

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Conrado Polese

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO DIMENSIONAMENTO DE CABOS DE
BAIXA TENSÃO PELO CRITÉRIO ECONÔMICO**

Camargo, RS
2017

Conrado Polese

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO DIMENSIONAMENTO DE CABOS DE BAIXA
TENSÃO PELO CRITÉRIO ECONÔMICO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientador: Natanael Rodrigues Gomes, Dr.

Camargo, RS
2017

Conrado Polese

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO DIMENSIONAMENTO DE CABOS DE BAIXA
TENSÃO PELO CRITÉRIO ECONÔMICO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Aprovado em 07 de julho de 2017

Alexandre Aparecido Buenos, Dr. (UFSM)
(Co-Orientador)

Carlos Roberto Cauduro, Dr. (UFSM)
(Examinador)

Giane de Campos Grigoletti, Dra. (UFSM)
(Examinador)

Camargo, RS
2017

RESUMO

ESTUDO DE VIABILIDADE DO DIMENSIONAMENTO DE CABOS DE BAIXA TENSÃO PELO CRITÉRIO ECONÔMICO

AUTOR: Conrado Polese

ORIENTADOR: Natanael Rodrigues Gomes, Dr.

O dimensionamento dos condutores elétricos de baixa tensão é normalmente realizado baseando-se nas premissas da norma ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Levando em consideração que deste modo sempre será obtida a menor seção transversal possível do condutor, sem levar em conta a perda energética por efeito Joule que será dissipada durante toda a vida útil do condutor. Uma forma de diminuir as perdas por efeito joule é aumentando a seção nominal dos condutores. A norma ABNT NBR 15920:2011 auxilia muito neste processo, pois considera no dimensionamento da seção de cabo a economia de energia. São diversos parâmetros e variáveis que devem ser levados em consideração para escolha da seção ideal, mas a economia que será feita ao longo de sua vida útil vai compensar o gasto maior inicial. Este trabalho se baseou no estudo da norma e pesquisa em bibliografias sobre o tema, além de uma aplicação da norma em um caso teórico, que se mostrou viável do ponto de vista econômico.

Palavras-chave: Dimensionamento Econômico, Condutores Elétrico, Eficiência Energética.

ABSTRACT

FEASABILITY STUDY OF LOW VOLTAGE CABLE SIZING BY THE ECONOMIC CRITERIA

AUTOR: Conrado Polese

ORIENTADOR: Natanael Rodrigues Gomes, Dr.

The sizing of low voltage electrical conductors is usually based on the assumptions in the standard ABNT NBR 5410: 2004 - Low Voltage Electrical Installations. Taking into account that in this way will always be obtained the smallest possible cross section of the driver, without taking into account the energy loss by Joule effect, that will be dissipated throughout the life of the driver. One way of reducing joule losses is by increasing the nominal cross section of the conductors. The ABNT NBR 15920: 2011 standard helps a lot in this process, considering the size of the cable section to save energy. There are several parameters and variables that must be taken into account to choose the ideal section, but the savings that will be made over its lifespan will compensate the initial higher expenses. This work was based on the study of the norm and research in bibliographies on the subject, besides an application of the norm in a theoretical case, which proved to be feasible from the economic point of view.

Keywords: Economic Sizing, Electrical Conductors, Energy Efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS	9
1.1.1	Objetivos gerais	9
1.1.2	Objetivos específicos.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	CONDUTOR ELÉTRICO	10
2.1.1	Material de fabricação	10
2.1.2	Tipos de Construção.....	11
2.1.3	Isolação e temperatura máxima	12
2.1	PERDAS POR EFEITO JOULE	13
2.2	DIMENSIONAMENTO TÉCNICO.....	14
2.3	DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO.....	15
3	METODOLOGIA	22
3.1	SOFTWARES UTILIZADOS.....	22
3.2	DEFINIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	22
3.3	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS FINANCEIRAS	23
3.3.1	Custo da energia elétrica - Variável “P”	23
3.3.2	Aumento anual da carga – Variável “a”	23
3.3.1	Aumento anual do custo da energia elétrica – Variável “b”	23
3.3.1	Taxa de capitalização – Variável “i”.....	23
3.3.2	Vida útil do projeto – Variável “N”	24
3.3.3	Custos de Instalação – Variável “A”	24
3.3.4	Tempo de operação com perdas joules máximas – Variável “T”	25
3.4	CÁLCULO DA SEÇÃO TÉCNICA	26
3.4.1	Verificação de custo para seção técnica de 95mm²:	26
3.5	CÁLCULO DA SEÇÃO ECONÔMICA	28
3.5.1	Verificação de custo para seção econômica de 300mm²:	29
3.5.2	Verificação de custo para seção de 400mm²:	31
3.6	VALORES FINAIS E CÁLCULO DE PAYBACK	32
4	CONCLUSÕES.....	34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO TÉCNICA NO SOFTWARE DCE .	36
APÊNDICE B – TABELA DE PREÇOS DE CABOS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O dimensionamento dos condutores elétricos de baixa tensão é realizado baseando-se nas premissas da norma ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Os critérios técnicos de segurança previstos pela norma são: seção mínima; capacidade de condução de corrente; queda de tensão; proteção contra curto-circuito; proteção contra sobrecarga e proteção contra contatos indiretos. Após a verificação de todos os cálculos de dimensionamento, é verificada qual a maior área de seção nominal encontrada nas condições previstas.

Tendo como base que, quanto menor for a área de seção do condutor, menor será o seu custo de aquisição, fica evidente que nas relações comerciais que envolvem esta decisão sempre será preferido a escolha da menor seção possível aceitável por norma. Entretanto, a norma ABNT NBR 15920:2011 - Cabos elétricos – Cálculo da corrente nominal – Condições de operação – Otimização econômica das seções dos cabos de potência, prevê condutores com seções maiores, pois leva em consideração as perdas energéticas nos condutores através do efeito Joule, que conseqüentemente, levam a gastos maiores com energia elétrica no decorrer de toda a vida útil deste condutor.

A escolha de qual critério será utilizado em um projeto, seja ele o técnico, conforme a ABNT NBR 5410:2004, ou o econômico, conforme a ABNT NBR 15920:2011, depende de muitos fatores. Entre eles estão o tempo de utilização diário da carga alimentada, preço de venda do condutor e preço da energia elétrica.

Por isso, ao se realizar uma análise de casos em que, o critério econômico for mais vantajoso financeiramente, será possível para os tomadores de decisão levar em consideração esta opção, diminuindo assim, as perdas de energia elétrica em condutores de baixa tensão, e conseqüentemente aumentando a eficiência energética.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

O objetivo principal deste projeto de pesquisa é analisar as vantagens econômicas da utilização de cabos de baixa tensão com a seção transversal definida através do método econômico, levando em consideração as premissas da ABNT NBR 15920, que cita os princípios da otimização econômica das seções dos cabos de potência.

1.1.2 Objetivos específicos

Realizar um estudo comparativo do dimensionamento de cabos elétricos pela ABNT NBR 5410 e pela ABNT NBR 15920.

Aplicar um redimensionamento de cabo conforme proposto pela ABNT NBR 15920.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONDUTOR ELÉTRICO

Um condutor elétrico é um produto metálico, geralmente de forma cilíndrica e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou para transmitir sinais elétricos. Ele não é um elemento independente, mas constituinte de um sistema elétrico, cujas características deve adaptar-se (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2012).

2.1.1 Material de fabricação

Os materiais utilizados atualmente na fabricação de condutores dos cabos elétricos são o cobre e o alumínio. O cobre, que é o material tradicional, deve ser eletrolítico, ou seja, refinado por eletrólise, de pureza mínima 99,9, recozido (têmpera mole), de condutibilidade 100% IACS (International Annealed Copper Standard). Somente em aplicações especiais, torna-se necessária a utilização de cobre de têmperas meio-dura e dura (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2012).

O alumínio, normalmente obtido por laminação contínua, vem sendo amplamente empregado como condutor elétrico em virtude principalmente de sua boa trabalhabilidade, menor peso específico e conveniência econômica. O alumínio puro utilizado em condutores isolados é, normalmente, de têmpera meio-dura e de condutibilidade 61% IACS. A maior limitação ao uso do alumínio como condutor elétrico vinha sendo a confecção de acessórios em face da rápida oxidação do metal quando em contato com o ar e à deterioração de suas propriedades mecânicas, notadamente a resistência à tração, quando deformado. Com o desenvolvimento de novas técnicas de trabalho e linhas de acessórios especiais estes problemas estão hoje resolvidos e os cabos em alumínio têm encontrado ampla aplicação (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2012).

2.1.2 Tipos de Construção

Há várias alternativas possíveis de construção do condutor de cobre ou alumínio:

Figura 1 – Tipos de construção de condutores



Fonte: (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2012)

Redondo sólido: Solução ideal do ponto de vista econômico; suas limitações estão no aspecto dimensional e na flexibilidade, sendo utilizado, portanto, apenas em seções menores (até 16 mm²).

Redondo normal (ou condutor de formação concêntrica): Amplamente utilizado em cabos de energia singelos ou múltiplos, com qualquer tipo de isolamento. Apresenta melhor flexibilidade. Constitui-se de um fio longitudinal, em torno do qual são colocadas, em forma de espiral, uma ou mais coroas de fios de mesmo diâmetro do fio central.

Redondo compacto A construção é semelhante à da corda redonda normal; porém, após o encordoamento, sofre um processo de compactação através da passagem da corda por um perfil que reduz seu diâmetro original com deformação dos fios elementares. A vantagem se traduz na redução de diâmetro externo, eliminação dos espaços vazios na periferia e no interior do condutor e superfície externa mais uniforme. Desvantagem: menor flexibilidade.

Setorial compacto: É fabricado analogamente ao redondo compacto, sendo que o formato do perfil setorial é obtido através da passagem de uma corda redonda normal por jogos de calandras, dimensionadas para atribuir ao condutor o formato setorial adequado, com deformação dos fios elementares. Pode ser utilizado nos cabos múltiplos, traz a vantagem de redução do diâmetro externo do cabo e conseqüente economia de materiais de enchimento e proteção.

Flexível e extra flexível: Amplamente utilizada em cabos energia singelos ou múltiplos, com qualquer tipo de isolamento. Seu uso também abrange os cabos alimentadores de máquinas móveis ou aparelhos portáteis. São obtidos através de encordoamento de grande número de fios de diâmetro reduzido (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2012).

2.1.3 Isolação e temperatura máxima

Os cabos providos de isolação são caracterizados por três temperaturas, medidas no condutor propriamente dito, em regime permanente, em regime de sobrecarga e em regime de curto-circuito, conforme demonstrado na Tabela 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Tabela 1 - Temperatura Características dos Condutores

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) (°C)	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) (°C)	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) (°C)
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

A temperatura no condutor em regime permanente (ou em serviço contínuo) é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em condições estáveis de funcionamento. A cada tipo (material) de isolação corresponde uma temperatura máxima para serviço contínuo.

A temperatura no condutor em regime de sobrecarga é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor em regime de sobrecarga. Para os cabos de potência, estabelece-se que a operação em regime de sobrecarga, para temperaturas máximas especificadas em

função da isolação, não deve superar 100 horas durante doze meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo.

A temperatura no condutor em regime de curto-circuito é a temperatura alcançada em qualquer ponto do condutor durante o regime de curto-circuito. Para os cabos de potência, a duração máxima de um curto-circuito, no qual o condutor pode manter temperaturas máximas especificadas em função da isolação é de 5 segundos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

2.1 PERDAS POR EFEITO JOULE

A passagem de corrente no condutor origina um consumo de energia sob a forma de calor que é diretamente proporcional à resistência elétrica, ao quadrado da corrente e ao intervalo de tempo de circulação desta corrente. Essa energia em forma de calor é dissipada nos condutores pelo chamado efeito Joule, que é causado pelo choque dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. (COTRIM, 2009)

$$E = R \times I_{max}^2 \times \Delta t \quad (1)$$

Onde:

E = Energia dissipada no condutor (W.h)

R = Resistência elétrica do condutor (Ω/m)

I_{max} = Corrente de projeto máxima prevista para o circuito (A)

Δt = Intervalo de tempo de circulação da corrente (h)

Uma forma de diminuir as perdas por efeito joule é aumentando a secção nominal dos condutores. Quanto maior secção transversal [S] de condutor, menor será sua resistência elétrica, que conseqüentemente irá ocasionar menores perdas (COTRIM, 2009).

$$R = \rho \times \left(\frac{l}{S}\right) \Omega \quad (2)$$

Onde:

ρ = Resistividade elétrica do material condutor ($\Omega \cdot m$);

l = Comprimento do circuito (m);

S = Seção transversal do condutor (m^2).

2.2 DIMENSIONAMENTO TÉCNICO

É chamado de dimensionamento técnico de um circuito a aplicação das diversas prescrições na NBR 5410 relativas a escolha da seção de um condutor e seu respectivo dispositivo de proteção. Para que se considere um circuito corretamente dimensionado, é necessário avaliar seis critérios, e adotar a maior dentre todas as seções obtidas:

Seção nominal mínima: São valores mínimos para determinadas aplicações tabelados na NBR 5410 dos quais pode ser citado como exemplo a seção mínima de um condutor de cobre para circuitos de iluminação que é $1,5 \text{ mm}^2$.

Capacidade de condução de corrente: Leva em consideração os efeitos térmicos provocados pela passagem da corrente elétrica em condições normais, também podem ser encontrados em tabelas na NBR 5410.

Queda de tensão: A norma fixa os limites máximos admissíveis de queda de tensão nas instalações alimentadas por ramal de baixa tensão em 4%, e por transformador/gerador próprio em 7%. Também é abordado sobre a queda de tensão máxima na partida de motores, que não devem ultrapassar 10% nos terminais do motor.

Proteção de sobrecarga: Trata o assunto corrente de sobrecarga, que é o valor de corrente acima do valor compatível do condutor, provocando o aquecimento e danificando a isolação do mesmo.

Proteção de Curto-circuito: Quando ocorrer um curto-circuito, o dispositivo de proteção deverá interromper a corrente, antes que os efeitos térmicos e mecânicos da mesma possam tornar-se perigosos aos condutores, terminais e equipamentos.

Proteção contra contatos indiretos: Tem como objetivo assegurar que o circuito que sofrer uma falta a terra ou a massa, capaz de originar uma tensão de contato perigosa, seja automaticamente desligado.

2.3 DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO

Os custos das perdas energéticas durante a vida econômica do condutor podem ser calculados através de estimativas adequadas do crescimento da carga e do custo da energia. A seção mais econômica do condutor é obtida quando a soma dos custos futuros das perdas de energia e a soma dos custos iniciais de compra e instalação dos cabos são minimizadas. Para tanto é necessário expressá-los em valores econômicos comparáveis na data presente da instalação. Deste modo, o custo total de instalar e operar um cabo durante sua vida econômica, expresso em valores presentes, é calculado conforme a equação a seguir (PROCOBRE, 2016).

$$CT = CI + CJ \quad (3)$$

Onde:

CI = Custo de um comprimento de cabo instalado. (R\$)

CJ = Custo equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente das perdas em joules durante a vida econômica de N anos. (R\$)

Os valores de CI e CJ podem ser encontrados através das equações a seguir:

$$CI = C_{inst} \times l \quad (4)$$

Onde:

C_{inst} = Custo total de instalação por metro (cabo e mão de obra) (R\$/m)

l = Comprimento do cabo (m)

$$CJ = I_{max}^2 \times R \times l \times F \quad (5)$$

Onde:

I_{max} = Corrente de projeto máxima prevista para o circuito no primeiro ano (A)

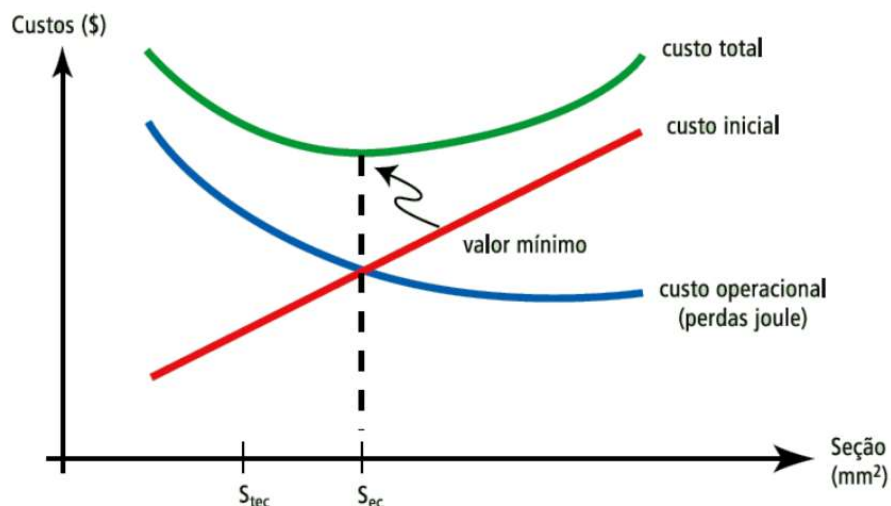
R = Resistência C.A. aparente do condutor por unidade de comprimento (Ω/m)

l = Comprimento do cabo (m)

F = Quantidade Auxiliar (definida pela Equação (9))

A Figura 2 apresenta curvas típicas do custo operacional (CJ) e do custo inicial de uma instalação (CI) em função da seção nominal dos condutores. Na abscissa do mesmo estão marcados dois pontos, o “Stec”, que corresponde a seção do cabo dimensionado pelo critério técnico, e o “Sec”, que corresponde a seção do cabo dimensionado pelo critério econômico.

Figura 2: Custo inicial e custo operacional dos cabos em função da seção nominal



Fonte: (PROCOBRE, 2016)

Somando-se ponto a ponto a curva do custo inicial e a do custo operacional, tem-se, para cada seção nominal, o custo total ao longo de sua vida referido a um valor presente.

Para encontrar todos os parâmetros necessários para definir a seção econômica, basta determinar o resultado das equações a seguirabaixo: (PROCOBRE, 2016)

$$r = \frac{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^2 \times \left(1 + \frac{b}{100}\right)}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)} \quad (6)$$

Onde:

r = quantidade auxiliar

a = aumento anual da carga, expresso em porcentagem (%)

b = aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação, expresso em porcentagem (%).

i = taxa de capitalização sem incluir efeitos inflacionários, expressa em porcentagem (%)

$$Q = \frac{1-r^N}{1-r} \quad (7)$$

Onde:

Q = Quantidade auxiliar que leva em consideração o aumento da carga, taxa de capitalização e aumento da energia durante N anos;

r = Quantidades auxiliar

N = Período coberto pelo cálculo financeiro. Vida Econômica do investimento (anos)

$$B = (1 + \gamma_P + \gamma_S) \times (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad (8)$$

Onde:

γ_P, γ_S = Fatores de proximidade e de efeito pelicular

λ_1, λ_2 = Fatores de perda da cobertura e da armação

Para efeito de determinação da seção econômica, de um modo geral, essas grandezas podem ser desprezadas para cabos de baixa tensão ($\leq 1\text{kV}$) e cabos de média tensão ($\leq 36,2\text{kV}$)

$$F = N_p \times N_c \times (T \times P + D) \times \frac{Q}{(1 + \frac{i}{100})} \quad (9)$$

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 perdas Joule máximas (h/ano)

P = Custo de um watt-hora de energia na tensão apropriada (R\$/Wh)

D = Variação anual da demanda (R\$.W/ano)

Q = Quantidade auxiliar que leva em consideração o aumento da carga, taxa de capitalização e aumento da energia durante N anos;

i = Taxa de capitalização para cálculo do valor presente (%)

Deve-se considerar o custo total de instalação de um condutor, que inclui o custo do próprio cabo, das suas terminações, dos elementos de linha elétrica e da mão de obra de montagem. Considerando-se que os custos dos cabos variam conforme seu tipo, e que os custos das linhas elétricas dependem da maneira de instalar escolhida, é necessário que sejam preparadas tabelas de custos totais de instalação que considerem essas alternativas.

A variável “A”, é o componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor. Para definir este valor é necessário preencher a tabela 2 (PROCOBRE, 2016).

Tabela 2 – Definição do parâmetro “A”

Seção Nominal do cabo (mm ²)	Custo Inicial (CI) (R\$/m)			A (R\$/m.mm ²)
	Cabo (R\$/m)	Instalação (R\$/m)	Total (R\$/m)	
25,0	CB25	INST25	CB25+INST25 = CUSTO25	-
35,0	CB35	INST35	CB35+INST35 = CUSTO35	(CUSTO35-CUSTO25)/(35-25)
50,0	CB50	INST50	CB50+INST50 = CUSTO50	(CUSTO50-CUSTO35)/(50-35)
70,0	CB70	INST70	CB70+INST70 = CUSTO70	(CUSTO70-CUSTO50)/(70-50)
95,0	CB95	INST95	CB95+INST95 = CUSTO95	(CUSTO95-CUSTO70)/(95-70)
120,0	CB120	INST120	CB120+INST120 = CUSTO120	(CUSTO120-CUSTO95)/(120-95)
150,0	CB150	INST150	CB150+INST150 = CUSTO150	(CUSTO150-CUSTO120)/(150-120)
185,0	CB185	INST185	CB185+INST185 = CUSTO185	(CUSTO185-CUSTO150)/(185-150)
240,0	CB240	INST240	CB240+INST240 = CUSTO240	(CUSTO240-CUSTO185)/(240-185)
300,0	CB300	INST300	CB300+INST300 = CUSTO300	(CUSTO300-CUSTO240)/(300-240)
400,0	CB400	INST400	CB400+INST400 = CUSTO400	(CUSTO400-CUSTO300)/(400-300)
Média				-

Fonte: (PROCOBRE, 2016)

Também serão necessários para o cálculo da seção econômica, a resistividade elétrica do cobre a 20°C, e o coeficiente de temperatura para a resistência do cobre a 20 °C. Ambos estão definidos na Tabela 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

Tabela 3: Resistividade elétrica e coeficiente de temperatura do Cobre

Descrição	Variável	Valor	Unidade
Resistividade elétrica do cobre a 20°C	ρ_{20}	$18,35 \times 10^{-9}$	($\Omega \cdot m$)
Coeficiente de temperatura para a resistência do cobre a 20 °C	α_{20}	0,0068	(K ⁻¹)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011)

A NBR 15920 oferece uma fórmula simples para fazer uma estimativa da temperatura de operação baseada em observações de cálculos típicos onde a elevação de temperatura operacional média (θ_m) de um condutor de seção econômica, durante sua vida econômica fica

na região de 1 terço da elevação que ocorreria para sua máxima capacidade térmica nominal permissível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

$$\theta_m = \frac{\theta - \theta_a}{3} + \theta_a \quad (10)$$

Onde:

θ_m = Temperatura média de operação do condutor (°C)

θ = Temperatura máxima nominal do condutor para o tipo de cabo considerado (°C)

θ_a = Temperatura ambiente média (°C)

E finalmente, com todos os parâmetros e quantidades auxiliares calculados é possível definir a seção econômica S_{ec} , que é dada pela Equação (11):

$$S_{ec} = 1000 \times \frac{[I_{max}^2 \times F \times \rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]]^{0,5}}{A} \quad (11)$$

Onde:

I_{max} = Corrente máxima prevista para o circuito no primeiro ano (A)

F = Quantidade auxiliar

ρ_{20} = Resistividade elétrica do material condutor a 20°C ($\Omega \cdot m$)

B = Quantidade auxiliar

α_{20} = Coeficiente de temperatura para a resistência do material condutor a 20 °C (K^{-1})

θ_m = Temperatura média de operação do condutor (°C)

A = Componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor (R\$/m.mm²)

Como é muito improvável que o resultado de Sec seja uma seção padronizada, é necessário calcular o custo total com a seção adjacente maior e com a seção adjacente menor, e então escolher a opção mais econômica. Para tanto, é necessário saber o valor de R em função da seção transversal do condutor (S), o qual pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{S} \times 10^6 \text{ (}\Omega\cdot\text{m)} \quad (12)$$

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse estudo baseou-se principalmente na norma ABNT NBR 15920, envolvendo o critério de dimensionamento de condutores elétricos em baixa e média tensão. Através dos conhecimentos adquiridos, foi definido um circuito teórico e realizado um dimensionamento, e posteriormente a análise dos resultados obtidos.

3.1 SOFTWARES UTILIZADOS

Devido à grande quantidade de cálculos e parâmetros necessários para se realizar o estudo, foi utilizado como ferramenta de auxílio os softwares “DCE – Dimensionamento de cabos elétricos” e o “DEAC 1.0 - Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores”.

O software “DCE – Dimensionamento de cabos elétricos” gratuito e é disponibilizado pela fabricante de cabos Prysmian. Está disponível para download no endereço http://br.prysmiangroup.com/br/business_markets/catalogos/ferramentas/. O mesmo será utilizado para o dimensionamento de cabos conforme NBR 5410, e através dele será definido a seção técnica do cabo.

O software “DEAC 1.0 - Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores”, é gratuito e disponibilizado pela PROCOBRE. Está disponível para download no endereço <http://leonardo-energy.org.br/wpdm-package/software-deac-dimensionamento-economico-e-ambiental-de-condutores/>. O mesmo será utilizado para o dimensionamento de cabos conforme NBR 15920, e através dele será definido a seção econômica do cabo.

3.2 DEFINIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Considera-se um circuito de 100 metros de comprimento, constituído por cabo unipolar com condutor de cobre em isolação EPR 90°C e cobertura PVC, instalado em eletroduto aparente. A tensão é 220/380V, 60Hz trifásico, com corrente de projeto máxima de 150A, componentes harmônicas THD de 38%, com fator de potência 0.8, queda de tensão máxima admitida de 2%, e temperatura média ambiente de 40 °C. O circuito permanece em operação por 200 dias ao ano, 20 horas por dia.

3.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS FINANCEIRAS

3.3.1 Custo da energia elétrica - Variável “P”

Devido as variações tarifárias e levando em consideração o valor médio da energia elétrica, será considerado o custo de R\$0,60 kW/h.

Logo:

$$P = 0,0006 \text{ (R\$/Wh)}$$

3.3.2 Aumento anual da carga – Variável “a”

Para o caso considerado, não serão levados em consideração aumentos de carga.

Logo:

$$a = 0 \text{ (\%)}$$

3.3.1 Aumento anual do custo da energia elétrica – Variável “b”

Atualmente o IGP-M é o índice utilizado para balizar os aumentos da energia elétrica e dos contratos de alugueis. Será utilizado com referência o IGP-M anual de 2016, que foi equivalente a 7,19%.

Logo:

$$b = 7,19 \text{ (\%)}$$

3.3.1 Taxa de capitalização – Variável “i”

A taxa de capitalização é a remuneração cobrada pelo empréstimo do dinheiro, sendo este uma compensação paga pelo direito de usar o dinheiro até o dia do pagamento. Levando

em consideração que a taxa SELIC é utilizada como referência de taxa juros, e levando em consideração a sua tendência de queda conforme pode ser verificado na Tabela 4, definiu-se uma taxa de 11%.

Tabela 4 – Histórico das taxas de juros pelo Banco Central do Brasil

Data	SELIC % a.a.
12/04/2017	11,25
22/02/2017	12,25
11/01/2017	13,00
30/11/2016	14,00

Fonte: adaptado do BANCO CENTRAL DO BRASIL,2017.

Logo:

$$i = 11(\%)$$

3.3.2 Vida útil do projeto – Variável “N”

PROCOBRE (2016, p. 27) ressalta que “a vida útil estimada de uma instalação elétrica usual é de 25 a 30 anos”. Então será escolhido a estimativa mais conservadora, e desta forma:

$$N = 25 \text{ (anos)}$$

3.3.3 Custos de Instalação – Variável “A”

A variável “A”, é o componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor, e foi definida conforme Tabela 5, usando como referência a Tabela 2. Os valores orçados foram retirados do APÊNDICE B, referente aos cabos modelo Gesette da fabricante Prysmian, os quais foram aumentados em 15% para contemplar as despesas de frete.

Tabela 5 – Valores da variável “A”

Seção Nominal do cabo (mm ²)	Custo Inicial (CI) (R\$/m)			A (R\$/m.mm ²)
	Cabo	Instalação	Total	
25,0	10,90	29,00	39,90	-
35,0	14,97	29,15	44,12	0,422
50,0	21,76	29,60	51,36	0,483
70,0	30,19	29,97	60,15	0,440
95,0	39,41	30,55	69,96	0,392
120,0	50,28	31,00	81,29	0,453
150,0	63,77	31,18	94,95	0,455
185,0	76,72	31,58	108,29	0,381
240,0	101,19	31,96	133,15	0,452
300,0	146,78	33,00	179,78	0,777
400,0	195,31	35,01	230,32	0,505
Média				0,476

Fonte: Autor

*Valores baseados na cotação da empresa Prysmian

Emprega-se então o valor médio para a variável “A”.

Logo:

$$A = 0,476 \text{ (R\$/m.mm}^2\text{)}$$

3.3.4 Tempo de operação com perdas joules máximas – Variável “T”

Conforme caso proposto tem-se 200 dias operando 20 horas por dia.

Logo:

$$T = 4000 \text{ (h/ano)}$$

Desta forma, têm-se resumidamente os valores obtidos na Tabela 6:

Tabela 6 – Resumo dos valores definidos

Variável	Valor	Descrição
a	0 %	Aumento anual da carga, expresso em porcentagem
B	7,19%	Aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação, expresso em porcentagem
I	11%	Taxa de capitalização sem incluir efeitos inflacionários, expressa em porcentagem
N	25 anos	Vida útil do projeto
N _p	3	Número de condutores de fase por circuito
N _c	1	Número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga
T	4000 h/ano	Tempo de operação com perdas Joule máximas (h/ano)
P	0,0006 R\$/Wh	Custo de um watt-hora de energia na tensão apropriada
D	0 R\$.W/ano	Variação anual da demanda
θ	90° C	Temperatura máxima nominal do condutor para o tipo de cabo considerado
θ _a	40° C	Temperatura ambiente média

Fonte: Autor.

3.4 CÁLCULO DA SEÇÃO TÉCNICA

Levando em consideração todos os parâmetros do caso proposto, foi calculado através do software DCE Prysmian a seção técnica, e o valor encontrado foi de 95mm². O Memorial de cálculo pode ser encontrado no APÊNDICE A.

3.4.1 Verificação de custo para seção técnica de 95mm²:

Temperatura média de operação do condutor, conforme Equação (10):

$$\theta_m = \frac{\theta - \theta_a}{3} + \theta_a \quad (10)$$

$$\theta_m = \frac{90 - 4}{3} + 40 \quad (13)$$

$$\theta_m = 57^\circ\text{C} \quad (14)$$

Valor da resistência R em função da seção transversal do condutor (S), conforme Equação (12):

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{S} \times 10^6 \quad (12)$$

$$R(95) = \frac{(18,35 \times 10^{-9}) \times 1 \times [1 + 0,0068(57 - 20)]}{95} \times 10^6 \quad (15)$$

$$\mathbf{R(95) = 0,000241756} \quad (16)$$

Custo de um comprimento de cabo instalado, conforme Equação (4):

$$CI = C_{inst} \times l \quad (4)$$

$$CI(95) = 69,96 \times 100 \quad (17)$$

$$\mathbf{CI(95) = R\$ 6.996,00} \quad (18)$$

Custo do valor presente das perdas em joules durante a vida econômica, conforme Equação (5):

$$CJ = I_{max}^2 \times R \times l \times F \quad (5)$$

$$CJ(95) = 150^2 \times 0,000241756 \times 100 \times 111,01 \quad (19)$$

$$\mathbf{CJ(95) = R\$ 60.384,00} \quad (20)$$

Custo total de instalação, para a seção técnica de 95mm², conforme Equação (3):

$$CT(95) = CI + CJ \quad (3)$$

$$CT(95) = 6.996,00 + 60.384,00 \quad (21)$$

$$\mathbf{CT(95) = R\$ 67.380,00} \quad (22)$$

3.5 CÁLCULO DA SEÇÃO ECONÔMICA

Calcula-se o valor da variável auxiliar “r”, conforme Equação (6):

$$r = \frac{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^2 \times \left(1 + \frac{b}{100}\right)}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)} \quad (6)$$

$$r = \frac{\left(1 + \frac{0}{100}\right)^2 \times \left(1 + \frac{7,19}{100}\right)}{\left(1 + \frac{11}{100}\right)} \quad (23)$$

$$\mathbf{r = 0,96567} \quad (24)$$

Calcula-se o valor da variável auxiliar “Q”, conforme Equação (7):

$$Q = \frac{1 - r^N}{1 - r} \quad (7)$$

$$Q = \frac{1 - 0,96567^{25}}{1 - 0,96567} \quad (25)$$

$$\mathbf{Q = 17,115} \quad (26)$$

Calcula-se o valor da variável auxiliar “B”, conforme Equação (8):

$$B = (1 + \gamma_P + \gamma_P) \times (1 + \lambda_P + \lambda_P) \quad (7)$$

$$B = (1 + 0 + 0) \times (1 + 0 + 0) \quad (27)$$

$$\mathbf{B = 1} \quad (28)$$

Calcula-se o valor da variável auxiliar “F”, conforme Equação (9):

$$F = Np \times Nc \times (T \times P + D) \times \frac{Q}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)} \quad (9)$$

$$F = 3 \times 1 \times (4000 \times 0,0006 + 0) \times \frac{17,115}{\left(1 + \frac{11}{100}\right)} \quad (29)$$

$$\mathbf{F = 111,01} \quad (30)$$

Temperatura média de operação do condutor, conforme Equação (10):

$$\theta_m = \frac{\theta - \theta_a}{3} + \theta_a \quad (10)$$

$$\theta_m = \frac{90-40}{3} + 40 \quad (31)$$

$$\theta_m = 57^\circ\text{C} \quad (32)$$

Conforme Tabela 5:

$$A = 0,476 \text{ (R\$/m.mm}^2\text{)}$$

Com todos os parâmetros e quantidades auxiliares calculados é possível definir a seção econômica S_{ec} , conforme Equação (11):

$$S_{ec} = 1000 \times \left[\frac{I_{max}^2 \times F \times \rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5} \quad (11)$$

$$S_{ec} = 1000 \times \left[\frac{22500 \times 111,01 \times (18,35 \times 10^{-9}) \times [1 + 0,0068(57-20)]}{0,476} \right]^{0,5} \quad (33)$$

$$S_{ec} = 347,15 \text{ mm}^2 \quad (34)$$

Como o resultado de S_{ec} não foi uma seção padronizada, é necessário calcular o custo total com a seção adjacente maior (400mm^2) e com a seção adjacente menor (300mm^2), e então escolher a opção mais econômica.

3.5.1 Verificação de custo para seção econômica de 300mm^2 :

Valor da resistência R em função da seção transversal do condutor (S), conforme Equação (12):

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{S} \times 10^6 \quad (12)$$

$$R(300) = \frac{(18,35 \times 10^{-9}) \times 1 \times [1 + 0,0068(57 - 20)]}{300} \times 10^6 \quad (35)$$

$$\mathbf{R(300) = 0,0000765562} \quad (36)$$

Custo de um comprimento de cabo instalado, conforme Equação (4):

$$CI = C_{inst} \times l \quad (4)$$

$$CI(300) = 179,78 \times 100 \quad (37)$$

$$\mathbf{CI(300) = R\$ 17978,00} \quad (38)$$

Custo do valor presente das perdas em joules durante a vida econômica, conforme Equação (5):

$$CJ = I_{max}^2 \times R \times l \times F \quad (5)$$

$$CJ(300) = 150^2 \times 0,0000765562 \times 100 \times 111,01 \quad (39)$$

$$\mathbf{CJ(300) = R\$ 19.121,63} \quad (40)$$

Custo total de instalação, para a seção de 300m², conforme Equação (3):

$$CT(300) = CI + CJ \quad (3)$$

$$CT(300) = 17.978,00 + 19.121,63 \quad (41)$$

$$\mathbf{CT(300) = R\$ 37099,63} \quad (42)$$

3.5.2 Verificação de custo para seção de 400mm²:

Valor da resistência R em função da seção transversal do condutor (S), conforme Equação (12):

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \times B \times [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{S} \times 10^6 \quad (12)$$

$$R(400) = \frac{(18,35 \times 10^{-9}) \times 1 \times [1 + 0,0068(57 - 20)]}{400} \times 10^6 \quad (43)$$

$$R(400) = 0,00005741715 \quad (44)$$

Custo de um comprimento de cabo instalado, conforme Equação (4):

$$CI = C_{inst} \times l \quad (4)$$

$$CI(400) = 230,32 \times 100 \quad (45)$$

$$CI(400) = \mathbf{R\$ 23.032,00} \quad (46)$$

Custo do valor presente das perdas em joules durante a vida econômica, conforme Equação (5):

$$CJ = I_{max}^2 \times R \times l \times F \quad (5)$$

$$CJ(400) = 150^2 \times 0,00005741715 \times 100 \times 111,01 \quad (47)$$

$$CJ(400) = \mathbf{R\$ 14.341,22} \quad (48)$$

Custo total de instalação, para a seção de 400mm², conforme Equação (3):

$$CT(300) = CI + CJ \quad (3)$$

$$CT(300) = 23032,00 + 14.341,22 \quad (49)$$

$$CT(400) = \mathbf{R\$ 37.373,22} \quad (50)$$

3.6 VALORES FINAIS E CÁLCULO DE PAYBACK

Analisando o custo total das duas seções propostas, 300mm² e 400mm², foi verificado que o menor custo é atingido com o cabo de 300mm², e por isto este será considerado a seção econômica.

Quando se compara a seção econômica definida (300mm²) com a seção técnica (95mm²), percebe-se que ela possui custo inicial 2,57 vezes maior, entretanto seu custo operacional no decorrer de 25 anos é aproximadamente 3 vezes menor, conforme ilustrado na Tabela 7:

Tabela 7 – Resumo dos valores definidos

Critério	Seção Nominal (mm²)	CI (R\$)	CJ (em 25 anos) (R\$)	CT (em 25 anos) (R\$)
Econômico	300	17.978,00	19.121,63	37.099,63
Técnico	95	6.996,00	60.384,00	67.380,00
Diferença		-10.982,00	41.262,37	30.280,37

Fonte: Autor.

Através da diferença entre o custo inicial do critério técnico e do critério econômico é possível calcular o tempo de retorno de investimento, ou payback simples. O payback é o período de tempo necessário para que as entradas de caixa do projeto se igualem ao valor a ser investido, ou seja, o tempo de recuperação do investimento realizado. Se levarmos em consideração que quanto maior o horizonte temporal, maiores são as incertezas, é natural que as empresas procurem diminuir seus riscos optando por projetos que tenham um retorno do capital dentro de um período de tempo razoável. (LUNELLI, 2015)

$$Pbs = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho}} \quad (51)$$

$$Pbs = \frac{(R\$10.982,00)}{(R\$ 41.262,37) / (25 \text{ anos})} \quad (52)$$

$$Pbs = 6,7 \text{ anos} \quad (53)$$

Levando em consideração que com um payback de 6,7 anos, e uma diferença de custo de R\$30.280,37, verifica-se que é viável o uso da seção econômica proposta no estudo.

4 CONCLUSÕES

Através do presente trabalho foi possível analisar um cenário onde a seção transversal do condutor para o circuito elétrico, considerando o dimensionamento técnico via NBR 5410, foi estimada em 95mm², e considerando o dimensionamento econômico com base na NBR 15920 foi estimada em 300mm².

Foi verificado que para o condutor de seção de 300mm² embora o custo inicial da seção econômica seja R\$10.982,00 maior, ao longo de sua vida útil estimada de 25 anos, a redução das perdas por efeito Joule apresentam uma economia de R\$30.280,37. Outra vantagem é que haverá um aumento da vida útil do condutor, devido o mesmo trabalhar em temperaturas menores, além de apresentar um melhor comportamento em relação a correntes de sobrecarga.

A utilização de um software específico (DEAC Procobre) para simular vários cenários foi essencial, pois desta forma é possível analisar os impactos da variação de cada parâmetro no resultado final, aumentando assim a segurança da utilização do critério econômico caso as previsões dos parâmetros sejam muito diferentes das escolhidas pelo projetista.

A grande dificuldade encontrada foi com relação a diversidade de parâmetros necessários para o cálculo, que são difíceis de prever o comportamento em um longo período de tempo, como por exemplo o aumento do custo de energia elétrica e a taxa de capitalização a ser utilizada.

De uma maneira geral, considerar a seção econômica é bastante vantajosa nos seguintes casos: em circuitos com seções nominais $\geq 25\text{mm}^2$ obtidas pelo dimensionamento técnico; em circuitos que funcionam por muitas horas no ano, com correntes que não apresentam grandes variações; e em circuitos onde o critério de dimensionamento que prevaleceu foi o de capacidade de condução de corrente, e por consequência há uma maior resistência elétrica e perda de energia. (PROCOBRE, 2016)

Desta forma, é importante ressaltar que toda esta economia financeira foi proporcionada devido a economia de energia elétrica, através do aumento da eficiência energética do circuito. Por isso, pode-se dizer que a utilização destes conceitos em projetos de engenharia pode ser mais uma ferramenta para se obter projetos cada vez mais eficientes e viáveis financeiramente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004, 209 p.

_____. **NBR 15920:2011**. Cabos elétricos — Cálculo da corrente nominal — Condições de operação — Otimização econômica das seções dos cabos de potência. Rio de Janeiro, 2011, 27 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico das taxas de juros**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>>. Acesso em: 20 março de 2017.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 5.ed. São Paulo, 2009. 484 p.

LUNELLI, Reinaldo L. **Análise de investimentos**. 2015. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/analiseinvestimentos.htm>> Acesso em: 14 de julho de 2017>. Acesso em: 14 de julho de 2017.


PROCOBRE. **Dimensionamento Econômico e Ambiental de Condutores Elétricos**. São Paulo, março de 2016. Disponível em: <<http://procobre.org/media-center/pt-br/publicacoes/17-categoria-01/124-dimensionamento-economico-e-ambiental-de-condutores-software.html#>>. Acesso em: 20 março de 2017.

PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS. **Baixa tensão – Uso geral**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://br.prysmiangroup.com/br/files/dimensionamento_bt.pdf>. Acesso em: 20 março de 2017.

_____. **Cabos de Energia – Construção e dimensionamento**. São Paulo, abril de 2012. Disponível em: <http://br.prysmiangroup.com/br/files/Cabos_en_construcao_dimens.pdf>. Acesso em: 26 abril de 2017.

_____. **Tabela de Preços de abril**. São Paulo, abril de 2017. Disponível em: <<http://br.prysmiangroup.com/br/corporate/tabelaprecos/>>. Acesso em: 19 de maio de 2017.





APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO TÉCNICA NO SOFTWARE DCE

 DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS 4.0		Página:1 06/06/2017
Projeto : Estudo de caso - TCC final		
Circuito : C1		
Dados de entrada		
Maneira de instalar:		Eletroduto de seção circular em canaleta ventilada
Sistema:		Trifásico+Terra (3F+T)
Cabo:		Cabo EPROTENAX 0,6/1kV unipolar
Número de condutores por fase :		Automático
Seção nominal do condutor :		Automática
Seção mínima de cada condutor:		2.5 mm ²
Temperatura ambiente:		40 oC
Dispensada verificação contra contatos indiretos		
Dispensada verificação contra sobrecarga		
Comprimento do circuito		100.0 m
Queda de tensão máxima admitida :		2.00 %
Tensão fase/fase :		380 V
Fator de correção de agrupamento :		Automático
Corrente c.c. presumida (Ikmax):		5.0 kA
Número de circuitos ou de cabos multipolares		1
Corrente do circuito :		150.0 A
Fator de potência do circuito :		0.80
Fator de demanda :		1.00
Valores calculados		
Seção nominal dos condutores :		1 x 95 mm ²
Critério de dimensionamento:		Queda de tensão
Capacidade de condução de corrente :		1 x 244.8 A
Fator de correção de agrupamento :		1.00
Fator de correção de temperatura :		0.91
Fator de correção de harmônicas :		38.00
Resistência em CA de cada condutor :		0.2475 ohm/km
Reatância indutiva de cada condutor :		0.1028 ohm/km
Queda de tensão efetiva :		1.78 %
Icc presumida mínima ponto extremo (Ikmin) :		3.09e+003 A
I _{2t} de cada condutor para Ikmax :		2.07e+008 A
I _{1t} de cada condutor para Ikmin :		2.24e+008 A
Tempo máximo para atuação da proteção para Ikmax :		8.27e+000 s
Seção nominal do condutor de proteção :		50 mm ²
Os resultados apresentados foram baseados nas características dos produtos fabricados pela Prysmian		

APÊNDICE B – TABELA DE PREÇOS DE CABOS

Prysmian
Group

TABELA DE PREÇOS - ABRIL / 2017 -

	CÓDIGO	PRODUTO	SEÇÃO	R\$/m	Y	EMBALAGEM	
	23233YXX	SUPERASTIC FLEX	1 mm ²	R\$ 0,516	1	ROLO	
	23234YXX	SUPERASTIC FLEX	1,5 mm ²	R\$ 0,651	4	BOBINA	
	23235YXX	SUPERASTIC FLEX	2,5 mm ²	R\$ 1,015	8	CAIXA	
	23236YXX	SUPERASTIC FLEX	4 mm ²	R\$ 1,621			
	23237YXX	SUPERASTIC FLEX	6 mm ²	R\$ 2,384			
	23238YXX	SUPERASTIC FLEX	10 mm ²	R\$ 4,108			
	23338YXX	SUPERASTIC FLEX	16 mm ²	R\$ 6,528			
	23339YXX	SUPERASTIC FLEX	25 mm ²	R\$ 10,119			
	23340YXX	SUPERASTIC FLEX	35 mm ²	R\$ 13,974			
	23341YXX	SUPERASTIC FLEX	50 mm ²	R\$ 20,435			
	23342YXX	SUPERASTIC FLEX	70 mm ²	R\$ 28,678			
	23343YXX	SUPERASTIC FLEX	95 mm ²	R\$ 38,034			
	23344YXX	SUPERASTIC FLEX	120 mm ²	R\$ 48,292			
	23345YXX	SUPERASTIC FLEX	150 mm ²	R\$ 60,526			
	23346YXX	SUPERASTIC FLEX	185 mm ²	R\$ 72,984			
	23347YXX	SUPERASTIC FLEX	240 mm ²	R\$ 96,342			
	23348YXX	SUPERASTIC FLEX	300 mm ²	R\$ 127,042			
						XX	CORES
						01	BR
						02	PT
					03	VM	
					04	CZ	
					05	VD	
					06	AZ	
					09	AM	
					14	AV	
	23920YXX	AFUMEX GREEN	1 mm ²	R\$ 0,577	Y	EMBALAGEM	
	23921YXX	AFUMEX GREEN	1,5 mm ²	R\$ 0,750	1	ROLO	
	23922YXX	AFUMEX GREEN	2,5 mm ²	R\$ 1,128	3	CARRETEL	
	23923YXX	AFUMEX GREEN	4 mm ²	R\$ 1,707	4	BOBINA	
	23924YXX	AFUMEX GREEN	6 mm ²	R\$ 2,487	8	CAIXA	
	23925YXX	AFUMEX GREEN	10 mm ²	R\$ 4,257			
	23926YXX	AFUMEX GREEN	16 mm ²	R\$ 6,789			
	23927YXX	AFUMEX GREEN	25 mm ²	R\$ 10,423			
	23928YXX	AFUMEX GREEN	35 mm ²	R\$ 14,509			
	23929YXX	AFUMEX GREEN	50 mm ²	R\$ 21,519			
	23930YXX	AFUMEX GREEN	70 mm ²	R\$ 30,161			
	23931YXX	AFUMEX GREEN	95 mm ²	R\$ 39,684			
	23932YXX	AFUMEX GREEN	120 mm ²	R\$ 50,689			
	23933YXX	AFUMEX GREEN	150 mm ²	R\$ 63,111			
	23934YXX	AFUMEX GREEN	185 mm ²	R\$ 75,852			
	23935YXX	AFUMEX GREEN	240 mm ²	R\$ 100,096			
					XX	CORES	
					01	BR	
					02	PT	
					03	VM	
					04	CZ	
					05	VD	
					06	AZ	
					09	AM	
					14	AV	
Cabos Cordplast 	23654102	CORDPLAST R- PT	2x1 mm ²	R\$ 1,706			
	23655102	CORDPLAST R- PT	2x1,5 mm ²	R\$ 2,076			
	23656102	CORDPLAST R- PT	2x2,5 mm ²	R\$ 3,343			
	23657102	CORDPLAST R- PT	2x4 mm ²	R\$ 4,008			
	23658402	CORDPLAST B- PT	2x6 mm ²	R\$ 5,561			
	23659402	CORDPLAST B- PT	2x10 mm ²	R\$ 9,170			
	23662102	CORDPLAST R- PT	3x1 mm ²	R\$ 2,207			
	23663102	CORDPLAST R- PT	3x1,5 mm ²	R\$ 2,973			
	23664102	CORDPLAST R- PT	3x2,5 mm ²	R\$ 4,121			
	23665102	CORDPLAST R- PT	3x4 mm ²	R\$ 6,111			
	23666402	CORDPLAST B- PT	3x6 mm ²	R\$ 8,589			
	23667402	CORDPLAST B- PT	3x10 mm ²	R\$ 14,178			
	23670102	CORDPLAST R- PT	4x1 mm ²	R\$ 2,922			
	23671102	CORDPLAST R- PT	4x1,5 mm ²	R\$ 3,578			
	23672102	CORDPLAST R- PT	4x2,5 mm ²	R\$ 5,023			
	23673102	CORDPLAST R- PT	4x4 mm ²	R\$ 7,617			
	23674402	CORDPLAST B- PT	4x6 mm ²	R\$ 11,448			
	23675402	CORDPLAST B- PT	4x10 mm ²	R\$ 17,383			
	23688402	CORDPLAST B- PT	5x1 mm ²	R\$ 4,244			
	23689402	CORDPLAST B- PT	5x1,5 mm ²	R\$ 5,042			
23690402	CORDPLAST B- PT	5x2,5 mm ²	R\$ 7,684				
23691402	CORDPLAST B- PT	5x4 mm ²	R\$ 11,142				
23692402	CORDPLAST B- PT	5x6 mm ²	R\$ 15,412				
23693402	CORDPLAST B- PT	5x10 mm ²	R\$ 25,037				
					Y	EMBALAGEM	
					4	BOBINA	
Cabos Gsette 	23800YXX	EPROTENAX G7 1kV	1,5 mm ²	R\$ 0,880	Y	EMBALAGEM	
	23801YXX	EPROTENAX G7 1kV	2,5 mm ²	R\$ 1,255	4	BOBINA	
	23802YXX	EPROTENAX G7 1kV	4 mm ²	R\$ 1,820			
	23803YXX	EPROTENAX G7 1kV	6 mm ²	R\$ 2,522			
	23804YXX	EPROTENAX G7 1kV	10 mm ²	R\$ 4,006			
	23805YXX	EPROTENAX G7 1kV	16 mm ²	R\$ 6,171			
	23806YXX	EPROTENAX G7 1kV	25 mm ²	R\$ 9,474			
	23807YXX	EPROTENAX G7 1kV	35 mm ²	R\$ 13,017			
	23808YXX	EPROTENAX G7 1kV	50 mm ²	R\$ 18,921			
	23809YXX	EPROTENAX G7 1kV	70 mm ²	R\$ 26,248			
	23810YXX	EPROTENAX G7 1kV	95 mm ²	R\$ 34,270			
	23811YXX	EPROTENAX G7 1kV	120 mm ²	R\$ 43,723			
	23812YXX	EPROTENAX G7 1kV	150 mm ²	R\$ 55,448			
	23813YXX	EPROTENAX G7 1kV	185 mm ²	R\$ 66,711			
	23814YXX	EPROTENAX G7 1kV	240 mm ²	R\$ 87,990			
	23819YXX	EPROTENAX G7 1kV	300 mm ²	R\$ 127,639			
	23820YXX	EPROTENAX G7 1kV	400 mm ²	R\$ 169,838			
	26564559	EPROTENAX G7 1kV PT	500 mm ²	R\$ 211,888			
	26664477	EPROTENAX G7 1kV	2x1,5 mm ²	R\$ 1,824			
	26664478	EPROTENAX G7 1kV	2x2,5 mm ²	R\$ 2,705			
	26664479	EPROTENAX G7 1kV	2x4 mm ²	R\$ 3,901			
	26664480	EPROTENAX G7 1kV	2x6 mm ²	R\$ 5,381			
	26664481	EPROTENAX G7 1kV	2x10 mm ²	R\$ 8,596			
	26664482	EPROTENAX G7 1kV	2x16 mm ²	R\$ 14,672			
	26664484	EPROTENAX G7 1kV	2x25 mm ²	R\$ 21,935			
	26664493	EPROTENAX G7 1kV	3x1,5 mm ²	R\$ 2,539			
26664494	EPROTENAX G7 1kV	3x2,5 mm ²	R\$ 3,728				
					XX	CORES	
					02	PT	
					05	VD	
					06	AZ	