



O PORTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



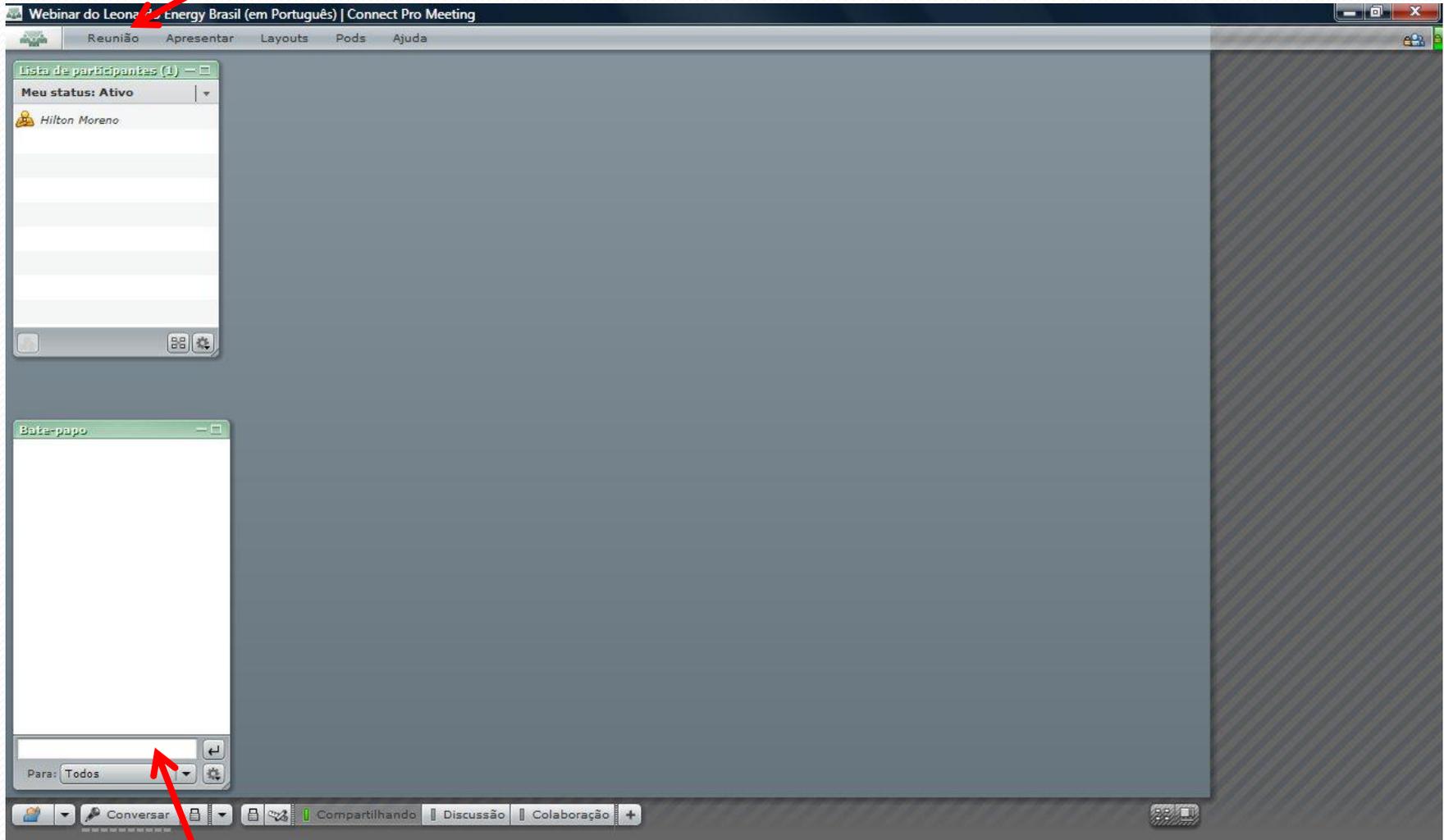
BEM-VINDO AO WEBINAR

“Estudos de Casos Reais Sobre Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores Elétricos”

**por: Eng. Hilton Moreno
Hilton Moreno Consulting
www.hiltonmoreno.com.br**

**HILTON[®]
MORENO**
CONSULTING

Teste de som: Reunião → Gerenciar minhas configurações → Assistente de configuração de áudio



Área para digitar questões e comentários - respostas no final da apresentação



O PORTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



REGRAS DO WEBINAR:

- Perguntas e/ou comentários são feitas unicamente por escrito, utilizando-se o campo apropriado;
- Perguntas e/ou comentários podem ser enviadas durante o desenvolvimento da apresentação, mas serão respondidas somente após o final da mesma;
- Pode acontecer que, dependendo do número de perguntas e do tempo disponível, algumas perguntas fiquem sem resposta durante o webinar;
- Se houver interrupção inesperada do webinar, certifique-se que sua conexão com a internet está funcionando normalmente e tente novamente a conexão;
- **Será emitido certificado de participação no webinar. Somente quem não se inscreveu previamente no webinar, favor digitar e-mail na janela de bate-papo.**

PALESTRANTE:

Hilton Moreno

Eng. Eletricista

Professor

Consultor

Diretor da Hilton Moreno Consulting

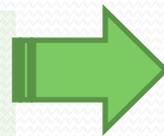


Dimensionamento Técnico

✘ NBR 5410 – NBR 14039

✘ Critérios:

- ✘ Seção mínima;
- ✘ Capacidade corrente;
- ✘ Queda de tensão;
- ✘ Sobrecarga;
- ✘ Curto-circuito.



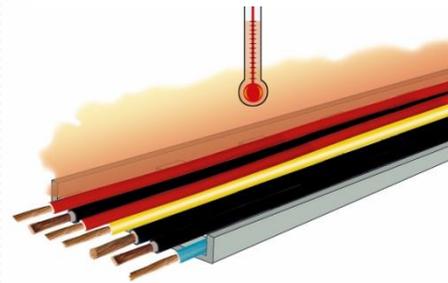
Menor seção
nominal possível



$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Maiores perdas
joule

$$E = R \cdot I_{\max}^2 \cdot \Delta t$$



Aspectos gerais



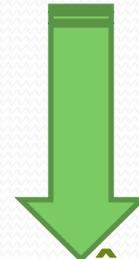
AUMENTAR A SEÇÃO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS
CONTRIBUI PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂ NA
ATMOSFERA



AUMENTA O CUSTO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

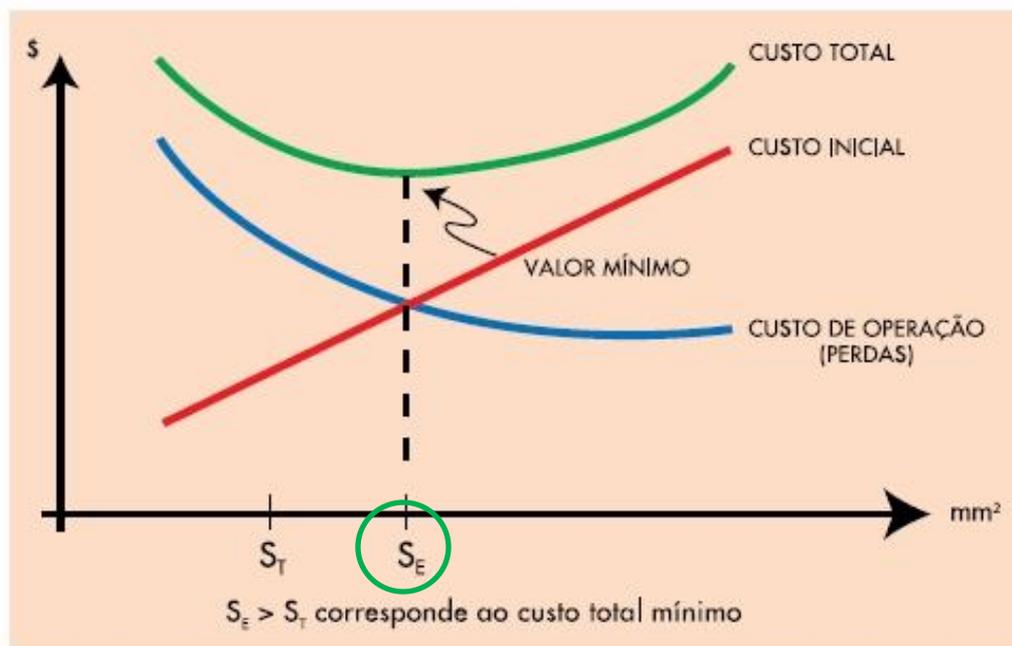


Compromisso custo x
benefício



**Dimensionamento econômico
e ambiental de condutores
(DEAC)**

Dimensionamento econômico - Custos



Denomina-se como seção econômica (S_{ec}) de um circuito aquela seção que resulta no menor custo total de instalação e operação de um condutor elétrico durante sua vida econômica considerada.

Dimensionamento econômico conforme NBR 15920:2010 - Custos

$$\text{Custo total} = CT = CI + CJ$$

CI é o custo inicial de um comprimento de cabo instalado, [\$];

CJ é o custo operacional equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas joule durante a vida considerada, [\$].

$$CT = CI + I_{\max}^2 \cdot R \cdot l \cdot F \quad [\$]$$

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot B[1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)]}{S} \cdot 10^6$$

$$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot \frac{Q}{(1 + i/100)}$$

Dimensionamento econômico conforme NBR 15920:2010 - Equacionamento

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[\frac{I_{max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot B \cdot [1 + \alpha_{20} (\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5}$$

$$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot \frac{Q}{(1 + i/100)}$$

$$B = (1 + y_p + y_s) \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2)$$

$$Q = \sum_{n=1}^N (r^{n-1}) = \frac{1 - r^N}{1 - r}$$

$$r = \frac{(1 + a/100)^2 \cdot (1 + b/100)}{(1 + i/100)}$$

$$\theta_m = (\theta - \theta_a) / 3 + \theta_a$$

S_{ec} = seção econômica do condutor [mm^2]

I_{max} = corrente de projeto máxima prevista para o circuito no primeiro ano, [A];

F = quantidade auxiliar;

ρ_{20} = resistividade elétrica do material condutor a 20°C [$\Omega \text{ m}$];

B = quantidade auxiliar;

α_{20} = coeficiente de temperatura para a resistência do condutor a 20°C [K^{-1}];

θ_m = temperatura média de operação do condutor [$^\circ\text{C}$];

A = componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor [$\$/\text{m}.\text{mm}^2$]

N_p = número de condutores de fase por circuito;

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga;

T = tempo de operação com perda joule máxima [h/ano];

P = custo de um watt-hora no nível da tensão pertinente [\$/W.h]

D = variação anual da demanda [\$/W.ano];

Q = quantidade auxiliar;

i = taxa de capitalização para cálculo do valor presente [%];

y_p = fator de proximidade, conforme IEC 60287-1-1;

y_s = fator devido ao efeito pelicular, conforme IEC 60287-1-1;

λ_1 = fator de perda da cobertura, conforme IEC 60287-1-1;

λ_2 = fator de perda da armação, conforme IEC 60287-1-1;

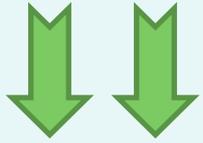
r = quantidade auxiliar;

N = período coberto pelo cálculo financeiro, também referido como
"vida econômica" [ano];

a = aumento anual da carga (I_{max}) [%];

b = aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação [%].

Dimensionamento Ambiental

	Emissão CO ₂ Fabricação + Descarte	Emissão CO ₂ Operação	Emissão CO ₂ Total
Seção menor			
Seção maior			

Dimensionamento Ambiental

Redução de CO₂ na **operação** em função do aumento de S_{nom}

$$Z_1 = \sum [N_p \cdot N_c \cdot I^2 \cdot (R_1 - R_2) \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot \ell \cdot K_1]$$

K_1 = emissões de CO₂ no momento da geração por unidade de energia elétrica, [kg-CO₂/kWh]. Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, dados de 2006 indicam um valor de $K_1 = 0,081$ kg-CO₂/kWh.

Z_1 = quantidade anual de redução de emissões de CO₂, [kg-CO₂];

N_p = número de condutores de fase por circuito;

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga;

I = corrente de projeto, [A];

ℓ = comprimento do cabo, [km];

R_1 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), [Ω /km] – calculada conforme equação [14];

R_2 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), [Ω /km] – calculada conforme equação [14];

T = tempo de operação por ano [h/ano];

Dimensionamento Ambiental

Aumento de CO₂ na **fabricação** em função do aumento de S_{nom}

$$Z_2 = \sum [(W_2 - W_1) \cdot \ell \cdot K_2]$$

K_2 = emissões de CO₂ no momento da produção do cobre por quilo de cobre, [kg-CO₂/kg-Cu]. Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país e do processo de extração e fabricação do metal, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, onde a maioria do cobre utilizado nos condutores elétricos é importada do Chile, recomenda-se utilizar $K_2 = 4,09$ kg-CO₂/kg-Cu que é aquele correspondente à produção do catodo de cobre eletrolítico realizada naquele país.

Z_2 = quantidade anual de aumento de emissões de CO₂, [kg-CO₂];

W_1 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), [kg/km] – tabela 3;

W_2 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), [kg/km] – tabela 3;

ℓ = comprimento do cabo, [km];

Dimensionamento Ambiental

Redução CO₂ **operação**

Aumento CO₂ **fabricação**


$$Z_1 - Z_2 > 0 \Rightarrow$$

Ganho ambiental (redução de CO₂)

Aplicações típicas para o DEAC: circuitos com correntes relativamente elevadas com funcionamento por muitas horas por dia e muitos dias por ano.

- ✘ Shopping centers; indústrias; hospitais; edifícios comerciais e públicos; portos; aeroportos; estádios; ginásios esportivos; etc.



QUEM SOMOS

BIBLIOTECA VIRTUAL

EVENTOS

CONTATO

:: SOFTWARE

SOFTWARE DE DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE CONDUTORES ELÉTRICOS

21 DE MARÇO DE 2011

Esse software está disponível para download no link abaixo.

Tamanho do arquivo: 5 MB

Formato ZIP (descomprima o arquivo zip DEAC.zip, um novo diretório DEAC será criado. Dentro desse diretório clique duas vezes em setup.exe).

Software para sistema operacional Windows



:: PRÓXIMOS EVENTOS

ABRIL

sex

15

WEBINAR - SEMINÁRIO PELA INTERNET
Apresentação de software para dimensionamento econômico e ambiental de condutores elétricos

seg

WEBINAR - SEMINÁRIO PELA INTERNET

-  Dimensionamento
-  Valores Pré-determinados
-  Manual do Usuário
-  Manual Técnico
-  Sobre o Software



Estudo de caso 1: Edifício de escritórios AAA

Dados Gerais sobre a instalação

Descrição : 30 ANOS -6%- TARIFA VERDE

Preço da energia ativa : R\$ 0,2583

Aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação : 0 %

Preço da variação anual da demanda : R\$ 0,008 / W-ano

Taxa de capitalização : 6 %

Vida econômica da instalação : 30 Anos

Emissões de CO2 no momento da geração por unidade de energia elétrica : 0,081 kg-CO2/kWh

Emissões de CO2 no momento da produção do cobre por quilo de cobre : 4,09 kg-CO2/kg-Cu

Estudo de caso 1: Edifício de escritórios AAA



TARIFAS PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
SUBGRUPO A4 - VÁLIDO PARA AS LEITURAS A PARTIR DE 04/07/2010

Horário de Ponta: 17h30min às 20h30min, (18h30min às 21h30min no horário de verão)
(Exceção feita aos sábados, domingos, e feriados definidos por lei Federal).

Período Seco – PS: Maio a Novembro

Período Úmido – PU: Dezembro a Abril

Tarifa Convencional – Tarifas de Demanda e Consumo independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. **Demanda máxima contratável de 299 kW.**

Tarifa Horo-Sazonal – Tarifas diferenciadas de Demanda e Consumo de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

Tarifa Horo-Sazonal Azul – O cliente é obrigado a contratar duas demandas, sendo uma para o horário de ponta e outra para fora de ponta.

Tarifa Horo-Sazonal Verde – O cliente contrata uma única demanda, para o horário de ponta e fora de ponta, o consumo no horário de ponta, é o mais caro de todas as tarifas.

Estudo de caso 1: Edifício de escritórios AAA

Circuitos

Descrição : QTL-1SS-IE-01

Tensão nominal : 380 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cabo : 450/750 V - unipolar

Seção técnica : 10 mm²

Comprimento : 9 m

Corrente de projeto máxima prevista para no primeiro ano : 22,79 A

Taxa de aumento anual da carga : 0 %

Temperatura máxima nominal para o tipo de cabo considerado : 70 °C

Temperatura ambiente média : 30 °C

Número de horas de operação do circuito : 24

Número de dias por ano de operação do circuito : 365

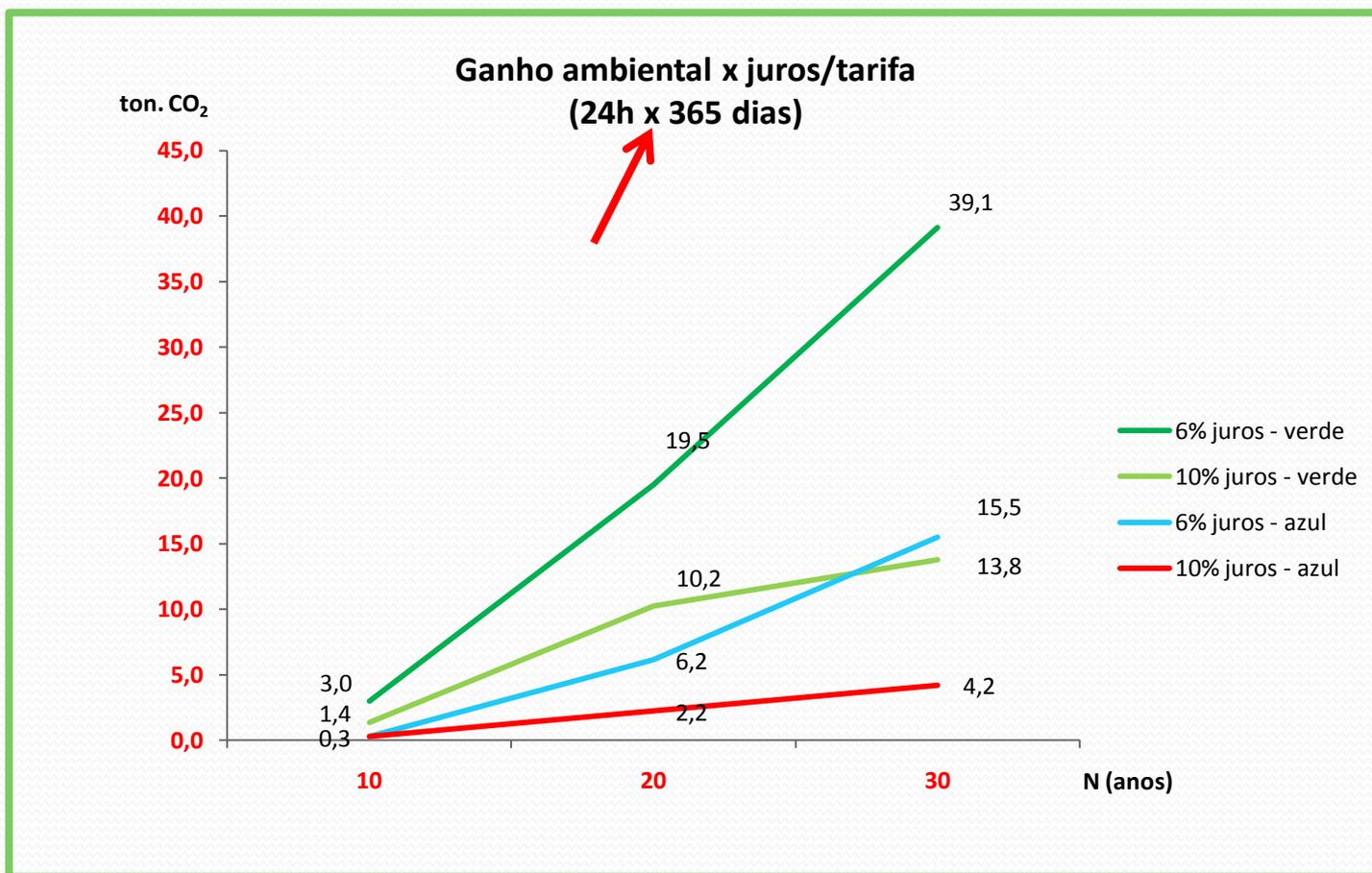
Custo do cabo : R\$ 1,3769 / m-mm²

Estudo de caso 1: Edifício de escritórios AAA

OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	GANHO AMBIENTAL NO PERÍODO (ton CO2)	ECONOMIA DE ENERGIA NO PERÍODO (kWh)	número de casas populares equivalentes em consumo num mês (100kWh cada)	ECONOMIA INVESTIMENTO NO PERÍODO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	verde	39,1	229.427	2.294	12.305	24
24hx365 dias	20	6	verde	19,5	144.884	1.449	3.931	18
24hx365 dias	30	6	azul	15,5	90.428	904	2.007	26
24hx365 dias	30	10	verde	13,8	54.716	547	2.850	24
24hx365 dias	20	10	verde	10,2	55.806	558	1.897	17
24hx365 dias	20	6	azul	6,2	45.216	452	490	19
24hx365 dias	30	10	azul	4,2	16.701	167	518	24
24hx365 dias	10	6	verde	3,0	28.896	289	526	9
24hx365 dias	20	10	azul	2,2	12.101	121	256	17
24hx365 dias	10	10	verde	1,4	10.842	108	575	8
24hx365 dias	10	6	azul	0,3	2.769	28	77	8
24hx365 dias	10	10	azul	0,3	2.312	23	2	10
12hx300 dias	30	6	verde	1,7	10.031	100	367	26

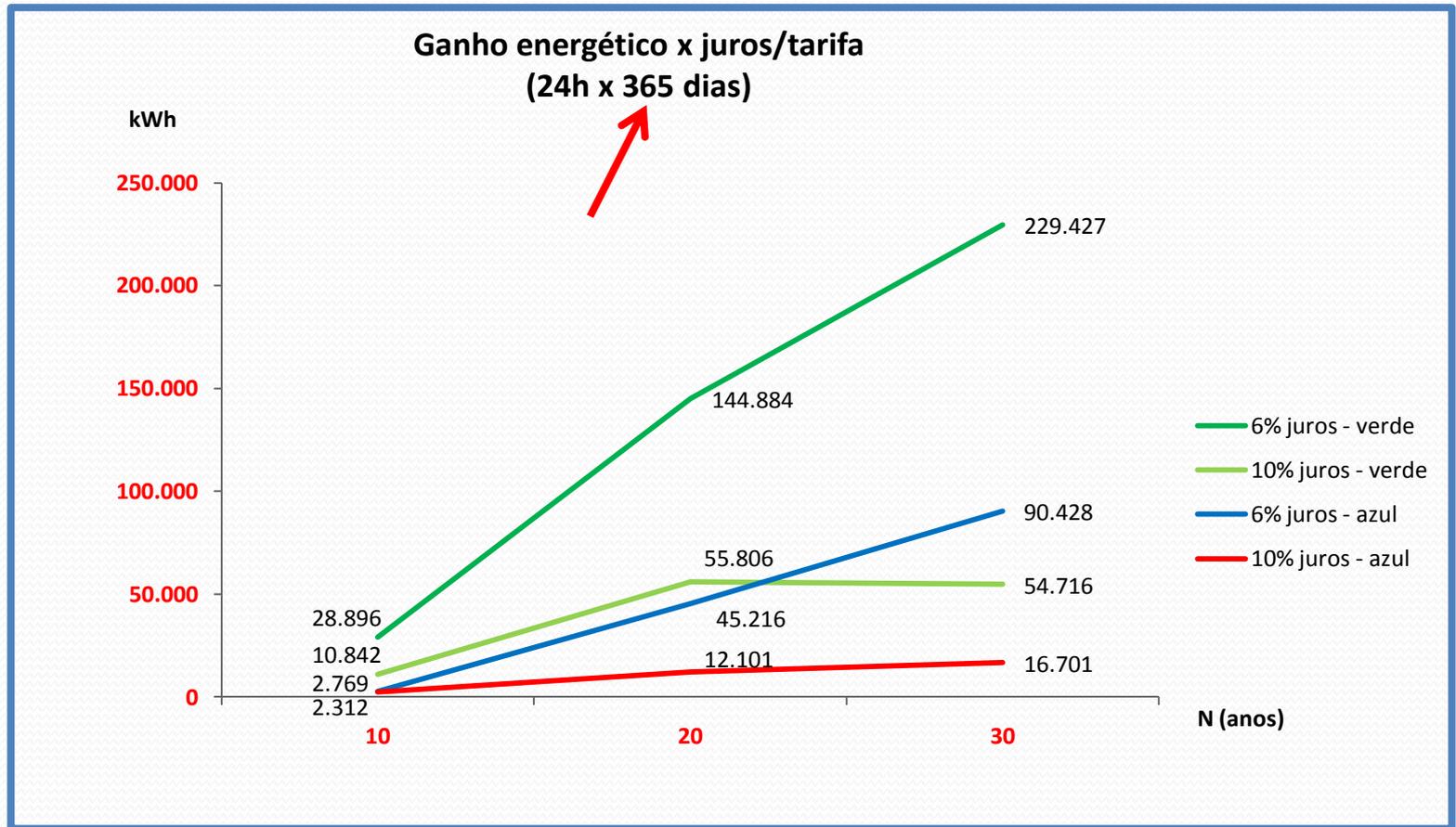
Edifício de escritórios AAA

Ganho ambiental (CO₂)



Edifício de escritórios AAA

Ganho energético (kWh)



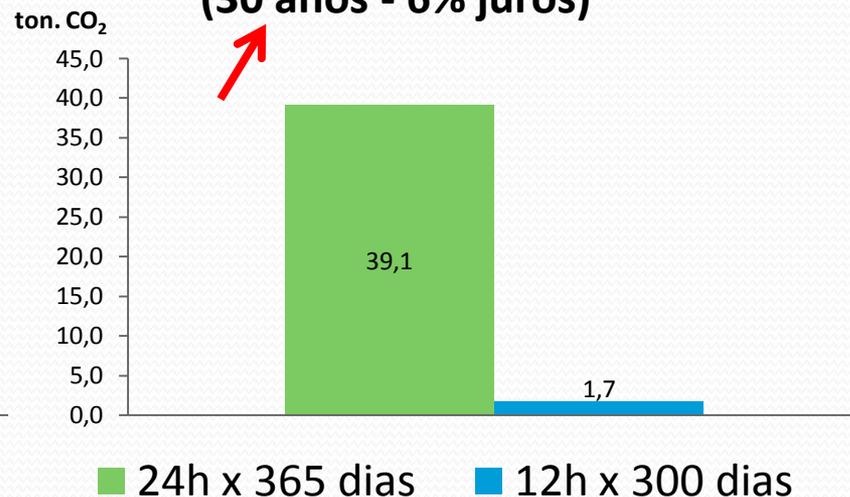
Edifício de escritórios AAA

Variação em função do
número de horas x número de dias

Ganho energético x (horas x dias)
(30 anos - 6% juros)



Ganho ambiental x (horas x dias)
(30 anos - 6% juros)



Edifício de escritórios AAA

Economia no investimento & tempo de retorno

OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	ECONOMIA INVESTIMENTO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	verde	12.305	24
24hx365 dias	20	6	verde	3.931	18
24hx365 dias	30	10	verde	2.850	24
24hx365 dias	30	6	azul	2.007	26
24hx365 dias	20	10	verde	1.897	17
24hx365 dias	10	10	verde	575	8
24hx365 dias	10	6	verde	526	9
24hx365 dias	30	10	azul	518	24
24hx365 dias	20	6	azul	490	19
24hx365 dias	20	10	azul	256	17
24hx365 dias	10	6	azul	77	8
24hx365 dias	10	10	azul	2	10
12hx300 dias	30	6	verde	367	26

Estudo de caso 2: Shopping Center “A”

OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	GANHO AMBIENTAL NO PERÍODO (ton CO2)	ECONOMIA DE ENERGIA NO PERÍODO (kWh)	ECONOMIA INVESTIMENTO NO PERÍODO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	verde	39,0	228.950	11.215	24
24hx365 dias	30	10	verde	31,3	124.777	2.157	28
24hx365 dias	20	6	verde	14,7	108.740	5.199	16
24hx365 dias	30	6	azul	12,8	74.722	296	29
24hx365 dias	20	10	verde	10,2	55.806	1.897	17
24hx365 dias	20	6	azul	8,2	60.082	1.219	18
24hx365 dias	30	10	azul	4,2	16.701	518	24
24hx365 dias	10	6	verde	4,0	38.396	1.265	9
24hx365 dias	20	10	azul	2,2	12.101	256	17
24hx365 dias	10	10	verde	1,4	10.842	575	8
24hx365 dias	10	6	azul	0,0	0	0	0
24hx365 dias	10	10	azul	0,0	0	0	0

Estudo de caso 2: Shopping Center “B”

OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	GANHO AMBIENTAL NO PERÍODO (ton CO2)	ECONOMIA DE ENERGIA NO PERÍODO (kWh)	ECONOMIA INVESTIMENTO NO PERÍODO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	verde	378,9	2.220.710	110.325	24
24hx365 dias	30	10	verde	215,9	859.706	32.207	26
24hx365 dias	30	6	azul	112,7	656.488	18.205	25
24hx365 dias	20	6	verde	89,1	655.638	44.457	15
24hx365 dias	30	10	azul	75,4	299.287	5.889	26
24hx365 dias	20	10	verde	65,9	356.917	23.311	15
24hx365 dias	20	6	azul	53,5	390.308	16.802	15
24hx365 dias	10	6	verde	26,9	256.873	17.114	7
24hx365 dias	10	10	verde	24,4	194.284	6.901	9
24hx365 dias	20	10	azul	23,9	129.245	2.460	18
24hx365 dias	10	6	azul	23,2	220.040	3.421	9
24hx365 dias	10	10	azul	5,2	41.289	234	10

Estudo de caso 2: Galpão industrial

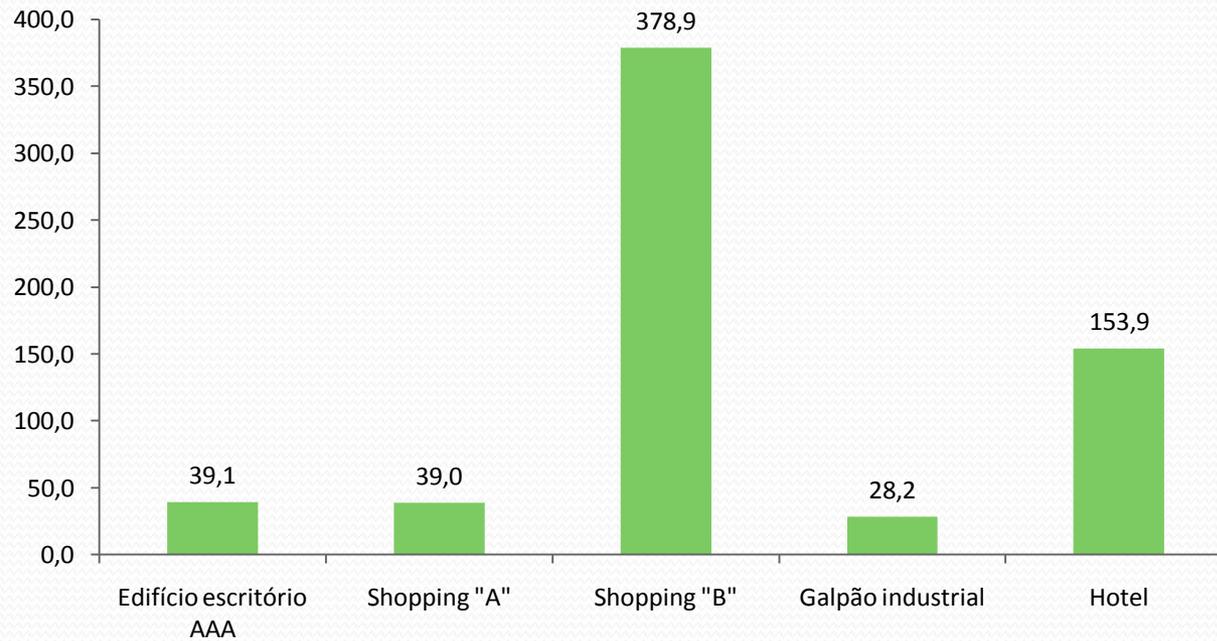
OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	GANHO AMBIENTAL NO PERÍODO (ton CO2)	ECONOMIA DE ENERGIA NO PERÍODO (kWh)	ECONOMIA INVESTIMENTO NO PERÍODO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	verde	28,2	164.268	14.653	20
24hx365 dias	30	6	azul	24,6	142.865	6.611	22
24hx365 dias	30	10	verde	19,8	78.485	3.838	24
24hx365 dias	20	6	verde	18,3	134.431	7.585	16
24hx365 dias	20	10	verde	16,3	88.002	5.871	15
24hx365 dias	30	10	azul	13,0	51.341	1.132	26
24hx365 dias	10	6	verde	6,1	58.258	3.048	8
24hx365 dias	10	10	verde	4,2	33.328	1.305	8
24hx365 dias	20	6	azul	3,9	28.693	18	20
24hx365 dias	10	10	azul	3,6	28.110	199	10
24hx365 dias	20	10	azul	0,0	0	0	0
24hx365 dias	10	6	azul	0,0	0	0	0

Estudo de caso 2: Hotel

OPERAÇÃO	PERÍODO (ANOS)	JUROS (%)	TARIFA	GANHO AMBIENTAL NO PERÍODO (ton CO2)	ECONOMIA DE ENERGIA NO PERÍODO (kWh)	ECONOMIA INVESTIMENTO NO PERÍODO (R\$)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
24hx365 dias	30	6	convencional	153,9	912.615	77.824	14
24hx365 dias	20	6	convencional	126,7	943.496	85.662	9
24hx365 dias	30	10	convencional	95,7	384.890	10.282	25
24hx365 dias	20	10	convencional	94,9	519.240	17.013	16
24hx365 dias	10	10	convencional	15,3	122.138	3.654	8
24hx365 dias	10	6	convencional	10,3	98.899	1.521	9

Estudos de caso: resumo

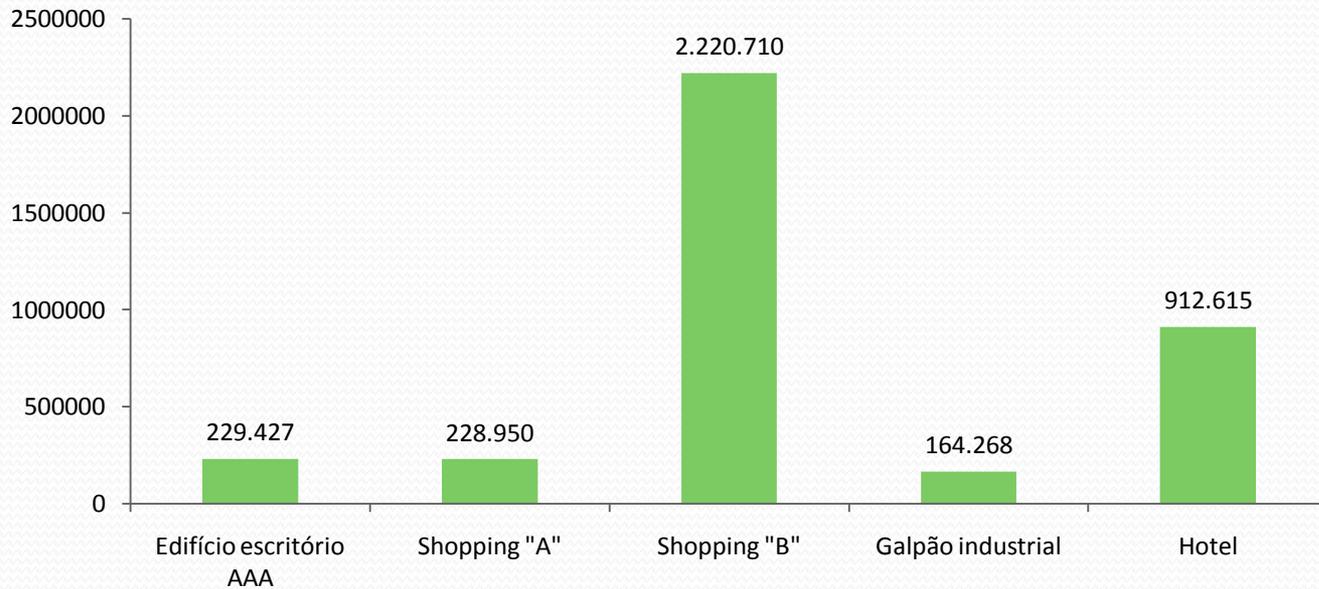
GANHO AMBIENTAL (ton CO2)



30 anos – 6% - verde

Estudos de caso: resumo

ECONOMIA DE ENERGIA (kWh)



30 anos – 6% - verde

Estudos de caso: conclusões

- Estudos devem ser feitos caso a caso e não é possível de antemão prever resultados;
- Resultados dependem das variáveis escolhidas: muito sensíveis a período (anos), juros; tarifa e número de horas por ano;
- Resultados dependem dos critérios do dimensionamento técnico adotados (mais ou menos “apertados”). Se o dimensionamento técnico tem muitos circuitos dimensionados por capacidade de corrente, mais redução de CO₂ e energia podem ser conseguidas.