
€ 1.000+

três cotações

verificações simples

DESAFIOS AO FINANCIAMENTO

ENTENDIMENTO E
AVALIAÇÃO DE RISCOS


CONCORRÊNCIA COM
OUTRAS LINHAS DE
FINANCIAMENTO


BUROCRACIA
EXCESSIVA NA
APROVAÇÃO DE
PROJETOS DE MEE

BAIXA ACEITAÇÃO DE
CONTRATOS DE
ENERGY SAVINGS

EEGM: O Mecanismo que Garante o Financiamento do seu Projeto de Eficiência Energética e Energia Renovável

● ○ ○ ○

 **Garantia sobre Risco de Crédito** +

 **Garantia de Risco de Performance** +

PEE - ANEEL

Lei N° 9.991/2000: 0,50% da receita operacional líquida (ROL) das distribuidoras

Resolução Normativa N°556/2013: Chamada Pública (PROPEE)

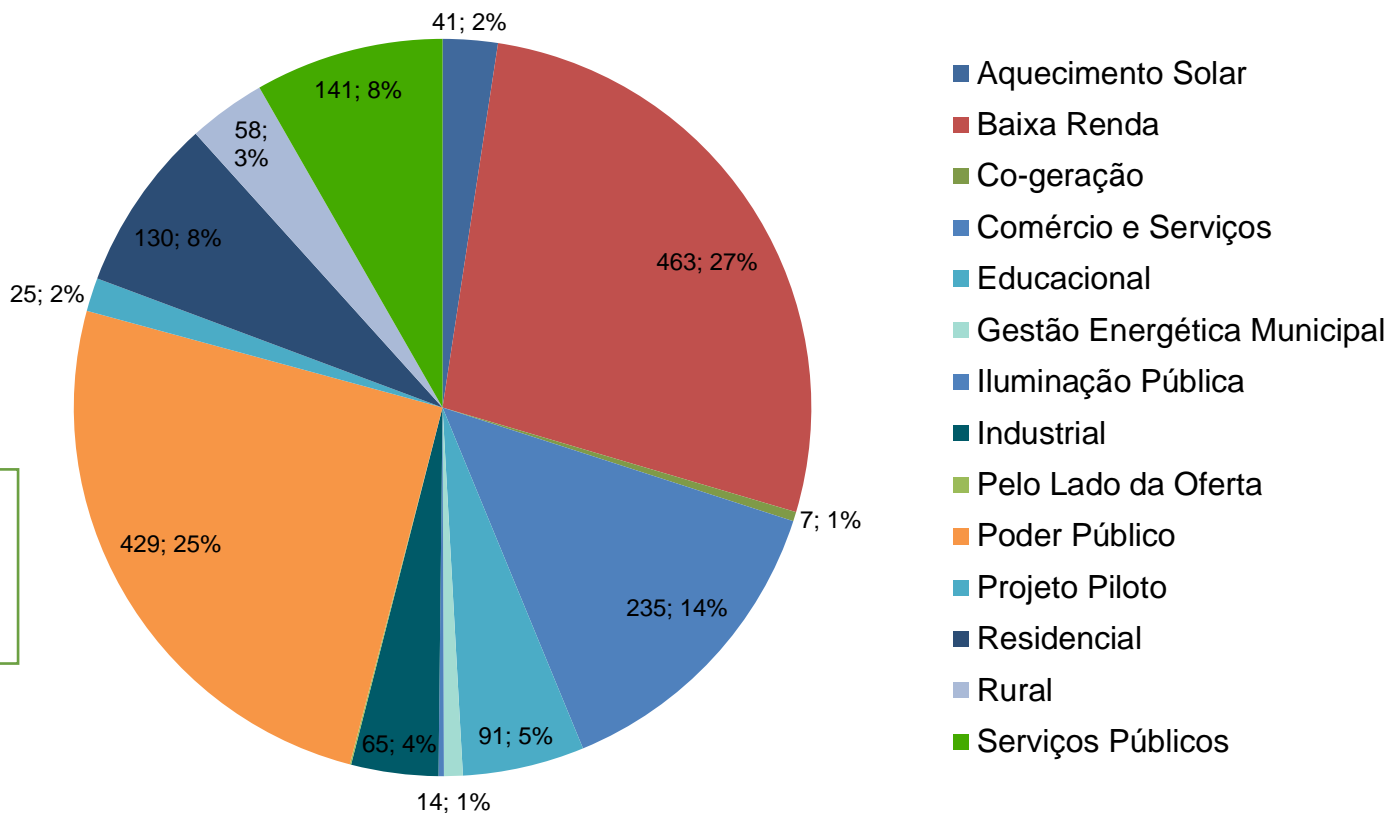


Contratos de Desempenho

Taxa SELIC
1,06 % ao mês

PEE - ANEEL

Projetos cadastrados na ANEEL (2008 a mar/2016)



Poder público
25%

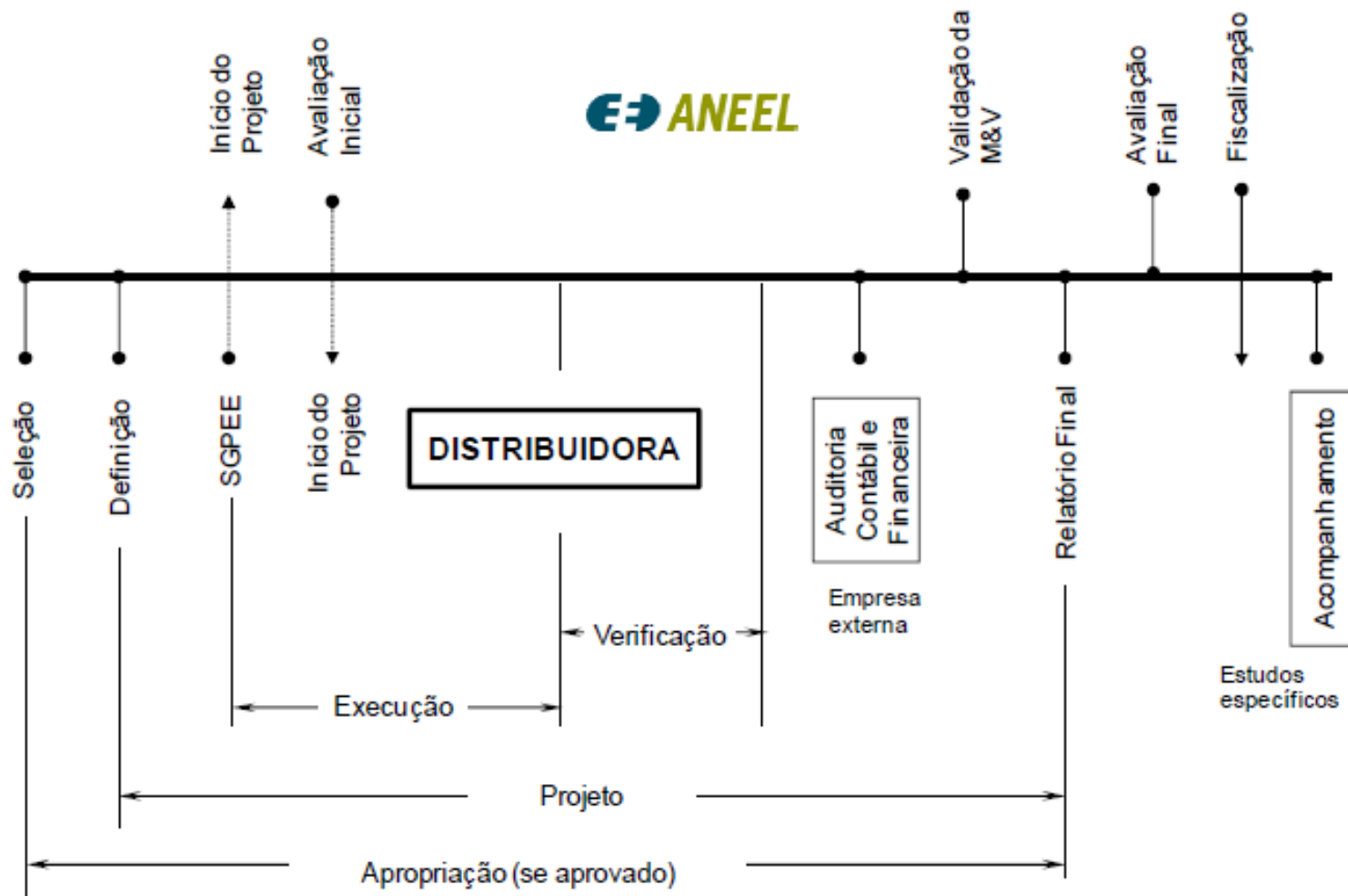
Fonte: ANEEL

PEE - ANEEL

Tabela 1 – Tipologias e características de projetos do PEE

Tipologia	Ação de eficiência energética						Características especiais				Investimento ¹		Prospecção preferencial
	Melhoria de Instalação	Educacional	Bônus para eletrodoméstico eficiente	Gestão Energética	Geração com Fontes Incentivadas	Aquecimento solar	Prioritário	Grande Relevância	Piloto	Cooperativo	Contrato de Desempenho Energético	Contratação a fundo perdido	Chamada Pública de Projetos
Industrial	Seção 4.2			Seção 4.2	Módulo 6	Seção 4.2	Seção 5.1	Seção 5.2	Seção 5.3	Seção 5.4	Seção 3.1	Possível	Seção 3.2
Comércio e Serviços													
Poder Público													
Serviços Públicos													
Rural													
Residencial		Seção 4.2											
Baixa Renda													
Gestão Energética Municipal				Seção 4.2								Sim	
Educacional		Seção 4.1											
Iluminação Pública	Seção 4.1												

PEE - ANEEL



AES ELETROPAULO – PEE ANEEL

- Exemplo de projeto concluído em 2016:

Título: Eficiência Hospital AC Camargo - Ar Condicionado Central (PE-0390-1032/2011).

Objetivo: Proporcionar Redução de Consumo e Demanda com a construção de nova Central de Água Gelada – CAG e unificação com as existentes.

Abrangência: Hospital AC Camargo (Fundação Antonio Prudente) – localizado no bairro da Liberdade – São Paulo – SP.

Energia Economizada: 2.682,00 MWh/ano

Demanda Evitada: 319,04 kW

Impactos sociais e ambientais e duração esperada dos benefícios: Economia de energia, Redução da demanda do sistema elétrico, Maior confiabilidade do sistema de ar condicionado central e melhoria das condições ambientais pela utilização de gás ecológico. Vida útil do sistema de Ar Condicionado é de 20 anos.

Investimento Total Previsto (com contrapartida): R\$ 7.724.924,74

Investimento PEE AES Eletropaulo: R\$ 4.185.000,00

Investimentos Realizados: Ano 2016 - R\$ 21.600,00

Custo da demanda evitada (R\$/kW): 183,05

Custo da energia economizada (R\$/MWh): 199,89

Relação Custo Benefício – RCB: 0,70