



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

PAULO HENRIQUE SCALONI

**CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA  
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E O ENSINO DE FÍSICA**

---

Londrina  
2016

PAULO HENRIQUE SCALONI

**CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA  
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Física, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Simões Filho

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Scaloni, Paulo Henrique .

Consumo de Energia Elétrica em Instalações Elétricas e o Ensino de Física / Paulo Henrique Scaloni. - Londrina, 2016.  
122 f. : il.

Orientador: Manuel Simões .

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física , 2016.

Inclui bibliografia.

1. Energia Elétrica - Tese. 2. Ensino de Física - Tese. 3. Para-raios - Tese. 4. Ligações Elétricas - Tese. I. Simões , Manuel . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física . III. Título.

PAULO HENRIQUE SCALONI

**CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA  
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Física, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Manuel Simões Filho  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Kleber Yamaguti  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

---

Prof. Dr. Edson Laureto  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 5 de Agosto de 2016.

SCALONI, Paulo Henrique. **Consumo de Energia Elétrica em Ligações Elétricas e o Ensino de Física**. 2016. 122f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## **RESUMO**

Este trabalho procura mostrar desperdício de energia elétrica nos cabos de energia, e ao mesmo tempo, informar sobre a segurança em uma instalação elétrica no que se refere a: aterramento, para-raios, choques elétricos e curto-circuito, transformando essas situações em circuitos elétricos. São apresentadas as normas NBR5410 (instalações Elétricas) NBR5419 (Para-raios).

**Palavras-chave:** Energia Elétrica. Ligações Elétricas. Ensino de Física. Para-raios. Choque Elétrico. Curto Circuito.

SCALONI, Paulo Henrique. **Electricity Consumption in Wiring and Physics Teaching**. 2016. 122p. Dissertation (Professional Masters in Physics) - State University of Londrina, Londrina, 2016.

### **ABSTRACT**

This work aims to show the great power consumption by power cables, and at the same time, seeks to associate the physical education with everyday situations, we will study how circuits in series, parallel and mixed, are present in our everyday situations. We seek to support the high school teachers, with regard to electrical installations and lightning rod, according to ABNT rules, as well as the operation of transformers; electric shock and short circuit.

**Keywords:** Electric Power. Wiring. Physics Teaching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura.01-	Haste de cobre com conector .....	62
Figura.02-	Dissipação da corrente em uma malha de terra.....	62
Figura.03-	Conexão cabo haste em uma malha de terra .....	63
Figura.04-	Captor Franklin.....	64
Figura.05 -	Captor Franklin com cabo de descida em isoladores.....	64
Figura.06-	Fita metálica como captor .....	65
Figura.07-	Sistema de SPDA com captor.....	65
Figura.08-	Captor para malha de SPDA com cabos de SPDA franklin e cabos em forma de malha.....	65
Figura.09 -	Cone de Proteção Método Franklin.....	66
Figura.10 -	Angulo de Proteção Método Franklin .....	66
Figura.11 -	Área de Proteção Método Eletromagnético .....	67
Figura.12 -	Descidas de Aterramento.....	68
Figura.13 -	Descida de aterramento com fixação na estrutura.....	68
Figura.14 -	Malha de terra em triangulo .....	68
Figura.15 -	Malha de terra quadrada .....	68
Figura.16-	Malha de terra em linha.....	68
Figura.17 -	Disjuntores Mono, Bi e trifásicos .....	69
Figura.18 -	Haste bimetálica e bobina do disjuntor.....	69
Figura.19 -	Curto-circuito Fase Neutro .....	70
Figura.20 -	Circuito do curto Fase Neutro .....	72
Figura.21 -	Curto Fase Terra .....	72
Figura.22 -	Circuito Fase Terra.....	72
Figura.23 -	Corpo tocando condutor fase .....	74
Figura.24 -	Circuito elétrico de um corpo tocando um fio fase .....	75
Figura.25 -	Corpo tocando Fio fase em contato com o terra .....	76
Figura.26 -	Circuito de um corpo tocando fios fase em contato com o terra .....	76
Figura.27 -	Esquemas de ligações neutro e Terra – TN-C ( Terra e Neutro comum ) TN-C-S ( Terra e Neutro Separado).....	77
Figura.28 -	Transformador trifásico em instalação urbana .....	77
Figura.29 -	Ligação estrela-triângulo 220/127V.....	78
Figura.30 -	Defasagem de 120 entre as fases .....	79

Figura.31 - Diagrama vetorial da defasagem entre as fases .....	79
Figura.32 - Transformador em area rural .....	80
Figura.33 - Linhas de campo magnético em espira no ar (a) e no entreferro (b).....	81
Figura.34 - Esquema de um transformador com carga .....	81
Figura.35 - Circuito do circuito equivalente de um transformador ideal.....	82
Figura.36 - Cabo nu de alumínio .....	86
Figura.37 - Isoladores de Pino 380V e 13.8Kv .....	87
Figura.38 - Isolador de Pino 69KV.....	88
Figura.39 - Isolador de Suspensão.....	88
Figura.40 - Estrutura em zona urbana para distribuição em 138kV.....	88
Figura.41 - Estrutura de distribuição 13.8kV .....	90
Figura.42- Estrutura de distribuição 69kV .....	90
Figura.43 - Sistema de ligação em 13.8kV .....	91
Figura.44 - Esquema de ligação de um transformador 13.8kV/220V .....	92
Figura.45 - Gerador, espaçamento das bobinas e defasagem das tensões .....	93
Figura.46 - Circuito elétrico simples com medidores de tensão e corrente elétrica.....	94
Figura.47 - Caixa de passagem de embutir 4"x4".....	99
Figura.48 - Cabos isolados, unipolar e multipolar.....	101
Figura.49 - Circuito misto ferro elétrico-chuveiro elétrico com cabo #4 .....	110
Figura.50 - Circuito Misto ferro elétrico-chuveiro elétrico com cabo #6 .....	111
Figura.51 - Circuito Série de uma lâmpada incandescente de 60W.....	112
Figura.52 - Circuito Série de um chuveiro com cabo #4.....	113
Figura.53 - Circuito Misto de um chuveiro e lampada com cabo #4.....	114
Figura.54 - Circuito misto chuveiro, lâmpada 60W e ferro elétrico .....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Livros didáticos analisados nesse trabalho .....	17
Tabela 2-	Conteúdos Analisados nos livros didáticos e quantidade encontrada nos livros analisados .....	23
Tabela 3 -	Conteúdo relacionado à corrente elétrica encontrado nos livros didáticos .....	23
Tabela 4 -	Conteúdo relacionado à Tensão Elétrica encontrado nos livros didáticos .....	24
Tabela 5 -	Conteúdo relacionado à Energia Elétrica encontrado nos livros didáticos .....	24
Tabela 6-	Conteúdo relacionado à Circuitos Elétricos encontrado nos livros didáticos.....	25
Tabela 7-	Conteúdo relacionado ao Transformador encontrado nos livros didáticos .....	26
Tabela 8 -	Conteúdo relacionado à Curto- Circuito encontrado nos livros didáticos .....	26
Tabela 9 -	Conteúdo relacionado à Choque Elétrico encontrado nos livros didáticos .....	27
Tabela 10 -	Conteúdo relacionado aos Para-raios encontrado nos livros didáticos .....	27
Tabela 11 -	Conteúdo relacionado a Motores encontrado nos livros didáticos .....	27
Tabela 12 -	Núcleos Regionais de Ensino cujos colégios participaram da pesquisa.....	46
Tabela 13 -	Cidades que tiveram colégios participantes da pesquisa.....	46
Tabela 14 -	Conteúdos encontrados nas respostas dos professores que participaram da pesquisa .....	47
Tabela 15 -	Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Corrente Elétrica .....	48
Tabela 16 -	Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Tensão Elétrica .....	49
Tabela 17 -	Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Energia Elétrica .....	50

Tabela 18 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Circuitos Elétricos.....	51
Tabela 19 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação a transformador .....	52
Tabela 20 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Curto-circuito .....	52
Tabela 21 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Choque Elétrico.....	53
Tabela 22 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Para-raios.....	53
Tabela 23 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Motores .....	54
Tabela 24 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à facilidade de encontrar os conteúdos pesquisados.....	54
Tabela 25 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à circuito projetado e economia de energia.....	54
Tabela 26 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à importância de um trabalho com relação à esses conteúdos.....	54
Tabela 27 - Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à elaboração de um material com esses conteúdos .....	55
Tabela 28 - Relação dos livros analisados e os utilizados pelos professores .....	59
Tabela 29 - Resistividade do solo (Aterramento Elétrico–Kindermann-1995) .....	61
Tabela 30 - Número de haste de aterramento com o valor de K do solo ( Aterramento Elétrico – Kindermann-1995) .....	63
Tabela 31- Resistência e reatância de cabos 750V para instalação elétrica .....	71
Tabela 32 - Relação entre a intensidade da corrente e as consequências no corpo humano .....	75
Tabela 33- Maneira de Instalar os cabos elétricos .....	103
Tabela 34 - Capacidade de Corrente dos cabos com relação à maneira de instalar ( ABNT).....	104
Tabela 35 - Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.52 .....	113
Tabela 36 - Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.53 .....	114

Tabela 37 - Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.54 .....	115
Tabela 38 - Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.55 .....	118

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DCE	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
PVC	Cloreto de polivinila e polietileno
SEED	Secretaria Estadual de Educação
XLPE	Borracha etileno-propileno e polietileno reticulado

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2.</b>	<b>ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS</b> .....	17
2.1.	JUSTIFICATIVA PELA ESCOLHA DESSES CONTEÚDOS NA PESQUISA NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	18
2.2.	QUESTIONÁRIO DE PESQUISA DOS LIVROS DIDÁTICO .....	19
2.3.	RESULTADO DE PESQUISA DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	22
2.4.	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS.....	28
<b>3.</b>	<b>DIÁLOGO COM OS PROFESSORES</b> .....	42
3.1.	NÚCLEOS QUE PARTICIPARAM .....	46
3.2.	CIDADES QUE PARTICIPARAM.....	46
3.3.	RESPOSTAS DOS PROFESSORES .....	47
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS PROFESSORES</b> .....	56
4.1	COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DOS PROFESSORES E A PESQUISA NOS LIVROS .....	59
	PRODUTO .....	60
<b>5.</b>	<b>MALHA DE ATERRAMENTO</b> .....	61
<b>6.</b>	<b>PARA-RAIOS</b> .....	64
6.1.	CAPTOR .....	64
6.2.	OS MÉTODOS DE PROTEÇÃO.....	65
6.2.1.	MÉTODO DE FRANKLIN.....	66
6.2.2.	GAIOLA DE FARADAY .....	66
6.2.3.	MÉTODO ELETROGEOMÉTRICO.....	67
6.3.	CAPTORES NATURAIS .....	67
6.4.	CABOS DE DESCIDA.....	67
6.5.	MALHA DE ATERRAMENTO .....	68
<b>7.</b>	<b>DISJUNTORES</b> .....	69

<b>8.</b>	<b>TRANSFORMANDO SITUAÇÕES DO COTIDIANO EM CIRCUITOS ELÉTRICOS</b> .....	70
8.1.	UM CURTO-CIRCUITO .....	70
8.1.1.	CURTO CIRCUITO FASE NEUTRO.....	70
8.1.2.	CURTO CIRCUITO FASE TERRA.....	72
8.2.	CHOQUE ELÉTRICO.....	73
8.2.1.	DESENHANDO O CIRCUITO DO CHOQUE ELÉTRICO .....	74
8.3.	COMO CONECTAR O TERRA E O NEUTRO .....	77
8.4.	TRANSFORMADORES .....	77
8.4.1.	QUANDO A TENSÃO É 220V OU 127V.....	78
8.4.2.	COMO APARECE CORRENTE ELÉTRICA NOS TERMINAIS DO TRANSFORMADOR.....	80
<b>9.</b>	<b>Energia Elétrica: Instalação e Economia</b> .....	83
9.1.	SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO .....	83
9.2.	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	83
9.3.	TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA.....	84
9.4.	TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	84
9.5.	COMPONENTES DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO .....	85
9.5.1.	CABOS CONDUTORES .....	85
9.5.2.	ISOLADORES .....	87
9.5.3.	ESTRUTUTAS .....	88
9.6.	LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA.....	89
9.6.1.	CABOS E CONDUTORES.....	90
9.6.2.	ISOLADORES.....	90
9.6.3.	ESTRUTURAS.....	91
9.7.	TIPOS DE LIGAÇÕES PARA OBTENÇÃO DA TENSÃO ELÉTRICA.....	97
9.7.1.	A TENSÃO ELÉTRICA NO SISTEMA BRASILEIRO .....	92
9.7.2.	GERAÇÃO DA TENSÃO ELÉTRICA TRIFÁSICA .....	93
9.8.	CIRCUITO ELÉTRICO .....	94
9.8.1.	TENSÃO ELÉTRICA NO CIRCUITO ELÉTRICO .....	95
9.8.2.	CONDUTORES NO CIRCUITO ELÉTRICO .....	95
9.8.3.	RESISTÊNCIA, RESISTIVIDADE, CONDUTIVIDADE.....	95

9.8.4.	LEI DE OHM .....	95
9.8.5.	POTÊNCIA DE UM RESISTOR .....	96
9.8.6.	CAPACITOR E CAPACITÂNCIA .....	96
9.8.7.	INDUTÂNCIA E INDUTORES.....	96
9.8.8.	MEDIÇÃO DE UM CIRCUITO ELÉTRICO.....	96
9.8.9.	TIPOS DE CIRCUITO .....	96
9.9.	INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO.....	97
9.9.1.	DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS ELÉTRICAS NAS INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS.....	98
9.9.2.	INSTALAÇÃO DE ELETRODUTOS.....	98
9.9.3.	INSTALAÇÃO DE CAIXAS .....	99
9.9.4.	TOMADAS ELÉTRICAS.....	99
9.9.5.	DIMENSIONAMENTO DAS TOMADAS E ILUMINAÇÃO .....	100
9.9.6.	CABOS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	101
9.9.6.1.	DIMENSIONAMENTO.....	102
9.9.6.1.1.	CAPACIDADE DE CORRENTE .....	102
9.9.6.1.2.	QUEDA DE TENSÃO.....	105
9.9.6.1.3.	CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO .....	105
9.9.6.1.4.	CURTO-CIRCUITO.....	106
9.10.	ANÁLISE DAS PERDAS DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	106
9.10.1.	DIMENSIONAMENTOS DOS CABOS.....	106
9.10.1.1.	CABOS DE ENTRADA DE ENERGIA.....	106
9.10.1.2.	CIRCUITOS TERMINAIS.....	107
9.10.1.3.	CIRCUITOS DE TOMADA .....	108
9.10.2.	ANALISANDO A POTÊNCIA DISSIPADA NOS CABOS .....	108
9.10.3.	ANALISANDO O CIRCUITO ELÉTRICO DE UMA RESIDÊNCIA .....	109
9.10.4.	CONSUMO DE ENERGIA EM UMA RESIDÊNCIA .....	118
<b>10.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>121</b>
<b>11.</b>	<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>122</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No momento atual é muito debatida a questão de conscientizar a população para evitar o desperdício de energia. Muitas soluções são sugeridas como lâmpadas mais econômicas, eletrodomésticos mais econômicos, buscando sempre evitar o desperdício de energia. Nas escolas são realizadas campanhas de conscientização no sentido de uso racional dos equipamentos elétricos.

Neste trabalho, nos propusemos em estudar o desperdício de energia nos cabos elétricos das instalações elétricas. Os cabos são produzidos de cobre ou de alumínio e, mesmo apresentando uma baixa resistência elétrica, consomem energia elétrica.

No ensino médio um dos conteúdos apresentados aos alunos é o de circuitos elétricos. Muitos estudantes reclamam da falta de conexão com o cotidiano do aluno de temas apresentados pelos professores, um exemplo frequente são os circuitos elétricos. Vamos aqui encarar a instalação elétrica como sendo um circuito elétrico misto com a resistência dos cabos e calcular a potência dissipada pelos cabos nas instalações.

Com o objetivo de verificar como o assunto é tratado nos livros didáticos fizemos uma pesquisa em 16 livros sobre o assunto, sendo que apenas 1 livro comentava sobre cálculo de energia elétrica dissipada pelos cabos das instalações elétricas, mesmo assim, tratando o assunto superficialmente.

Durante essa pesquisa, detectamos que os livros tratam alguns assuntos relacionados à segurança como: para-raios, choques elétricos, curto-circuito, aterramento elétrico, assim como a tensão elétrica da concessionária de energia, de maneira equivocada ou superficial. Dessa forma a questão da segurança frente a circuitos elétricos também será abordada neste trabalho.

Após a pesquisa nos livros didáticos, elaboramos um questionário para ser respondido pelos professores do ensino médio, atingindo um total de 41 professores. Detectamos que a maioria dos professores não encontrava com facilidade material sobre os conteúdos mencionados acima, assim como, 37 professores consideravam interessante um estudo nesse sentido e 38 dos 41 professores gostariam de ter um material reunindo todo esse conteúdo.

Este trabalho não visa formar profissionais nestes temas, mas tão somente conscientizar o estudante, e o resto a população, da importância destes temas na

formação da cidadania e também informar que os engenheiros eletricitas são profissionais capacitados e credenciados para elaborar e acompanhar projetos e instalações elétricas.

Portanto, esse trabalho está voltado para informar aos professores medidas de segurança com relação à malha de terra, choque elétrico, para-raios e curto-circuito, como também conscientizar professores e alunos sobre o desperdício de energia elétrica nos cabos das instalações elétricas.

## 2. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Foi realizada uma pesquisa em 16 livros didáticos com conteúdos relacionados aos circuitos elétricos, instalação elétrica, curto-circuito, choque elétrico, para-raios, motores e transformadores. Os livros analisados estão abaixo relacionados:

Tabela 1: Livros didáticos analisados nesse trabalho

Titulo	Autor	Editora
Física	Gualter e André	Saraiva
Física	Obra Coletiva	SM
Física em contextos	Pietrocola, Pogibin, Andrade e Romero	FTD
Curso de Física	Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga	Scipione
Física	Wilson Carron, Osvaldo Guimarães	Moderna
Quanta Física	Carlos A. Kantor, Menezes, Paoliello jr, Bonetti, Canato jr, Alves	PD
Física Aula por Aula	Claudio Xavier e Benigno Barreto	FTD
Física Ciência e Tecnologia	Torres, Ferraro, Soares e Penteado	Moderna
Física	Gualter, Newton, Helou	Saraiva
Imagens da Física	Ugo Amaldi	Scipione
Física Para o Ensino Médio	Kazuhito e Fuke	Saraiva
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ática
Física	Guimarães, Piqueira, Carron	Ática
Física	Bonjorno, Clinton, Prado e Casemiro	FTD
Física 3	Gref	Ed USP
Conexões com a física	Santánna, Martini, Reis , Spinelli	Ed. Moderna

O levantamento foi realizado sobre os seguintes tópicos:

- Corrente e Tensão elétrica, alternada e contínua e seus valores eficazes;
- Resistência;
- Potência e Energia Elétrica;
- Circuitos elétricos;
- Curto-circuito;
- Choque elétrico;
- Para-raios;
- Transformador;
- Motores Elétricos;

## **2.1. JUSTIFICATIVA PELA ESCOLHA DESSES CONTEÚDOS NAS PESQUISAS DOS LIVROS DIDÁTICOS**

Um circuito elétrico é composto por uma tensão elétrica (gerador), um condutor ou sistema de condutores e um equipamento que será utilizado com uma determinada potência e consumirá uma determinada energia elétrica. Por isso, a pesquisa sobre tensão, potência e energia elétrica. A corrente é que transporta a energia, por isso da sua análise.

O circuito elétrico pode ser em série, misto e paralelo. Foi verificado qual o circuito que os livros apresentam com relação à instalação residencial, que é o dia a dia do aluno.

Com relação à instalação elétrica foi investigado se os livros trabalham as entradas elétricas das residências, se é monofásica, bifásica, trifásica, pois é interessante que os alunos saibam como podem ser feitas as ligações da rede da concessionária com as residências.

Em relação ao Curto-circuito, os alunos questionam se o valor da corrente de curto é considerada muito grande ou se é possível calcular o valor da corrente elétrica na ocorrência de um curto-circuito.

Outro conteúdo muito questionado é sobre o choque elétrico e a função do cabo terra, cabo neutro e do aterramento.

O transformador foi investigado por estar relacionado à tensão elétrica nas casas e as ligações monofásicas, bifásicas e trifásicas.

O motor foi investigado porque em todas as instalações possuem algum tipo de motor instalado.

Também foi analisado se os livros didáticos apresentam as normas de instalação e de para-raios.

## **2.2.QUESTIONÁRIOS DE PESQUISA DOS LIVROS DIDÁTICOS**

O seguinte questionário foi apresentado aos professores e as respostas usadas na elaboração e análises deste trabalho, como se verá adiante.

Foi preenchido um questionário para cada livro, conforme abaixo:

Titulo:

Autor:

Editora:

1. O livro apresenta

- (     ) Corrente Elétrica;
- (     ) Potência Elétrica;
- (     ) Energia Elétrica;
- (     ) Resistores;
- (     ) Circuitos Elétricos;
- (     ) Para-raios;
- (     ) Curto-circuito;
- (     ) Instalação Elétrica;
- (     ) Motor Elétrico;
- (     ) Transformador;

## 2. Quanto à corrente elétrica:

- (     ) É apresentada a corrente contínua;
- (     ) É apresentada a corrente alternada;
- (     ) Você tem conhecimento sobre o valor eficaz da corrente alternada;
- (     ) É apresentado o valor eficaz da corrente;

## 3. Quanto à tensão elétrica:

- (     ) É apresentada a tensão contínua;
- (     ) É apresentada a tensão alternada;
- (     ) É apresentado o valor eficaz da tensão elétrica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como monofásica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como bifásica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como trifásica;
- (     ) A tensão é apresentada como 110V monofásica;
- (     ) A tensão é apresentada como 127V monofásica;

## 4. Quanto à energia elétrica com relação aos alunos:

- (     ) É calculada a energia consumida nos resistores;
- (     ) É calculada a energia consumida nos cabos das instalações elétricas;

## 5. Considerando circuitos elétricos

- (     ) É realizado o cálculo da resistência dos condutores (cabos elétricos);
- (     ) A instalação elétrica é convertida em circuito elétrico;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito paralelo;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito série;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito misto;
- (     ) Nos circuitos de uma residência é considerada a resistência dos cabos;

- ( ) É calculada a queda de tensão nos cabos elétricos;
- ( ) São calculadas as perdas de energia nos cabos elétricos;
- ( ) Comenta a norma para dimensionamento dos circuitos NBR5410;
- ( ) A norma foi mencionada;
- ( ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo de proteção contra curto;
- ( ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo de proteção contra sobrecorrente;

6. Quanto ao transformador é apresentada:

- ( ) A relação de transformação;
- ( ) As ligações e suas tensões monofásicas e bifásicas;
- ( ) As leis do eletromagnetismo no seu funcionamento;
- ( ) Como surgem as correntes no primário e secundário do transformador;

7. Quanto ao curto circuito é comentado:

- ( ) É apresentado;
- ( ) São consideradas as resistências dos cabos;
- ( ) A corrente é calculada ou considerada finita;

8. Quanto ao choque Elétrico em relação aos alunos:

- ( ) É discutido o cabo neutro;
- ( ) É discutido o cabo terra;
- ( ) É discutida a malha de aterramento;
- ( ) É discutido um valor mínimo para a malha de terra;
- ( ) É discutido como um circuito elétrico;

9. Quanto ao Para-raios em relação aos alunos:

- ( ) É apresentada sua instalação;

- (     ) Comenta da norma sobre para-raios;
- (     ) É apresenta essa norma aos alunos;

10. Quanto aos motores em relação aos alunos:

- (     ) É explicado seu funcionamento;
- (     ) São explicadas as leis da física no seu funcionamento;

### **2.3.RESULTADO DA PESQUISA NOS LIVROS DIDÁTICOS**

Foram analisados os 16 livros relacionados acima. Com os livros das seguintes editoras:

- FTD- 3 unidades;
- Saraiva- 3 unidades;
- Scipione – 2 unidades;
- Moderna – 3 unidades;
- Ática – 2 unidades;
- PD- 1 unidade;
- SM- 1 unidade;
- Ed USP – 1 unidade;

O resultado da pesquisa de análise dos livros será discutido abaixo:

Tabela 2: Conteúdos Analisados nos livros didáticos e quantidade encontrada nos livros analisados

Conteúdo	Quantidade encontrada	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-16	Porcentagem com relação ao total de livros -16
Corrente Elétrica	16	100	100
Potência Elétrica	16	100	100
Energia Elétrica	16	100	100
Circuito Elétrico	16	100	100
Para-raios	6	40	40
Curto Circuito	10	63	63
Instalação Elétrica	10	63	63
Motor Elétrico	12	75	75
Transformador	12	75	75

Tabela 3 : Conteúdo relacionado à corrente elétrica encontrado nos livros didáticos

Conteúdo:Corrente Elétrica	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-16	Porcentagem com relação ao total de livros -16
Corrente Contínua	16	100	100
Corrente Alternada	14	87	87
Apresenta O valor Eficaz	8	50	50
Explica o significado de valor eficaz	8	50	50

Tabela 4 : Conteúdo relacionado à Tensão Elétrica encontrado nos livros didáticos

Conteúdo:Tensão Elétrica	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-16	Porcentagem com relação ao total de livros-16
Tensão Contínua	16	100	100
Tensão Alternada	15	93	93
Apresenta o valor eficaz	9	56	56
Apresenta a monofásica	12	75	75
Apresenta a bifásica	11	73	73
Apresenta a trifásica	2	13	13
Apresenta monofásica de 110V	9	56	56
Apresenta monofásica de 127V	5	31	31

Tabela 5: Conteúdo relacionado à Energia Elétrica encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Energia Elétrica	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-16	Porcentagem com relação ao total de livros 16
Cálculo de Energia Elétrica nos resistores	16	100	100
Cálculo de Energia nos condutores	1	7	7

Tabela 6: Conteúdo relacionado à Circuitos Elétricos encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Circuitos Elétricos	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-13	Porcentagem com relação ao total de livros -16
Realizado o cálculo nos condutores	10	77	62
Instalação é convertida em circuito	4	31	25
Inst. Residencial é apresentada como circuito Paralelo.	10	77	62
Inst. Residencial é apresentada como circuito Série.	1	8	6
Inst. Residencial é apresentada como circuito Misto.	1	8	6
Nos circuitos das residências são considerados os cabos elétricos	0	0	0
É calculada a queda de tensão elétrica nos cabos elétricos	2	16	12
É calculada as perdas de energias nos cabos elétricos	1	8	6
Comenta sobre NBR-5410	0	0	0
Apresenta a NBR-5410	0	0	0
O disjuntor é apresentado para curto-circuito	6	48	36
O disjuntor é apresentado para sobrecorrente	6	48	36

Tabela 7: Conteúdo relacionado ao Transformador encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Transformador	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-14	Porcentagem com relação ao total de livros -16
Apresenta a relação de transformação	14	100	87
As ligações e tensões	1	7	6
As leis do eletromagnetismo envolvidas	9	64	56
Como surgem as correntes no primário e secundário	3	2	2

Tabela 8: Conteúdo relacionado à Curto- Circuito encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo Curto- Circuito	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-10	Porcentagem com relação ao total de livros -16
É apenas apresentado	10	100	62
São considerados os cabos das instalações	0	0	0
É calculada a corrente	0	0	0

Tabela 9: Conteúdo relacionado à Choque Elétrico encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Choque Elétrico	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-10	Porcentagem com relação ao total de livros -16
É discutido o cabo neutro	7	87.5	44
É discutido o cabo terra	6	75	37
É discutida a malha de terra	4	50	25
É discutido um valor mínimo para a resistência da malha de terra	1	12.5	6
É discutido como um circuito	0	0	0

Tabela 10: Conteúdo relacionado aos Para-raios encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Para-raios	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-1	Porcentagem com relação ao total de livros -16
É apresentada a instalação	1	100	6
Comenta sobre a norma	0	0	0
É apresentada a norma aos estudantes	0	0	0

Tabela 11: Conteúdo relacionado a Motores encontrado nos livros didáticos:

Conteúdo: Motores	Quant. de livros que o item foi encontrado	Porcentagem com relação aos livros com o conteúdo-13	Porcentagem com relação ao total de livros -16
É explicado o seu funcionamento	13	100	81
São explicadas as leis no seu funcionamento	12	92	75

## 2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS

1. Livro: Física

Autor: Guater e André

Editora: Saraiva

Gualter e André (1997) definem corrente elétrica contínua, corrente elétrica alternada, não mencionam sobre valor eficaz da corrente. Definem Energia em Kilowatt-hora. O condutor é definido como ideal de resistência zero, os cabos possuem resistência, devido ao fato de que todo corpo possui resistência, mesmo que seja pequena. Calcula a resistência de um condutor pela equação da resistividade. Em uma atividade propõe o cálculo da tensão em 10 cm sobre um fio de #6 percorrido por 30A. Nessa atividade o autor perdeu uma oportunidade de calcular a queda de tensão sobre um fio de 10m, o que é muito próximo da realidade.

Trata curto-circuito como sendo um condutor ideal colocado nos terminais de uma lâmpada onde a tensão sobre a lâmpada é zero. Passa uma imagem de que curto-circuito é simplesmente isolar um corpo. Menciona sobre um fio terra em um chuveiro alimentado em 220V, em que um cabo de alimentação entra em contato com a carcaça do chuveiro e é feita uma comparação de que a carcaça do chuveiro fica com a mesma diferença de potencial do fio em contato, esquecendo de mencionar que em 220V podemos ter uma alimentação monofásica e um dos fios seriam neutro, então, a carcaça do chuveiro estaria em um potencial neutro, lógico que correria risco a pessoa que estivesse tomando banho, mas um risco muito menor do que com a fase como o livro ponderou. Como solução para esse problema, apresenta a instalação de uma haste, ligada por um bom condutor, vemos um equívoco, pois uma haste apenas pode não proteger uma pessoa adequadamente.

Explana sobre tensão alternada e o valor eficaz da tensão alternada. Sobre circuito série, paralelo e misto. Explica o funcionamento do transformador, indução magnética, relação de transformação e a igualdade de potência no primário e no secundário. Esse livro não trata de motores e nem de para-raios.

2. Livro: Física

Autor: Organizadora SM

Editora: SM

Os raios são tratados na sua formação e o motivo pelo qual ocorrem as descargas elétricas, aparecem dicas de segurança para se proteger dos raios, e durante as atividades sugere um cone de proteção de  $60^\circ$  e que calcula uma área de proteção do cone, esquecendo-se de mencionar a altura dos prédios protegidos dentro dessa área. Discute sobre corrente elétrica contínua, sobre corrente alternada, mas não sobre valor eficaz, porém, fala sobre a frequência da corrente.

A fórmula da resistividade é demonstrada, e durante as atividades é calculada a resistência de um cabo de 300m, e é calculada a corrente elétrica para uma tensão de 10V. É discutido sobre choque elétrico e seus efeitos no corpo humano, durante as atividades. É calculada a corrente em um corpo humano, cuja resistência é de  $1K\omega$ , e essa corrente é analisada em uma tabela sobre as consequências no corpo humano.

Os resistores são associados em série, paralelo e misto. O circuito residencial é tratado sobre um circuito misto, faz uma descrição rápida sobre quantas lâmpadas são necessárias em cada cômodo, que precisa de um projeto, descreve como instalar uma lâmpada e uma tomada, o chuveiro, fala dos eletrodutos mostra o esquema de ligação de uma residência com ligação monofásica e outro para ligação bifásica.

Assevera ainda que as residências são alimentadas com três fios, e que a tensão seriam 220V e 110V, porém, não que temos residências atendidas com dois fios ou monofásicas, e comete um equívoco ao falar da alimentação em 110V, pois na zona urbana não é fornecida essa tensão .

O fio terra é tratado como um fio ligado à tomada, que previne as pessoas de levarem choques, porém, não fala como, verifica-se outro equívoco de que previne, pois não previne e sim evita que as pessoas levem um choque que lhe cause algo grave. Fala que o fio terra deve estar ligado a um cabo a terra, sem mencionar o aterramento.

Fala de curto como originado pela sobrecarga de um circuito e a necessidade de um disjuntor para atuar e impedir a passagem da corrente alta, aqui ocorre um equívoco, pois o disjuntor não impede a corrente, e sim ele é acionado pela corrente

de sobrecarga ou de curto-circuito, não aponta que o curto pode se dar pelo contato da fase e do neutro. Escreve que uma maneira de evitar choques é fazer o aterramento das tomadas, sem entrar em detalhes sobre como fazer essa instalação.

Acerca dos cabos de uma instalação, asseguram que devem ser grossos para evitar prejuízo. Discorrem sobre energia elétrica e potência elétrica, sobre o disjuntor de proteção para curto-circuito, sobre circuitos série, paralelo e misto, sobre motores elétricos de corrente contínua mostrando seu funcionamento, geradores de corrente alternada explicando a geração da corrente alternada. Explica o caminho da energia das usinas às residências, falando de subestações, linhas de transmissão, distribuição, transformadores, explicando em desenhos.

Comete um equívoco ao afirmar que a tensão monofásica oscila entre um valor que varia entre  $-110V$  e  $+110V$ , sobre disjuntor como proteção de sobrecorrente.

### 3. Livro: Física Em Contexto

Autor: Pietrocola

Editora: FTD

Pietrocola (2010) explana sobre corrente elétrica contínua e corrente alternada, a frequência, não falando do valor eficaz da tensão, das nuvens carregadas como um gerador elétrico, sobre circuitos elétricos série, paralelo e misto, sobre a resistência de um fio de cobre pela 2ª lei de ohm e calcula a resistência de um fio nas atividades.

Traz conteúdo sobre potência elétrica e energia elétrica, sobre circuito série, paralelo e misto, fala de resistores, geração, transmissão e distribuição de energia, da distribuição e da alimentação das casas em 110V e 220V em três fios, cometendo o equívoco de que 110V urbano não existe mais e que a maioria das residências, no Brasil, são de dois fios. Um equívoco enorme o autor faz, ao confundir a rede de distribuição em 13.8KV com uma alimentação em 110V e 220V, com neutro, pois os três cabos de alumínio são fases e nenhum neutro, o livro desenha um transformador logo abaixo dessa rede que teria também 110V e 220V, passando a impressão de que se ligássemos um cabo na rede da Copel, teríamos 110V, o que não é verdadeiro.

Discute acerca do quadro de distribuição e diz que 220V é para o chuveiro, o que nem sempre é verdadeiro, mostra o desenho de uma haste de aterramento fincada no chão, como aterramento do neutro. Faz o desenho da ligação de uma instalação elétrica residencial. Discute sobre o projeto elétrico para uma residência, a necessidade de dimensionar o disjuntor para a sobrecarga da instalação. Fala sobre o choque elétrico e seus efeitos, ao tocar o fio fase de uma tomada. Algumas atividades calculam a proteção da instalação para uma determinada carga. Explica que para diminuir o diâmetro dos cabos ao elevar a tensão para transmissão de energia. Fala sobre motores elétricos e explica o funcionamento. Concernente ao transformador, explica o seu funcionamento explicando como ocorre a tensão induzida no secundário do transformador.

#### 4. Livro: Curso de Física

Autor: Máximo e Alvarenga

Editora: Scipione

Em uma atividade discute uma gaiola metálica. Comenta sobre os raios e o poder das pontas dos para-raios, sobre corrente elétrica e sobre corrente alternada, sobre circuito série, sobre a resistência de um fio, sobre choque elétrico, ao encostar o pé em uma fase considerando a resistência como  $100000\Omega$  e calcula a corrente elétrica, porém, comete um equívoco ao considerar uma resistência muito alta para o pé. Comenta sobre circuitos série e paralelo.

Comenta sobre o disjuntor que protege o circuito de um curto-circuito, ocorre um equívoco ao falar que no momento em que o curto-circuito acontece, aparece uma corrente muito alta, e essa corrente pode não ser tão alta como a apresentada. Tece considerações sobre os cabos utilizados nas instalações e o seu devido planejamento, sobre o motor de corrente contínua e motor de corrente alternada, sobre transformador e sua relação de transformação.

5. Livro: Física

Autor: Guimarães, Piqueira, Carron

Editora: Ática

Discorre sobre corrente elétrica, sobre o efeito da corrente elétrica no corpo humano, sobre o consumo de energia elétrica em uma residência.

Calcula a resistência de um fio de cobre, sobre o valor eficaz da corrente alternada, que na maior parte das residências do Brasil, chegam ao medidor de energia três fios, duas fases e um neutro, o que considero um equívoco, pois, na maioria das residências, no Brasil, a alimentação é monofásica.

Sobre a soma das correntes dos equipamentos, mostra um esquema de circuito (ligação) elétrico residencial, porém não representa em circuito elétrico, demonstra como ligar os equipamentos, refere-se ao fio mais grosso para ligar equipamentos, sem mencionar bitola ou como dimensionar, sobre o curto-circuito e a atuação dos disjuntores, sobre uma norma de segurança que determina que cada circuito tenha seu próprio disjuntor, que ao usar um fio terra bem grosso, pode-se evitar o choque e a queima de equipamentos, porém não menciona como é ligado ou como deve ser instalado.

O curto-circuito é demonstrado como um fio que isola uma lâmpada, o que não é somente isso que representa. Discorre sobre circuitos elétricos série, paralelo e misto, sobre a geração de corrente alternada, tratando como uma onda senoidal, sobre transformador usado na transmissão, o transformador que gera 110V e 220V e a relação de espiras.

Nas atividades, fala sobre uma tensão de 127V, também fala de um transformador em 138kV e com saída em 380, 220, 127 e não fala onde usa, quando usa, sendo que uma tensão 138KV dificilmente é utilizada e sim 13.8KV. Tece considerações sobre motores elétricos, a atividade solicitada é acerca dos experimentos sobre o motor.

## 6. Livro: Quanta Física - 2º ano

Autor: Kantor , Paoliello

Editora: Editora PD

Discute sobre energia e potência elétrica, associação de resistores. Nas atividades usa a tensão de 110V, 115V , 120V , mas não usa 127V. Explana sobre circuitos elétricos de uma forma geral, no dia a dia, sem desenhar o circuito, sobre material condutor.

## 7. Analisando Livro: Física

Autor: Guimarães e Carron

Editora: Moderna

Trata da corrente elétrica contínua, efeitos da corrente elétrica no nosso corpo, potência e energia elétrica, resistência de um condutor. Nas atividades calcula a resistência de uma pessoa ao levar um choque usando a lei de ohm, utiliza tensão 110V, associação de resistores, considera o curto como um aterramento, o que pode ser um equívoco, pois, o aterramento é ligado ao neutro e não produz curto, também, considera como tensões +110V e -110V.

Apresenta um desenho de uma lâmpada que tem seus terminais curto circuitado e ligados a um circuito de 2ohm, porém, sem demonstrar ou indicar o que fez esses 2 ohm. Comenta sobre potência elétrica e energia elétrica, sobre transformador e relação de espira.

## 8. Livro: Física

Autor: Bonjorno, Clinton, Prado e Casemiro.

Editora: FTD

Mostra um desenho sobre para-raios Franklin, sobre a corrente do raio e a diferença de potencial das nuvens. Comenta sobre a corrente elétrica contínua, corrente alternada, sobre a corrente que percorre o corpo humano e suas consequências, sobre circuito elétrico, como se proteger de raios, sobre corrente alternada, que o disjuntor protege contra sobrecarga e superaquecimento, sobre circuito elétrico, série, paralelo e misto, além de potência e energia elétrica, sobre o

disjuntor, tratando do efeito térmico e magnético de corrente, sobre a geração da corrente alternada, valor da corrente eficaz da corrente, e sobre o transformador de potência e a relação de espiras.

É discutido sobre a quantidade de potência por metro quadrado para as residências. A tensão de 110V e 220V também é discutida . Explica como se origina a corrente alternada e o funcionamento do valor eficaz da corrente. Coloca o desenho de transformador e capacitor e indica que a figura é de transformador.

9. Livro: Física Aula por

Autor: Claudio Xavier e Benigno Barreto

Editora: FTD

Apresenta que a área protegida por um para-raios depende da altura e que a área horizontal coberta pelo para-raios equivale a duas vezes sua altura ao solo, mas não especifica o tipo de proteção, nem norma, muito menos como proteger. Fala da necessidade de mais de uma haste, sem mencionar quantas, nem quando usar mais de uma. Algumas residências usam hastes horizontais que são distribuídas no telhado, sem dizer novamente de que forma deveriam ser instalados esses captosres. Dos captosres saem fios terra até os terminais de terra, que consiste basicamente de hastes metálicas enterradas no solo, sem dizer quantas descidas, qual a bitola dos cabos, quantas hastes usar para o aterramento.

São apresentadas corrente contínuas, corrente alternadas, resistores, lei de ohm. Caracteriza circuito elétrico quando, em um circuito elétrico, a corrente elétrica percorre um fio condutor sem passar por nenhum outro dispositivo elétrico. Durante o curto-circuito a resistência elétrica do trecho atravessado pela corrente elétrica é desprezível. Sendo a resistência praticamente zero, os valores da corrente elétrica são muito altos, o que caracteriza o curto- circuito. Não fala do tipo de curto e que nem todos os curtos são com correntes altas, pois, apresentam resistência dos cabos e dos aterramentos.

Calcula a resistência dos cabos ou o comprimento dos cabos para determinada resistência. Relata que instalações inadequadas têm gerado acidentes devido às descargas elétricas, que as tomadas devem ser ligadas ao fio terra. Uma das extremidades deve ser ligada ao solo por um eletrodo geral uma barra de cobre.

A outra extremidade deve ser ligada às estruturas metálicas dos aparelhos elétricos, o que seria descarga elétrica, se uma extremidade do fio terra está ligada no eletrodo e outra no equipamento, então, passa a ideia de que o fio terra deve ser ligado dessa maneira.

O livro traz um parágrafo confuso “A instalação do fio terra é importante, pois o fio neutro que está ligado ao eletrodo de aterramento do transformador geral da companhia de distribuição de energia elétrica – pode ficar “sujo com cargas elétricas, devido às fugas apresentadas pelos equipamentos elétricos presentes num circuito”.

Para entender melhor vamos considerar um exemplo em que o fio neutro vem da rua com potencial zero, mas devido a algum equipamento elétrico, cujo contato foi mal feito, esse fio passou a ter um potencial ligeiramente maior, digamos 4V. A colocação do fio terra em um circuito garante a “limpeza” do fio neutro, mas só faz sentido, quando estamos operando com equipamentos elétricos que serão interligados, e quando não pode haver diferença de potencial entre eles.

Estabelece que a função do fio neutro e terra são diferentes e sugere ao aluno procurar a companhia de energia. Tece considerações sobre circuitos série, paralelo e misto, potência elétrica, energia elétrica, transformador e a sua relação de espiras, fala sobre o transporte de energia, desde a geração até a distribuição e gerador de energia elétrica.

#### 10. Livro: Física Ciência e Tecnologia

Autor: Torres, Ferraro, Toledo Soares, Penteado.

Editora: Moderna

Discute corrente elétrica contínua, potência e energia elétrica, circuitos elétricos, escreve a equação de curto-circuito como a razão entre a força eletromotriz pela resistência interna do gerador, motor de corrente contínua, geração da corrente alternada, valor eficaz da corrente eficaz, transformador e relação de espiras e as subestações abaixadoras.

## 11. Livro: Física

Autor: Gualter, Newton, Helou

Editora: Saraiva

Discorre sobre a gaiola de Faraday. Trata do poder das pontas do para-raios, que é um caminho seguro para as descargas elétricas a fim de evitarem danos, que é o para-raios tipo Franklin, que fixado na parte superior das edificações e ligado a terra por um cabo condutor isolado da construção. Vale lembrar nesse trecho do livro que nem sempre um para-raios protege a instalação, o condutor de descida não fica isolado da construção, e por norma, às vezes, precisa de mais de uma descida. Fala da proteção do para-raios por cone para um ângulo de  $45^\circ$  e  $25^\circ$ , mas não especifica como e de que maneira protege.

É discutida a corrente elétrica contínua, corrente elétrica alternada, potência elétrica, energia elétrica, circuitos elétricos série, paralelo e misto fusível e disjuntor, informando que esses equipamentos não permitem que a corrente elétrica perca no circuito, quando ultrapassar um determinado valor, tanto por sobrecorrente como por curto-circuito.

Levanta o seguinte tema “O que significam os 220V ou 110V em sua casa >>”, fala da tensão 220V (valor eficaz) nas tomadas, sobre as tensões máxima de 310V, tensão alternada, frequência de 60Hz e que a tensão de 110V a tensão máxima seria 155V. Não explica por que 220V, não fala de 127V e que 110V na zona urbana não é utilizado.

Um fio ideal é tratado como de resistência nula. Na instalação elétrica o fio possui resistência desprezível, o que não é verdade, pois a resistência pode ser pequena, mas não desprezível. Demonstra a instalação de interruptores, a corrente no corpo humano é discutida, seus efeitos e a resistência do corpo humano.

A segunda lei de ohm para o cálculo da resistência de um cabo é utilizada em uma atividade para alimentar um chuveiro de 20A, com cabo de #4. Calcula a resistência e a tensão elétrica sobre o fio, como o valor a resistência é da casa dos mV o livro diz que a resistência é desprezível perdendo a oportunidade de falar das perdas de energia nos condutores. Associa a ideia de curto-circuito ao fato de ligar dois terminais de um equipamento com um fio condutor, “anulando” aquele equipamento. Um gerador em curto é apresentado como a divisão da força eletromotriz pela sua resistência interna.

Quanto ao fio terra faz uma colocação no mínimo duvidosa: “Imagine que uma pessoa esteja tomando banho e que ocorra o seguinte acidente: um dos fios (fase) que alimentam o chuveiro encosta no invólucro metálico do chuveiro”. Se esta pessoa, com os pés no chão, encostar a mão no chuveiro levará um perigoso choque. Suponha, porém, que exista um fio de cobre ligando o chuveiro a uma haste metálica de alguns metros enterrada. Nesse caso, a pessoa estará curto-circuitada e não levará choque algum, já que a ddp entre sua mão e seus pés será desprezível. Podemos observar um equívoco em relação ao fato de que apenas uma haste no solo vai, com certeza, livrar a pessoa do choque. Sabemos que com a resistência de terra, o que o aterramento vai ajudar é no acionamento do disjuntor de proteção, pois, vai aumentar a corrente do circuito, então, podemos verificar que realmente a afirmação acima não ocorre.

Há uma explicação sobre o funcionamento do motor de corrente contínua, discussão sobre a corrente alternada, valor eficaz da corrente e tensão alternada, discute o princípio de funcionamento do transformador com o secundário, sem carga, e a relação de espira.

## 12. Livro: Imagens da Física

Autor: Ugo Amaldi

Editora: Scipione

Corrente elétrica contínua, circuitos elétricos, primeira e segunda lei de ohm, circuitos elétricos, motor elétrico de corrente contínua, motor de corrente alternada, valor eficaz de corrente e tensão. Descreve a origem da corrente trifásica e a defasagem entre as correntes. Fala das três fases e do neutro, podendo formar três circuitos monofásicos, a soma das três fases é nula e a soma das correntes será nula, se as três fases possuírem a mesma potência instalada. Comenta sobre as perdas de energia nos cabos de transmissão de energia. O transformador altera a intensidade de corrente e tensão elétrica, além de descrever a relação das espiras. Em um desenho descreve a geração, transmissão e distribuição de energia.

### 13. Livro: Compreendendo a Física

Autor: Alberto Gaspar

Editora: Ática

Apresenta a formação de raios, corrente elétrica, potência elétrica e energia elétrica, calcula a resistência de um resistor, calcula a resistência de cabos para uma determinada distância, circuitos elétricos, disjuntores e fusíveis. Discute a instalação residencial em uma casa em miniatura, discute o funcionamento do motor elétrico, transformador e relação de espira, as tensões são 127V e 220V. Em uma página em que intitula cidadania, discute transmissão, distribuição, torres e isoladores, descreve a relação de espiras do transformador.

### 14. Livro: Física

Autor: Kazuhito e Fuke

Editora: Saraiva

Os plugues devem ter o terceiro pino para aterramento dos equipamentos, mas não especifica nem discute o que fazer.

O sistema de para-raios é constituído, essencialmente, de condutores metálicos: o captor (ponta metálica que fica no lugar mais alto do local protegido), condutores (fio-terra apoiado em suportes isolantes) e o dissipador, instalado abaixo do solo, diz que o ângulo de proteção é  $45^\circ$ , que o fio terra é afastado da parede em 10 cm e, aproximadamente a 2m, é embutido em material isolante e um dissipador a 3m de profundidade.

Podemos fazer aqui algumas considerações: não especifica como é a proteção nem quantas hastes. O tipo franklin não se usa mais, não diz a altura do captor para proteção, chama os condutores de descida de fio terra confundindo com o fio terra, geralmente os eletrodutos de descidas e os suportes não são isolantes, as estruturas são usadas como descidas e o dissipador são as malhas de terra, sendo que não é especificado como deve ser essa malha .Fala da gaiola de faraday, mas não menciona a malha de proteção para para-raios , sugere um curso sobre raios .

Corrente elétrica contínua, corrente elétrica alternada, primeira e segunda lei de ohm, circuitos série, paralela e mista. Se um resistor estiver em curto-circuito,

seus terminais estarão sobre o mesmo potencial elétrico e ele deixar de funcionar. Podemos verificar que a definição de curto não é geral e pode causar confusão entre os alunos. Assevera que a corrente de curto de um gerador será a razão entre a força eletromotriz e a resistência interna desse gerador. Faz uma discussão sobre a transmissão e distribuição de energia. Discute o funcionamento do motor e da corrente alternada. Explica o funcionamento do transformador e a relação de espiras, sem demonstrar mais nada.

15. Livro: Física 3

Autor: GREF

Editora: Edusp

A tensão elétrica nos equipamentos 110V ou 220V, os fusíveis são protetores das instalações elétricas. Fusíveis funcionam como protetores das instalações elétricas. Corrente elétrica contínua. O cálculo da resistividade e resistência de um cabo.

Em uma simulação de instalação elétrica é feita a instalação elétrica em três dimensões com cálculo de fusível de proteção e desenho de um circuito em paralelo, sem considerar as resistências dos cabos. Nesse mesmo circuito foi sugerido um valor para os cabos da instalação e que fosse calculada suas resistências para alguns metros de fios e foi calculada a potência dissipada nos cabos e chegou-se a conclusão de que quanto menor a resistência da fiação, menor será as perdas nos fios e, que o equipamento terá sua potência nominal. Pelo fato da atividade acabar nesse ponto perdeu-se a oportunidade de chamar a atenção dos alunos para o fato de que as perdas nos cabos não são insignificantes e que deve ser discutido esse ponto.

Em uma atividade afirma que é comum a chegada de dois fios fases e um neutro nas residências. No Paraná é comum dois fios (um fase e um neutro) e afirmam que passam pela chave geral, o que não é verdadeiro, pois, o neutro não pode ser rompido.

Usa o termo curto-circuito quando a intensidade da corrente elétrica de uma parte do circuito tem, bruscamente, um aumento muito elevado, descreve que a corrente de curto tem apenas a resistência dos fios, mas esquece de mencionar que nem sempre um curto oferece uma corrente muito elevada.

O motor elétrico é tratado nas suas partes móveis e fixa. Descreve a geração, distribuição de energia, descrevendo as estruturas e os quilômetros de cabos até chegar às nossas residências. Em atividades discute a função das subestações abaixadora e elevadoras. Discute os efeitos térmicos e magnéticos dos disjuntores. Discute o funcionamento do transformador de maneira detalhada, que transforma tensão e corrente nos dois circuitos.

Discute detalhadamente sobre o valor eficaz da corrente e da tensão. Discute sobre o efeito da corrente elétrica no corpo humano. Descreve a corrente elétrica entre uma das mãos e o terra, mas não especifica representa em circuitos, não especifica valores. Também discute o choque entre duas mãos, sendo que nesse caso calcula o valor da corrente que percorre o corpo, porém, não calcula a corrente entre mão e pernas.

Discute a ligação dos instrumentos a terra com a instalação de condutores a terra, sem especificar valores ou realizar cálculos. Discute a potência dos raios naturais e a energia liberada. Em uma atividade afirma que não se deve instalar fusível no neutro, contrariando o que foi escrito anteriormente sobre as chaves gerais nas residências. Em uma atividade dimensiona o cabo para a instalação de um chuveiro.

#### 16. Livro: Conexões com a Física

Autor: Sant'anna, Martini, Reis e Spinelli

Editora: Moderna

Descreve a formação dos raios, as descargas e a formação de nuvens. Em relação à Gaiola de Faraday assevera que esta é formada por sobre uma residência e, fala das descidas e hastes de aterramentos, sem mencionar números de descidas ou captosres ou malha de aterramento.

Discorre sobre corrente elétrica, resistência elétrica. Em atividades tece considerações sobre a resistência do corpo humano e os danos ao corpo. Resistência de um condutor, potência elétrica e energia elétrica, circuito série, paralelo e misto. Discute sobre motores elétricos e seu funcionamento, assim como de transformador. Mostra, em uma figura, transformadores na zona rural instalados

no piso e residências de 240/110V, o que dificilmente ocorre, pois, a tensão é de 240/120V, na zona rural, devido a soma das tensões elétricas.

Deixa mal explicado ou, no mínimo, causa uma confusão ao afirmar que quando chove e a luz da sala fica enfraquecida é porque “só está entrando uma fase na casa”, porém, no Paraná, a grande maioria das casas só entra uma fase. Refere-se à tensão nas cidades como sendo 110V e isso não ocorre.

Em um desenho de transformador, as três buchas chegam às três tensões de 13.8KV, são especificadas como duas fases e um neutro, sendo que as buchas da baixa são quatro e ficam na lateral do transformador. Fala que a tensão entre as fases é 220V e de fase neutro 110V , o que somente seria possível se as tensões fossem somadas , o que não é verdade.

O disjuntor é um eletroímã que funciona como interruptor de circuitos. É usado quando se quer proteger um dispositivo de correntes muito elevadas, só descreve a interrupção pela bobina e não comenta sobre a sobrecarga e o disparo do disjuntor pelas lâminas bimetálicas.

### 3. DIÁLOGO COM OS PROFESSORES

Após fazer a pesquisa nos livros didáticos realizamos uma pesquisa com os professores trabalhavam esses conteúdos em sala de aula. Os professores responderam ao questionário abaixo:

1. O livro apresenta:

- (     ) Corrente Elétrica;
- (     ) Potência Elétrica;
- (     ) Energia Elétrica;
- (     ) Resistores;
- (     ) Circuitos Elétricos;
- (     ) Para-raios;
- (     ) Curto-circuito;
- (     ) Instalação Elétrica;
- (     ) Motor Elétrico;
- (     ) Transformador;

2. Você segue algum livro didático nos três anos. Qual?

3. Você utiliza algum outro material além do livro. Qual?

4. Quanto à corrente elétrica, com relação aos alunos:

- (     ) É apresentada a corrente contínua;
- (     ) É apresentada a corrente alternada;
- (     ) Você tem conhecimento sobre o valor eficaz da corrente alternada;
- (     ) É apresentado o valor eficaz da corrente;

5. Quanto à tensão elétrica com relação aos alunos:

- (     ) É apresentada a tensão contínua;
- (     ) É apresentada a tensão alternada;
- (     ) É apresentado o valor eficaz da tensão elétrica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como monofásica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como bifásica;
- (     ) A tensão nas residências é apresentada como trifásica;
- (     ) A tensão é apresentada como 110V monofásica;
- (     ) A tensão é apresentada como 127V monofásica;
- (     ) Você apresenta a tensão bifásica? Qual valor?;

6. Quanto à energia elétrica com relação aos alunos:

- (     ) É calculada a energia consumida nos resistores;
- (     ) É calculada a energia consumida nos cabos das instalações elétricas;

5. Considerando circuitos elétricos

- (     ) É realizado o cálculo da resistência dos condutores (cabos elétricos);
- (     ) A instalação elétrica é convertida em circuito elétrico;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito paralelo;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito série;
- (     ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito misto;
- (     ) Nos circuitos de uma residência é considerada a resistência dos cabos;
- (     ) É calculada a queda de tensão nos cabos elétricos;
- (     ) São calculadas as perdas de energia nos cabos elétricos;
- (     ) Comenta a norma para dimensionamento dos circuitos NBR5410;
- (     ) A norma foi mencionada;
- (     ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo de proteção contra curto;

(        ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo contra sobrecorrente;

6. Quanto ao transformador é apresentada:

(        ) A relação de transformação;

(        ) As ligações e suas tensões monofásicas e bifásicas;

(        ) As leis do eletromagnetismo no seu funcionamento;

(        ) Como surgem as correntes no primário e secundário do transformador;

7. Considerando circuitos elétricos

(        ) É realizado o cálculo da resistência dos condutores (cabos elétricos);

(        ) A instalação elétrica é convertida em circuito elétrico;

(        ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito paralelo;

(        ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito série;

(        ) A instalação elétrica residencial é apresentada como um circuito misto;

(        ) Nos circuitos de uma residência é considerada a resistência dos cabos;

(        ) É calculada a queda de tensão nos cabos elétricos;

(        ) São calculadas as perdas de energia nos cabos elétricos;

(        ) Sabe da norma NBR5410 para dimensionamento dos circuitos?;

(        ) A norma foi mencionada aos alunos;

(        ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo de proteção contra curto;

(        ) O disjuntor é apresentado como um dispositivo contra sobrecorrente;

8. Quanto ao transformador, é apresentado aos alunos:

(        ) Sua relação de transformação;

(        ) As ligações e suas tensões monofásicas e bifásicas;

(        ) As leis do eletromagnetismo no seu funcionamento;

(     ) Como surgem as correntes no primário e secundário do transformador;

9. Quanto ao curto-circuito;

- (     ) É apresentado aos alunos;
- (     ) São consideradas as resistências dos cabos;
- (     ) A calculada ou considerada finita;

10. Quanto ao choque Elétrico;

- (     ) É discutido o cabo neutro;
- (     ) É discutido o cabo terra;
- (     ) É discutida a malha de aterramento;
- (     ) É discutido um valor mínimo para a malha de terra;
- (     ) É discutido como um circuito elétrico;

11. Quanto ao para-raios;

- (     ) É apresentada sua instalação;
- (     ) Você tem conhecimento de uma norma sobre para-raios;
- (     ) Você apresenta essa norma aos alunos;

12. Quanto aos motores;

- (     ) É explicado seu funcionamento;
- (     ) São explicadas as leis da física no seu funcionamento;

13. Nos livros didáticos você encontra com facilidade os conteúdos acima mencionados?

14. Você comenta em sala de aula sobre que um circuito bem projetado leva a uma economia de energia?

15. Um texto nesse sentido seria importante?

16. Você gostaria de ter um material com esse conteúdo?

### 3.1 NÚCLEOS QUE PARTICIPARAM

As respostas vieram dos núcleos de:

Tabela 12: Núcleos Regionais de Ensino cujos colégios participaram da pesquisa:

Núcleos	N. de respostas
Londrina	21
Apucarana	12
Ivaiporã	1
Maringá	4
Campo Mourão	2
Estado de São Paulo	1

### 3.2 AS CIDADES QUE PARTICIPARAM

Tabela 13: Cidades que tiveram colégios participantes da pesquisa:

Núcleo	Cidades
Apucarana	Apucarana , Arapongas, Marilândia do Sul , Jandaia do Sul
Campo Mourão	Campo Mourão , Farol .
Londrina	Londrina , Ibitiporã , Cambé , Jaguapitã, Miraselva, Guaraci , Centenário do Sul.
Maringá	Colorado , Santo Inácio
Ivaiporã	Ivaiporã
Estado de São Paulo	Caiabu

### 3.3 RESPOSTAS DOS PROFESSORES

#### 1. Quanto ao Conteúdo no 3º ano do Ensino Médio:

Tabela 14: Conteúdos encontrados nas respostas dos professores que participaram da pesquisa

Conteúdo	Quantidade de Respostas relacionadas ao conteúdo	de	Porcentagem com relação às respostas encontradas - 41	Porcentagem com relação ao total de respostas - 41
Corrente Elétrica	41		100	100
Potência Elétrica	41		100	100
Energia Elétrica	40		97.6	97.6
Resistores	41		100	100
Circuitos Elétricos	41		100	100
Para-raios	28		66.7	66.7
Curto-circuito	30		73.2	73.2
Instalação Elétrica	20		48.8	48.8
Motor Elétrico	25		61	61
Transformador	22		53.7	53.7

#### 2 Segue algum livro no 3º ano do ensino médio

Essa resposta trouxeram os seguintes livros didáticos:

- Guimarães e Piqueira -1 resposta
- Bonjorno- 4 respostas
- Física em contexto – 1 resposta
- Ciências e Tecnologia – 1 resposta
- Interação e tecnologia- 3 resposta
- Aula por aula – 3 resposta
- Paraná – 1 resposta
- Beatriz e Alvarenga – 1 resposta
- Apostilas- 3 respostas

- Conexões com a Física – 3 resposta
- Não um único livro – 5 respostas

#### 4. Quanto à Corrente Elétrica

Tabela 15: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Corrente Elétrica:

Conteúdo: Corrente elétrica	Quantidade de Respostas	Porcentagem com relação numero de prof. que sobre o item -41	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores - 41
É apresenta a Corrente Contínua	41	100	100
É apresentada a Corrente Alternada	34	82.9	82.9
Você tem conhecimento sobre valor eficaz da corrente elétrica	15	36.6	36.6
É apresentado o valor eficaz da corrente	7	17.1	17.1

## 5. Quanto à Tensão Elétrica, com relação aos alunos:

Tabela 16: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Tensão Elétrica

Conteúdo: Tensão Elétrica	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	de ao prof. que responderam sobre o item -40	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É apresentada a Tensão Contínua	36	90	87.8
É apresentada a Tensão Alternada	26	65	63.4
Você tem conhecimento sobre o valor eficaz da tensão elétrica	16	40	39
É apresentado o valor eficaz da corrente alternada	9	22.5	21.9
A tensão nas residências é apresentada como monofásica	25	62.5	61
A tensão nas residências é apresentada como bifásica	24	60	58.5
A tensão elétrica é apresentada como trifásica	12	30	29.3
A tensão é apresentada como monofásica de 110V	17	42.5	41.4
A tensão é Apresentada como monofásica de 127V	31	77.5	75.6

## 6. Quanto a Energia Elétrica, com relação aos alunos:

Tabela 17: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Energia Elétrica:

Conteúdo: Energia Elétrica	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao número de prof. que responderam sobre o item -38	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É calculada a Energia Elétrica consumida nos resistores	37	97.4	90.2
É calculada a Energia Elétrica consumida nos condutores elétricos	7	18.4	17

## 7. Considerando Circuitos Elétricos

Tabela 18: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Circuitos Elétricos:

Conteúdo: Circuitos Elétricos	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	de ao prof. que responderam sobre o item -41	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É realizado o cálculo da resistência nos condutores	24	58,5	58.5
A instalação é convertida em circuito elétrico	22	53.7	53.7
Inst. Residencial é apresentada como circuito Paralelo.	30	73.2	73.2
Inst. Residencial é apresentada como circuito Série.	7	17.1	17.1
Inst. Residencial é apresentada como circuito Misto.	12	29.3	29.3
Nos circuitos das residências são considerados os cabos elétricos	7	17.1	17.1
È calculada a queda de tensão elétrica nos cabos elétricos	5	12.2	12.2
Você sabe da existência da NBR-5410	8	19.5	19.5
A NBR-5410 é apresentada aos alunos	0	0	0
O disjuntor é apresentado para curto-circuito	21	51.2	51.2
O disjuntor é apresentado para sobrecorrente	22	53.7	53.7

## 8. Quanto ao Transformador é apresentado aos alunos:

Tabela 19: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação a transformador:

Conteúdo: Transformador	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -33	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É apresentada a relação de transformação	29	87.9	70.7
As ligações e tensões	11	33.3	26.8
As leis do eletromagnetismo envolvidas	20	60.6	48.8
Como surgem as correntes no primário e secundário	13	39.4	31.7

## 9. Quanto ao Curto-circuito em relação aos alunos:

Tabela 20: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Curto-circuito:

Conteúdo: Curto-Circuito	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -34	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É apresentado aos alunos	33	97.1	80.5
São consideradas as resistências dos cabos	6	17.6	14.6
É calculada a corrente ou considerada finita	3	8.8	7.3

## 10. Quanto ao Choque elétrico em relação aos alunos:

Tabela 21: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Choque Elétrico:

Conteúdo: Choque Elétrico	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	de Prof. que responderam sobre o item -38	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É discutido o cabo neutro	21	55.3	51.2
É discutido o cabo terra	31	81.6	75.6
É discutida a malha de terra	9	23.7	21.9
É discutido um valor mínimo para a resistência da malha de terra	2	5.3	4.8
É discutido como um circuito	12	31.6	29.2

## 11. Quanto ao para-raios em relação aos alunos

Tabela 22 : Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Para-raios:

Conteúdo: Para-raios	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	de Prof. que responderam sobre o item -38	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É apresentada a instalação	25	96.2	61
Comenta sobre a norma	8	30.8	19.5
É apresentada a norma aos estudantes	4	15.4	9.7

## 12. Quanto aos Motores em relação aos alunos:

Tabela 23: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à Motores:

Conteúdo: Motores	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -29	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
É explicado o seu funcionamento	27	93.1	65.8
É explicado as leis no seu funcionamento	18	62,1	43.9

13 - Nos livros didáticos, você encontra com facilidade os conteúdos, acima mencionados?

Tabela 24: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à facilidade de encontrar os conteúdos pesquisados:

Conteúdo	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -41	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
Sim	13	31.7	31.7
Não	18	43.9	43.9
Parcialmente	10	24.3	24.3

14 - Você comenta em sala de aula que um circuito bem projetado leva a uma economia de energia?

Tabela 25: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação ao circuito projetado e economia de energia:

Conteúdo	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -41	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
Sim	30	73.1	73.1
Não	7	17.1	17.1
Parcialmente	4	9.7	9.7

## 15. Um Estudo nesse sentido seria importante:

Tabela 26: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à importância de um trabalho com relação à esses conteúdos:

Conteúdo	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -40	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
Sim	37	92.5	90.2
Não	2	5	4.9
Parcialmente	1	2.5	2.4

## 16. Você gostaria de ter um material com esse conteúdo:

Tabela 27: Quantidade de respostas dada pelos professores com relação à elaboração de um material com esses conteúdos:

Conteúdo	Quantidade de Respostas relacionadas ao item	Porcentagem com relação ao numero de prof. que responderam sobre o item -40	Porcentagem com relação ao total de respostas dos professores-41
Sim	38	95	92.7
Não	2	5	12.2

#### 4. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS PROFESSORES

Todos os professores trabalham com corrente elétrica, potência elétrica, resistores elétricos e circuitos elétricos, apenas um dos professores não calcula a energia elétrica com os alunos. Referente aos para-raios, 69% dos professores trabalham com os alunos. 73.8% trabalham com curto-circuito, 50% com instalações elétricas, 61.9% com motores elétricos e 54.8% com transformadores. Auxiliar o professor em todos os assuntos acima é o objetivo desse material e, analisando as respostas notamos alguns pontos para refletir sobre a resposta e sobre como é trabalhado o conteúdo.

Abaixo são consideradas algumas respostas encaminhadas pelos professores e suas considerações:

Resposta 1 : Apresenta a tensão eficaz, no entanto, não comenta as tensões monofásica e nem bifásica.

Consideração: Seria possível falar de tensão eficaz sem falar de monofásica ou bifásica.

Resposta 2 : A instalação elétrica de uma residência é apresentada como paralela, porém, considera nos circuitos as resistências dos cabos.

Consideração: Se considerar os cabos não é possível o circuito ser paralelo, teria que ser misto.

Resposta 3 : Apresenta o circuito como misto mas não considera os cabos, calcula o curto-circuito mas, não considera as resistências dos cabos e mesmo assim considera a corrente finita.

Consideração: Se o circuito for misto, tem que ser considerado os cabos, se calcula o curto circuito tem que considerar os cabos.

Resposta 4 : Apresenta as ligações trifásicas no transformador, contudo, trata a tensão monofásica como 110V.

Consideração: A tensão monofásica no Paraná é 127V.

Resposta 5: Afirma que conhece o valor eficaz da tensão , todavia , não apresenta aos alunos.

Consideração: Em alguns minutos é possível falar do valor eficaz da tensão.

Resposta 6 : Não apresenta corrente alternada e tensão alternada mas, fala de tensão 110V e 127V.

Consideração: Não tem como falar de 110V e 127V e não comentar de corrente alternada.

Resposta 7 : No caso de um choque não comenta sobre o cabo neutro e o cabo terra , porém, trata como um circuito.

Consideração: Somente deve considerar a resistência do corpo humano. Apesar de ser uma boa aproximação no valor da resistência é uma boa oportunidade para falar do neutro e do terra.

Resposta 8 :A tensão monofásica é tratada como 110V e 127V .

Consideração: Não deixar claro os tipos de ligações dos enrolamentos dos transformadores e se as instalações são rurais ou urbana.

Resposta 9 : Fala de norma mas não fala de instalação elétrica com os alunos.

Consideração: Ao falar da norma é natural falar das instalações elétricas.

Resposta 10: Apresenta as ligações residenciais como bifásicas e trifásicas.

Considerações: Para falar de tensões bifásicas deve falar da monofásica. Além de que as instalações monofásicas são a maioria no Paraná .

Resposta 11: Discute a instalação de para-raios, porém, não comenta a norma.

Considerações: Para falar da instalação de para-raios, sem falar da norma, somente vai passar informações incompletas ou erradas.

Resposta12: Discute transformador, porém não fala da relação de transformação.

Consideração: Ao falar das tensões tem que falar das relações de transformação.

Resposta 13: Não tem conhecimento do valor eficaz da corrente, contudo, apresenta aos alunos .

Consideração: O curioso é falar de algo que não conhece.

Resposta 14: considerar o disjuntor somente para curto ou para sobrecorrente.

Considerações: O disjuntor tem o dispositivo eletromagnético e o de lâminas bimetalicas para uma corrente maior num caso de um curto com corrente maior e o de lâminas para correntes menores.

Resposta 15: Apresenta transformador, no entanto, não apresenta a tensão alternada.

Considerações: Ao falar de transformador fala-se de corrente e tensão elétrica alternada, pois, o transformador só funciona pela corrente alternada.

Resposta 16: Apresenta o valor eficaz da corrente, mas não apresenta a tensão alternada.

Considerações: A tensão de valor eficaz está relacionada à tensão alternada.

Trinta e nove dos quarenta e dois professores responderam sobre livros didáticos, sendo que 27 (69.2%) usam livros didáticos, 2 (5.1%) usam apostila e 10 (25.6%) não usam livros nem apostilas .

#### 4.1 COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DOS PROFESSORES E A PESQUISA NOS LIVROS

Tabela 28: Relação dos livros analisados e os utilizados pelos professores

Titulo	Autor	Editora	Analisa do	Utilizado prof	N. de vezes
Física	Gualter e André	Saraiva	Sim	Não	
Conexões com Física	Sant’anna, Martini, Reis, Spineli	Moderna	Sim	Sim	3
Física	Obra Coletiva	SM	Sim	Não	
Física em contextos	Pietrocola, Pogibin, Andrade e Romero.	FTD	Sim	Sim	1
Curso de Física	Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga	Scipione	Sim	Sim	1
Física	Wilson Carron, Osvaldo Guimarães.	Moderna	Sim	Não	
Quanta Física	Carlos A. Kantor, Menezes, Paoliello jr,	PD	Sim	Não	
Física Aula por Aula	Claudio Xavier e Benigno Barreto	FTD	Sim	Sim	3
Física Ciência e Tecnologia	Torres, Ferraro, Soares e Penteado.	Moderna	Sim	Sim	1
Física	Gualter, Newton, Helou	Saraiva	Sim	Não	
Imagens da Física	Ugo Amaldi	Scipione	Sim	Não	
Física Para o Ensino Médio	Kazuhito e Fuke	Saraiva	Sim	Não	
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ática	Sim	Não	
Física	Guimarães, Piqueira, Carron	Ática	Sim	Sim	1
Física	Bonjorno, Clinton, Prado e Casemiro.	FTD	Sim	Sim	4
Física 3	Gref	Ed usp	Sim		

## **PRODUTO**

## 5. MALHA DE ATERRAMENTO

A malha de aterramento ou malha de terra é composta pela haste de aterramento e pelos cabos. Os principais objetivos de uma malha de aterramento são:

- Obter uma resistência de aterramento, a mais baixa possível, para correntes de falta a terra;
- Manter os potenciais produzidos pelas correntes de falta, dentro de um limite de segurança, de modo a não causar fibrilação no coração;
- Fazer com que os equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas a terra.
- Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas.
- Escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos.

Existem várias maneiras para aterrar um sistema elétrico. (KINDERMANN & CAMPAGNOLO, 1995).

A resistividade do solo depende do tipo de solo, conforme a tabela do tipo de solo com a resistividade.

Tabela 29: Resistividade do solo ( Aterramento Elétrico - Kindermann-1995)

Lama	5 a 100
Terra de jardim com 50% de umidade	140
Terra de jardim com 20% de umidade	480
Argila seca	1500 a 5000
Argila com 40% de umidade	80
Argila com 20% de umidade	330
Areia molhada	1300
Areia seca	3000 a 8000
Calcário compacto	1000 a 5000
Granito	1500 a 10000

O melhor tipo de aterramento é o da malha de terra, com várias hastes aterradas em configuração triângulos quadrados ou círculos.

Segundo Kindermann e Campagnolo (1995) a resistência de uma haste, cravada verticalmente em um solo homogêneo, pode ser calculada pela equação: haste de 3m.

$R_{haste} = \rho_s / 2\pi L \cdot \ln(4L/d)$ , onde :

$\rho_s$  – resistividade do solo

L – comprimento da haste

d- diâmetro da haste

Se considerarmos uma haste de 2.4m e diâmetro de 15 mm, e uma resistividade do solo de  $100\Omega \cdot m$ , teremos uma resistência de  $43\Omega$ .



Fig.01- Haste de cobre com conector

A interligação de hastes em paralelo, não resulta em uma ligação paralela como estamos acostumados.

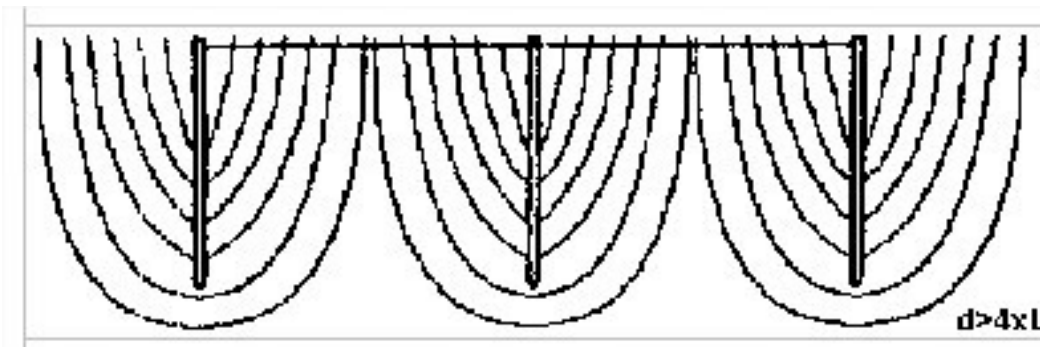


Fig.02- Dissipação da corrente em uma malha de terra



Fig.03-Conexão cabo haste em uma malha de terra

Por isso a resistência equivalente será:

$R_{malha} = K \cdot R_{haste}$ , onde  $k$  é a reação da resistência da haste com o número de hastes e é tabelado. Para 3m de espaçamento entre as hastes conforme abaixo:

Tabela 30: Número de haste de aterramento com o valor de  $K$  do solo ( Aterramento Elétrico - Kindermann-1995)

Número de hastes	Valor de k
2	0,557
3	0,397
4	0,313
5	0,260
6	0,223
7	0,196
8	0,176
9	0,159

Para uma ligação em triângulo, o valor da constante  $k$  terá valor igual a 0.45 para 3m de espaçamento.

A malha é muito importante para a proteção de um sistema de aterramento. Por isso, não deve ser difundida a ideia de que uma haste apenas é suficiente para a proteção contra um choque elétrico, pois, uma haste apenas geralmente resulta em uma resistência de terra de aproximadamente  $40\Omega$ , quando devemos ter uma resistência de terra a mais baixa possível.

## 6. PARA-RAIOS

Muita gente pensa que a instalação de para-raios é muito simples, que é somente colocar um captor no teto de uma casa ou comércio, colocar um cabo de descida e colocar uma haste de aterramento no solo, mas muito pelo contrário, a instalação de um para-raios ou sistema dele é muito mais complicada, sendo que existe uma norma para tal. A instalação de um sistema de para-raios exige quatro itens básicos:

- Captor;
- Cabos de descidas;
- Malha de aterramento;
- Área de proteção;

A instalação completa é muito complexa, estudaremos aqui, aspectos básicos da norma NBR 5419.

### 6.1 CAPTOR

Os captores de um sistema de para-raios podem ser hastes, condutores ou até mesmo a estrutura da construção, se for de alvenaria. O captor ou captores devem ser colocados de maneira que obtenha como volume de proteção toda a construção, para isso, são utilizados alguns métodos para projeto de para-raios :



Fig.04- Captor Franklin



Fig.05-Captor Franklin com cabo de descida de isoladores



Fig.06. Fita metálica como captor



Fig.07- Sistema de SPDA com captor

Fig.08- Captor para malha de SPDA com cabos em malha de SPDA

franklin e cabos em forma de malha



- Método Franklin;
- Método eletromagnético;
- Método Faraday;

## 6.2 OS MÉTODOS DE PROTEÇÃO

Os diferentes métodos de proteção são, na verdade, diferentes maneiras de se captar os raios, visto que as descidas e o aterramento permanecem os mesmos. Temos então, dois princípios de captação; um deles, utilizado pelos métodos Franklin e eletromagnético, utiliza-se de condutores metálicos verticais (para-raios) ou horizontalmente suspensos formando uma malha sobre a estrutura. (LEITE; LEITE, 2001).

Os métodos Franklin e Eletrogeométrico diferem quanto ao modelo matemático utilizado: O Franklin é baseado apenas em observações, enquanto o eletrogeométrico utiliza um modelamento estudado e comprovado. A tendência é ficar somente o eletrogeométrico. (LEITE; LEITE, 2001).

### 6.2.1. MÉTODO FRANKLIN

O método Franklin basicamente é uma haste vertical que forma um cone sobre o volume de proteção, sob um determinado ângulo. O ângulo de proteção varia de 25° (proteção mais rigorosa) até 55° (proteção menos rigorosa), para edifícios abaixo de 20m. Conforme o exemplo abaixo:

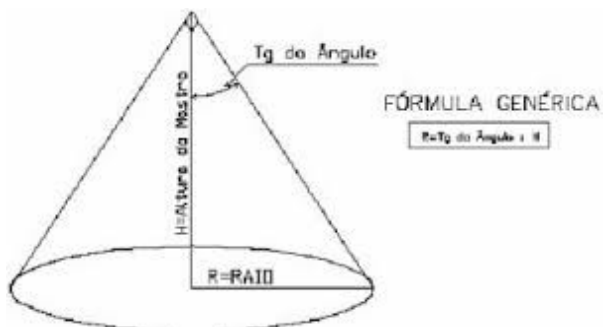


Fig. 09-Cone de Proteção Método Franklin

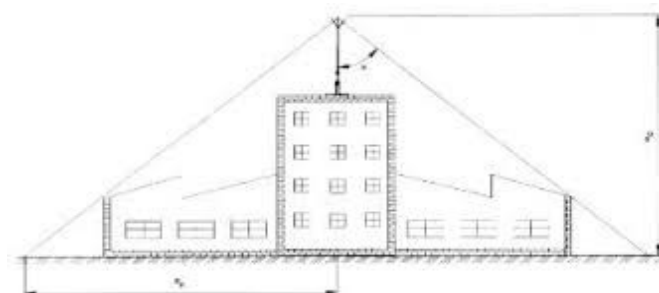


Fig. 10- Ângulo de Proteção Método Franklin

### 6.2.2. GAIOLA DE FARADAY

Na Gaiola de Faraday a proteção é feita por cabos horizontais em formato de malha, cuja distância entre os cabos vão desde 5m até 20m de afastamento.

### 6.2.3. MÉTODO ELETROGEOMÉTRICO

Consiste na instalação de uma haste, onde o volume de proteção será determinado por uma esfera fictícia, cujo raio varia de 20m até 60m, para menor que 20m.

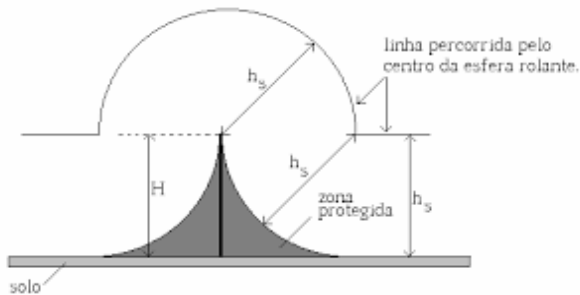


Fig.11- Área de Proteção Método Eletrogeométrico

### 6.3. CAPTORES NATURAIS

Pode-se utilizar captosres naturais, que seria um condutor com alguma parte exposto externamente.

### 6.4. CABOS DE DESCIDA

Após efetuar a captação do raio deveremos observar a descida do cabo. A descida pode ser feita por condutores naturais, provavelmente interligados aos captosres naturais. Os condutores de descida devem ser o mais curto possível.

A distância entre descidas não pode ser maior que 10 ou menor que 25 dependendo do nível de proteção escolhido. O cabo mínimo utilizado na descida deve ser de #16 para cobre e #25 para alumínio.

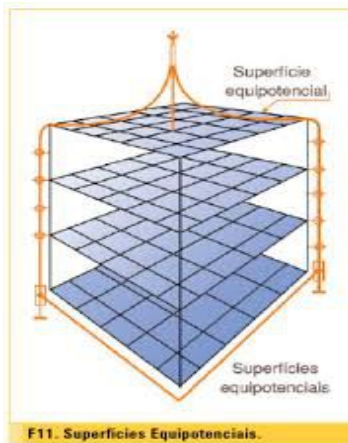


Fig. 12- Descidas de Aterramento



Fig.13- Descida de aterramento com fixação na estrutura

## 6.5 MALHA DE ATERRAMENTO

Depois da descida temos a malha de aterramento, que é recomendado uma resistência de terra de no máximo  $10 \Omega$  (devendo ser o mais baixa possível). Os cabos utilizados serão #16 para cobre e #25 para alumínio.



Fig.14 -Malha de terra em triangulo

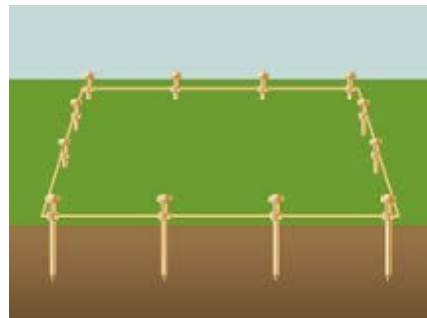


Fig.15- Malha de terra quadrada

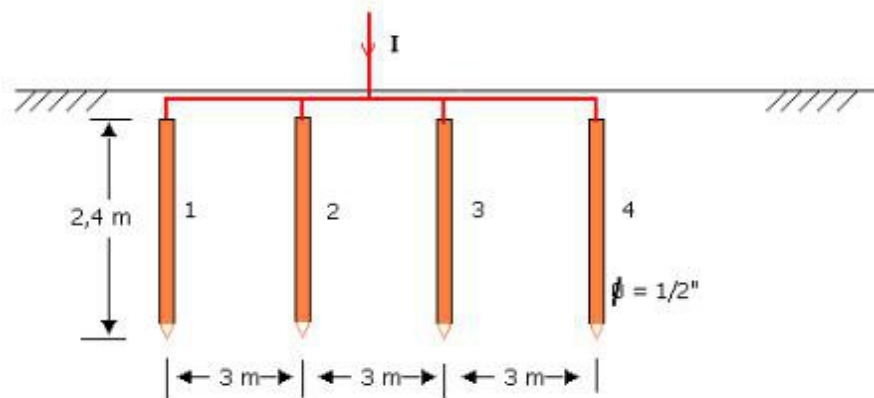


Fig. 16- Malha de terra em linha

## 7. DISJUNTOR

O disjuntor é um dispositivo de proteção e manobra de um circuito elétrico. O disjuntor tem o objetivo de proteger o circuito contra sobrecorrente e curto-circuito. O disjuntor pode ser monofásico, bifásico ou trifásico.



Fig.17- Disjuntores Mono, Bi e trifasicos.

O disjuntor protege de uma sobrecorrente por um mecanismo que atua por dilatação de uma barra bimetálica que no passar da corrente se aquece e dilata. Ao atingir o valor projetado, desarma o disjuntor, por corrente de curto-circuito atua um mecanismo que é acionado quando uma corrente pré-determinada, no projeto do disjuntor, passa pelas bobinas, localizadas no disjuntor, gerando um campo magnético que o faz desarmar.

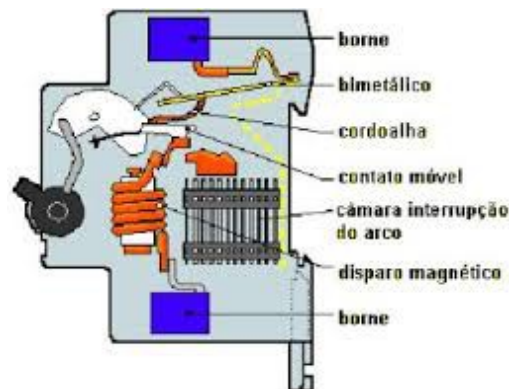


Fig. 18- Haste bimetálica e bobina do disjuntor

## 8. TRANSFORMANDO SITUAÇÕES DO COTIDIANO EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

Vamos analisar em forma de circuito os seguintes casos:

### 8.1 UM CURTO-CIRCUITO

Um curto-circuito pode ser monofásico, bifásico ou trifásico, se for monofásico será entre fase e terra (neutro ou terra malha de terra) e pode ser ainda bifásica ou trifásica e terra. O circuito mais comum é curto-circuito monofásico e que será analisado aqui.

Um curto-circuito pode ser representado por um circuito normamente, que possui uma fonte e os resistores. O circuito equivalente de um curto-circuito é um circuito série com as tensões do transformador e todas as resistências dos cabos envolvidos. A fonte de tensão será a tensão gerada no transformador no poste de rua, e os resistores serão a resistência dos cabos do transformador até o curto.

A tensão gerada nos transformadores do Paraná é de 127V. As resistências dos cabos seriam; dos cabos da rua até o poste em que está o relógio, e do poste de entrada até o ponto de curto. Podemos considerar dois casos: Curto Fase Neutro e Curto Fase Terra.

#### 8.1.1. CURTO FASE NEUTRO

Nesse curto não é utilizado o aterramento, pois, é um curto entre a fase e o cabo neutro, conforme o desenho:

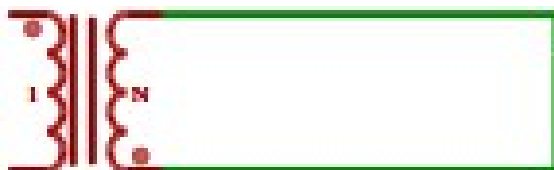


Fig.19 – Curto-circuito Fase Neutro

Obtenção das resistências dos cabos:

As resistências dos cabos variam conforme sua distância: Vamos supor para esse caso, que uma distância entre o transformador e a residência muito pequena em torno de 12m e um cabo #10.

Vamos considerar do poste de entrada até um quadro de distribuição de 15m de cabo #10, e do quadro de distribuição até o ponto de curto 5m #2.5. Então, a resistência total seria 24m (ida e volta do cabo) #10+30m (ida e volta do cabo) #10 +10m (ida e volta do cabo) #2.5. Segundo a tabela dos cabos:

Tabela 31: Resistência e reatância de cabos 750V para instalação elétrica

Cabos Noflam Antichama BWF 750V							Cabos Vinil 0,6/1 kV							
Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Cabos em trifólio		Cabos espaçados de 1 diâmetro		Cabos contíguos		Cabos em trifólio		Cabo tripolar		Cabos espaçados de 1 diâmetro		Cabos contíguos	
	Rca	XI	Rca	XI	Rca	XI	Rca	XI	Rca	XI	Rca	XI	Rca	XI
1,5	14,4777	0,128	14,4777	0,198	14,4777	0,146	14,4777	0,171	14,4777	0,125	14,4777	0,241	14,4777	0,189
2,5	8,8661	0,122	8,8661	0,192	8,8661	0,140	8,8661	0,159	8,8661	0,121	8,8661	0,229	8,8661	0,176
4	5,5159	0,116	5,5159	0,185	5,5159	0,133	5,5159	0,153	5,5159	0,120	5,5159	0,222	5,5159	0,170
6	3,6853	0,110	3,6853	0,180	3,6853	0,128	3,6853	0,143	3,6853	0,114	3,6853	0,212	3,6853	0,160
10	2,1897	0,107	2,1897	0,177	2,1897	0,125	2,1897	0,129	2,1898	0,104	2,1897	0,199	2,1897	0,146
16	1,3762	0,101	1,3761	0,171	1,3761	0,118	1,3762	0,120	1,3763	0,098	1,3761	0,190	1,3761	0,137
25	0,8703	0,103	0,8700	0,173	0,8701	0,121	0,8702	0,118	0,8703	0,097	0,8700	0,188	0,8701	0,136
35	0,6276	0,099	0,6272	0,169	0,6274	0,116	0,6274	0,113	0,6276	0,094	0,6272	0,182	0,6273	0,130
50	0,4639	0,098	0,4634	0,168	0,4636	0,116	0,4637	0,113	0,4639	0,094	0,4634	0,183	0,4635	0,130
70	0,3220	0,093	0,3212	0,163	0,3215	0,111	0,3217	0,107	0,3220	0,090	0,3211	0,176	0,3213	0,124
95	0,2327	0,094	0,2316	0,164	0,2321	0,112	0,2324	0,105	0,2329	0,090	0,2316	0,175	0,2319	0,123
120	0,1854	0,092	0,1840	0,161	0,1845	0,109	0,1850	0,102	0,1856	0,088	0,1839	0,172	0,1843	0,120
150	0,1513	0,091	0,1495	0,161	0,1502	0,108	0,1507	0,102	0,1514	0,088	0,1494	0,172	0,1499	0,120
185	0,1221	0,092	0,1200	0,161	0,1208	0,109	0,1215	0,102	0,1224	0,088	0,1199	0,171	0,1205	0,119
240	0,0949	0,090	0,0920	0,160	0,0932	0,108	0,0940	0,101	0,0952	0,087	0,0919	0,171	0,0928	0,118
300	0,0777	0,090	0,0742	0,160	0,0755	0,108	0,0767	0,099	-	-	0,0740	0,169	0,0751	0,117
400	0,0634	0,089	0,0591	0,159	0,0608	0,106	0,0624	0,097	-	-	0,0589	0,167	0,0603	0,115
500	0,0526	0,088	0,0473	0,158	0,0494	0,106	0,0513	0,097	-	-	0,0471	0,166	0,0488	0,114

Nota: • valores de XI expressos em W/km • valores de Rca expressos em W/km a 70°C

#10 – 2.189mΩ/m

#2.5 – 8.866mΩ/m. Então, a resistência do circuito será:

$$R = 24 \times 2.189 + 30 \times 2.189 + 10 \times 8.866 \text{ m}\Omega = 206.87 \text{ m}\Omega = 0.207 \Omega$$

$$R = 52.536 \text{ m} + 65.67 \text{ m} + 88.66 \text{ m} = 0.207$$

Vamos considerar que o transformador da rua seja de 75KVA. A sua resistência interna será de 29,30mΩ=0.029, conforme catálogo FICAP. O circuito seria:



Fig. 20- Circuito do curto Fase Neutro

A corrente, usando a lei de ohm  $U=RI$ , será  $I = 127/0.236=538A$ . Sendo assim, a corrente de curto nesse caso não seria infinita, muito pelo contrário, seria de 538A.

### 8.1.2. CURTO FASE TERRA

Nesse caso não terá o retorno pelo neutro, mas sim pelo cabo terra e pelo aterramento, conforme o desenho abaixo. Veremos a importância do valor mínimo da resistência de terra.

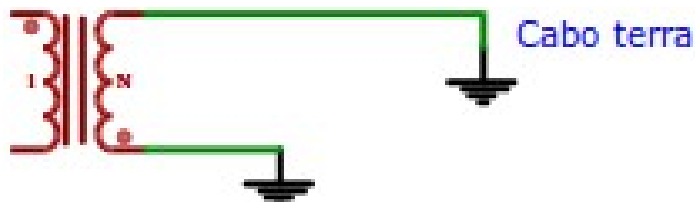


Fig. 21 – Curto Fase Terra

Vamos considerar os mesmos 12m e 15m para os cabos de entrada #10. Vamos considerar 5m para cabo neutro e 5m para o cabo terra e uma malha de terra de  $5\Omega$ .

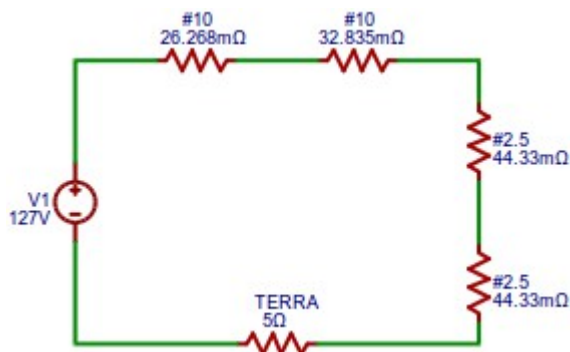


Fig.22- Circuito Fase Terra

Então a resistência total será de:

$$R = 12 \times 2.189 \text{ m}\Omega + 15 \times 2.189 \text{ m}\Omega + 5 \times 8.866 \text{ m}\Omega + 5.8.866 \text{ m}\Omega + 5 \Omega$$

$$R = 5.147 \Omega$$

A resistência interna do trafo é de  $0.029 \Omega$ , então, a resistência total será de aproximadamente  $5.18 \Omega$ , e a corrente de curto será de  $24.5^{\text{a}}$ , o que é uma corrente muito pequena para um curto. Supondo uma resistência de terra de  $1 \Omega$ , teríamos uma resistência total de  $1.147 \Omega$  e a corrente de curto  $110 \text{ A}$ . Verificamos que a resistência da malha de terra tem uma influência muito grande no cálculo da corrente de curto.

## 8.2 CHOQUE ELÉTRICO

O choque ocorre quando o corpo é submetido a uma tensão elétrica, novamente é possível converter essa situação em um circuito e calcular qual a corrente aproximada que percorrerá o corpo humano. Em consonância com Cotrim (2009) a resistência do corpo humano varia da seguinte maneira:

- Mão - pé –  $1000 \Omega$  à  $1500 \Omega$
- Mão - mão –  $1000 \Omega$  à  $1500 \Omega$
- Mão - tórax –  $450 \Omega$  à  $700 \Omega$

A resistência de um corpo não é constante, variando de pessoa a pessoa e, na mesma pessoa, de acordo com as condições fisiológicas e ambientais. As principais variáveis que influem no valor da resistência elétrica do corpo humano são as seguintes:

a) Estado da Pele: a maior parte da resistência do corpo está concentrada na pele, nos pontos de entrada e saída da corrente. A umidade diminui a resistência da pele; o suor piora ainda mais a situação. Se o contato com a parte da tensão ocorrer em um ponto onde a pele esteja cortada ou machucada, a resistência cai a valores muito baixos; ao contrário, se a pele está endurecida, então, aumenta a resistência.

b) Tipo de contato: a resistência depende logicamente do trajeto da corrente, que por sua vez, é determinado pelas partes do corpo entre as quais é aplicada a tensão, mão-mão, mão direita - pé esquerdo etc.

c) Superfície de contato: o aumento da área de contato com a parte sob tensão diminui a resistência do corpo.

d) Pressão de contato: quanto maior a pressão de contato menor a resistência.

e) Duração do contato: ao prolongar tempo de contato diminui a resistência.

f) Taxa de álcool no sangue: Verifica-se que uma elevada taxa de álcool no sangue, diminui a resistência elétrica do corpo.

g) Tensão de Contato: A resistência do corpo diminui com o aumento da tensão aplicada. (COTRIM, 2009).

### 8.2.1. DESENHANDO O CIRCUITO DO CHOQUE ELÉTRICO

Vamos considerar dois casos:

1. Um corpo tocando um fio fase desencapado em uma residência

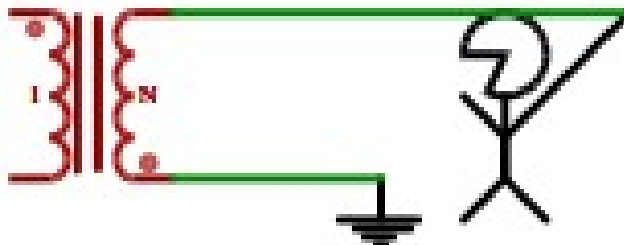


Fig.23- Corpo tocando condutor fase

O circuito terá os mesmos componentes do caso de um curto transformador, cabos, resistência de terra (considerar de  $20\Omega$ ), resistência do corpo (mão - pé  $1000\Omega$ ).

Vamos considerar, então, conforme o desenho abaixo:



Fig. 24- Circuito elétrico de um corpo tocando um fio fase

A resistência total seria =  $12 \times 2.189 + 15 \times 2.189 + 5 \times 8.866 + 1000 + 20 = 1123 \Omega$ . O valor da corrente seria, através de  $U=RI$ , então a corrente seria  $I=113\text{mA}$ . Segundo Cotrim (1993) essa corrente poderia causar a paralisia nos músculos do tórax, podendo causar danos. Considerando correntes alternadas com frequências na faixa de 15 a 100HZ, são os seguintes valores eficazes de corrente, que atravessando o corpo humano, provocam efeitos patológicos:

Tabela 32: Relação entre a intensidade da corrente e as consequências no corpo humano ( Cotrim Instalações elétricas - 1993)

De 0.1 a 0.5mA	Leve percepção superficial
De 0.5 a 10mA	Ligeira paralisia nos músculos do braço com princípio de tetanização, em geral, nenhum efeito fisiológico perigoso.
De 10 a 30mA	Nenhum efeito fisiológico perigoso se a corrente for interrompida em 5s.
De 30 a 500mA	Paralisia nos músculos do tórax com sensação de sufocamento e tontura, possibilidade de fibrilação cardíaca.
Acima de 500mA	Trauma cardíaco persistente; efeito letal, salvo com intervenção imediata de pessoal especializado com equipamento adequado.

Conforme a tabela, para não ocorrer nenhum efeito fisiológico perigoso, a corrente elétrica deveria ser de no máximo 30mA, então, a resistência total deverá ser de, usando  $U=RI$ ,  $4200 \Omega$ . Para isso, deveríamos ter uma resistência de terra no valor de  $2700 \Omega$ .

2. Corpo humano tocando um condutor em contato com a fase, e esse condutor estando em curto ao fio terra.

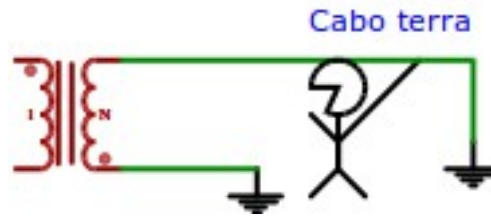


Fig.25-Corpo tocando Fio fase em contato com o terra

Nesse caso teremos um circuito paralelo entre o corpo e o cabo terra e a malha de terra. Conforme desenho abaixo:

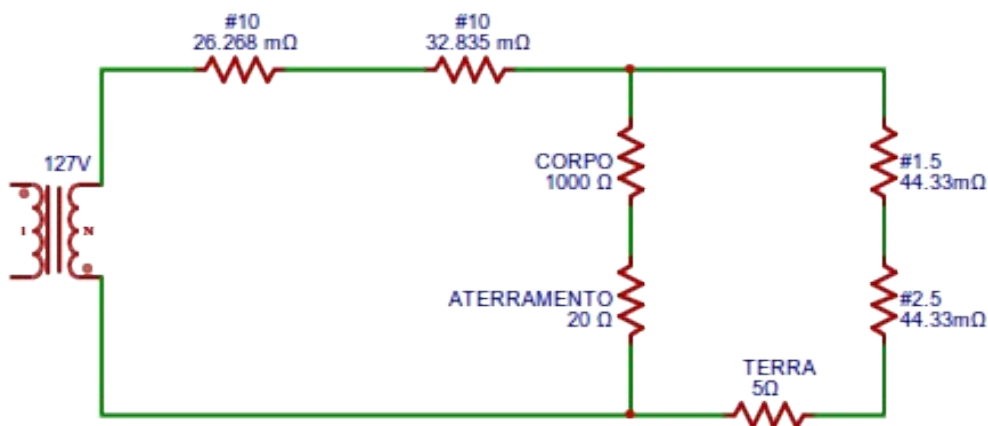


Fig.26-Circuito de um corpo tocando Fio fase em contato com o terra

Como é um circuito em paralelo e tensão constante no ponto de contato, uma corrente que percorrerá o corpo humano. Por isso, que a simples ligação do cabo terra e de um aterramento mal feito não protege o corpo de um choque.

No caso de um curto com uma malha de valor razoável, produziu uma corrente de 24.5A, se o disjuntor do circuito for 30A, somente para essa falta ele não vai desarmar, sendo assim é muito importante o uso adequado do cabo terra e cabo neutro.

### 8.3 COMO CONECTAR O TERRA E O NEUTRO

Para a proteção adequada, o cabo terra e o cabo neutro devem ser ligados conforme as figuras abaixo:

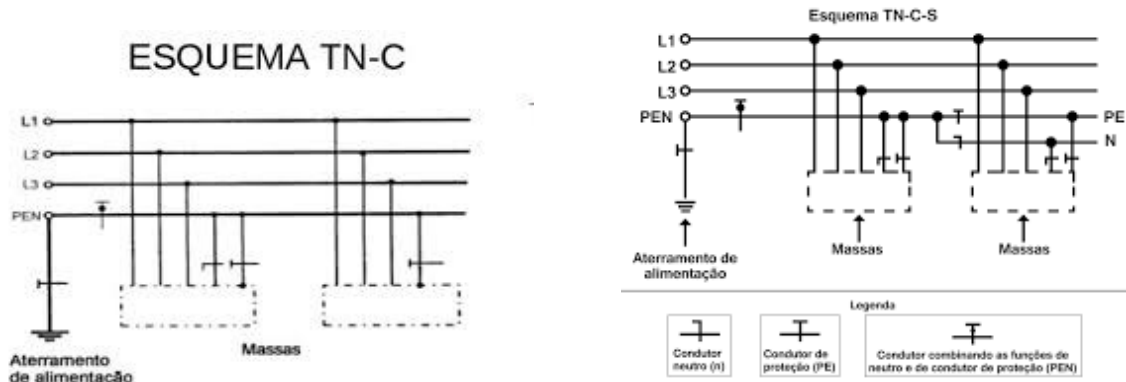


Fig.27 – Esquemas de ligações neutro e Terra – TN-C ( Terra e Neutro comum ) TN-C-S ( Terra e Neutro Separado)

### 8.4 TRANSFORMADORES

O transformador, por meio da indução eletromagnética, transfere energia (com perdas internas) entre dois lados do sistema de energia, mudando a tensão entre os lados.



Fig. 28- Transformador trifásico em instalação urbana

No ensino médio, os questionamentos mais frequentes com relação aos alunos e que merecem mais atenção dos professores são, quanto à tensão elétrica: se a tensão monofásica é 110V ou 127V e como é a ligação para a tensão bifásica

220V. Quanto ao funcionamento do transformador sobre a origem da corrente no transformador e a corrente, após ligarem os aparelhos.

#### 8.4.1 QUANDO A TENSÃO É 220V OU 127V?

A tensão elétrica depende do tipo de fabricação do transformador, ou seja, de como foram ligados os seus enrolamentos. No Paraná, as tensões são 127V para monofásico e 220V para bifásico, isso se deve ao fato de os enrolamentos no secundário do transformador ser ligado na forma estrela conforme desenho abaixo:

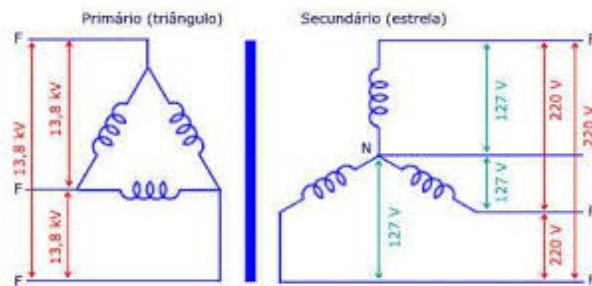


Fig. 29- Ligação estrela-triângulo 220/127V

A tensão de 220V é devido a  $127 \times \sqrt{2}$ , devido a defasagem de  $120^\circ$ . O transformador ligado em estrela tem quatro buchas (saídas), sendo três fases e um neutro. Cada fase pode ser A, B e C, o neutro, pegando duas buchas diferentes teremos uma tensão entre os pontos então as tensões serão:

- AN, BN, CN e AB, BC, CA.

As tensões AN, BN, CN têm valor de 127V, por ser alternada é escrita como :

- AN =  $127 \sin \omega t$ ;
- BN =  $127 \sin(\omega t + 120)$ ;
- CN =  $127 \sin(\omega t + 240)$ ;

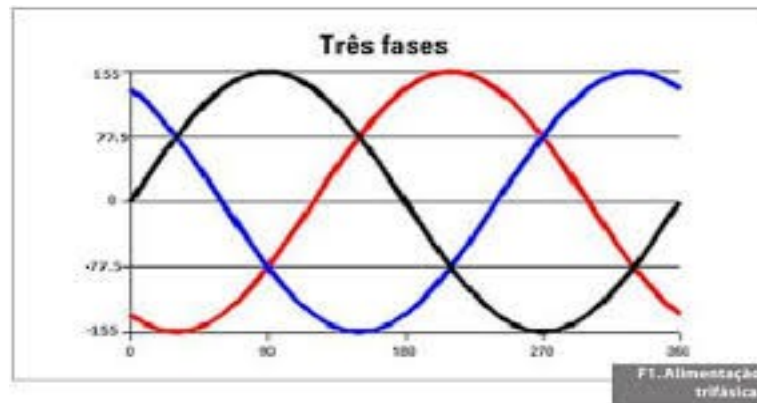


Fig.30- Defasagem de 120° entre as fases

Então a tensão AB será B-A, assim como as outras tensões de fase:

- $AB = 220\text{sen}(wt+30)$
- $BC = 220\text{sen}(wt+150)$
- $CA = 220\text{sen}(wt+270)$

As fases podem ser consideradas como fase 1, fase 2 e fase 3:

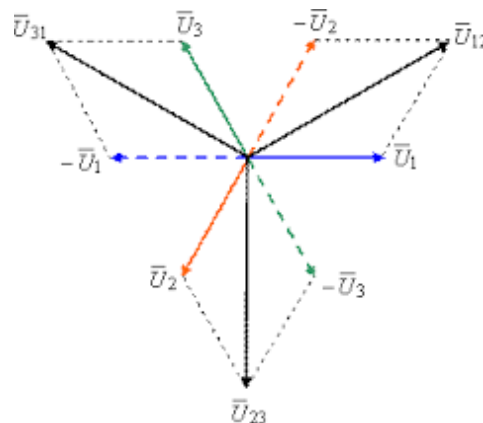


Fig. 31- Diagrama vetorial da defasagem entre as fases

Esse tipo de transformador é usado nas cidades, nas ruas e avenidas. Tem outro tipo de transformador utilizado na zona rural em que a saída tem três buchas (saídas), sendo duas fases e um neutro, as tensões nesses casos podem ser 110V e 220V ou 127V e 254V, nesses casos a tensão bifásica é a soma das monofásicas.



Fig. 32-Transformador em area rural

As tensões seriam:

- $AN = 110\text{senwt}$
- $BN = 110\text{sen}(wt+180)$
- Então a tensão AB será:
- $AB = A - B = 110\text{senwt} - (-110\text{senwt} \cdot 1) = 220\text{senwt}$

O tipo e a maneira do enrolamento é que dita o ângulo da fase ou da linha.

#### 8.4.2. COMO APARECEM AS CORRENTES NOS TERMINAIS DO TRANSFORMADOR

a) Transformador sem carga

Com o circuito secundário aberto não vai produzir uma corrente no secundário do transformador, somente uma tensão induzida. (lei de faraday).

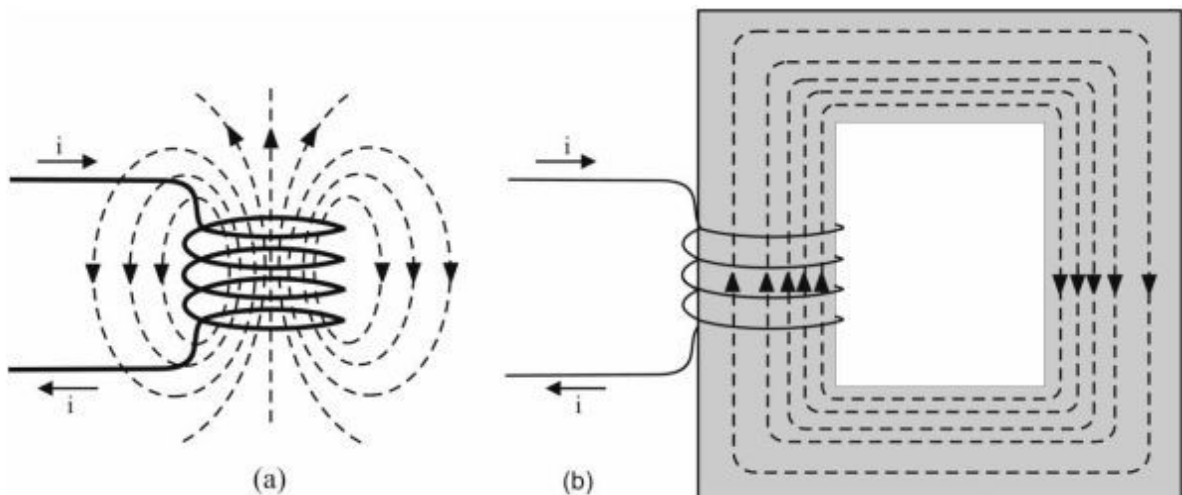


Fig. 33- Linhas de campo magnético em espira no ar (a) e no entreferro (b).

Ao ligarmos o transformador aparecerá uma corrente no primário do transformador. O fluxo magnético é alternado, e ao passar pela bobina, vai gerar uma tensão alternada induzida, na tentativa de produzir uma corrente que se oponha ao fluxo inicial. Essa corrente é chamada de corrente de excitação. O fluxo magnético vai percorrer o núcleo magnético e passará pela bobina do secundário, gerando na bobina do secundário uma tensão induzida também.

$v_1 = n_1 d\phi/dt = e_1$  e no secundário  $v_2 = n_2 d\phi/dt = e_2$  e temos a relação  $v_1/n_1 = v_2/n_2$  chamada relação de transformação.

#### b) Transformador com carga

O transformador possui  $n_1$  bobinas no primário e  $n_2$  bobinas no secundário considerando que todo o fluxo magnético fica no núcleo de ferro estaremos trabalhando com um transformador ideal.

Agora, considere que uma carga é ligada nos terminais do secundário, então, uma corrente  $i_2$  aparece no secundário do transformador. Ao passar a corrente  $i_2$  no secundário, vai variar o fluxo inicial do transformador, sendo assim, no primário deverá aparecer uma corrente que produzirá um fluxo que se opõe à variação do fluxo produzido por  $i_2$ . (lei de Lenz).

Então a corrente  $i_2 n_2 = i_1 n_1$  e chegamos em  $v_1 \cdot i_1 = v_2 \cdot i_2$  ( transformador ideal )

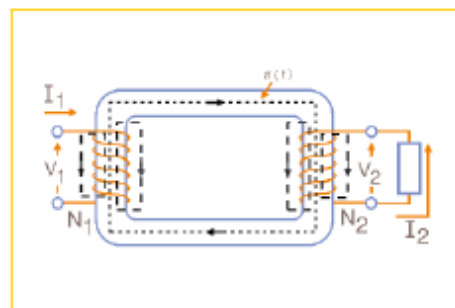


Fig.34- Esquema de um transformador com carga

A carga no secundário será igual à  $z_2 = v_2/i_2$ , mas  $v_2 = n_2 \cdot v_1/n_1$  e  $i_2 = i_1 \cdot n_1/n_2$ , trabalhando essas expressões podemos escrever:  $z_1 = z_2 (n_1/n_2)^2$ .

c) Circuito Equivalente do transformador ideal:

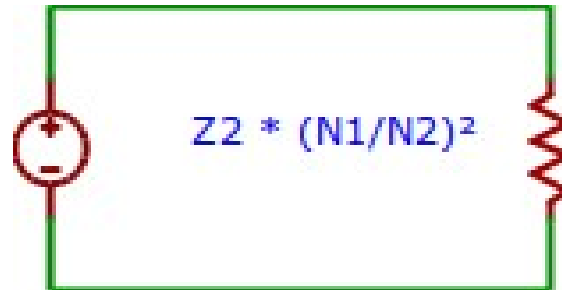


Fig.35-Circuito do circuito equivalente de um transformador ideal

## **9. Energia Elétrica: Instalação e Economia**

Existe atualmente uma grande preocupação com o consumo de energia elétrica no nosso país, muito se fala sobre o consumo nos aparelhos, lâmpadas e equipamentos de energia elétrica, porém, não discutimos o consumo de energia elétrica nos cabos de energia das instalações residenciais.

Este trabalho tem como objetivo estudar esse consumo de energia elétrica, que para muitos é chamado de perdas de energia dos cabos elétricos, também serão discutidos alguns conceitos de física.

### **9.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO**

Para o desenvolvimento de uma região e de um país é necessário geração de emprego com a instalação de indústrias e empresas, entretanto, para o funcionamento de indústrias é necessário que tenha o fornecimento de energia elétrica.

O sistema elétrico é composto por três partes: geração, transmissão e distribuição. A geração é feita por usinas (hidroelétrica, termoelétrica, nuclear no Brasil), a transmissão é realizada por linhas de transmissão (geralmente com cabos de alumínio) e a distribuição é a última parte até a nossa residência (com fios de alumínio). Após a distribuição temos a instalação residencial e industrial, geralmente, realizada com fios de cobre.

### **9.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A geração de energia elétrica é realizada por usinas hidroelétrica, termoelétrica e nuclear. Independente do tipo da usina na geração de energia, todas têm como finalidade a geração de campos magnéticos alternados para a obtenção de uma tensão elétrica alternada.

O gerador, geralmente, possui um rotor que vai ser girado pela energia das águas nas hidroelétrica e um estator, que é a parte fixa gerador.

O estator está ligado a uma rede de bateria para a geração de um campo magnético no estator. Quando o rotor gira, o campo magnético produzido no estator vai ser “cortado” pelo campo magnético do estator, ficando um campo magnético variável no rotor, produzindo uma tensão elétrica no estator. A tensão elétrica

produzida no estator é a origem da tensão elétrica no nosso sistema de energia elétrica.

A tensão gerada vai chegar aos transformadores de potência, chamados de transformadores elevadores, estes são utilizados para elevar a tensão elétrica para que o sistema de transmissão seja economicamente viável.

### **9.3 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

Ao contrário do que alguns imaginam o transformador de potência não serve para transformar potência, mas sim transformar tensão, mantendo a mesma frequência. O transformador de potência está relacionado com a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Graças ao transformador é que podemos transmitir energia elétrica em grandes distâncias. O transformador de energia é utilizado, também, na eletrônica e na telecomunicação. No sistema de geração, o transformador é utilizado para elevar a tensão elétrica da transmissão até a distribuição, e utilizado para abaixar a tensão elétrica para que tenhamos 127V e 220V nas nossas residências. A construção do transformador é relativamente simples, com todas as suas partes fixas, tendo duas bobinas chamadas de primária e secundária, e um núcleo de chapas de aço-silício. O funcionamento do transformador é explicado pelas leis da física em que um campo magnético alternado, ao passar por uma bobina elétrica, produz uma tensão elétrica alternada.

No Paraná, o transformador utilizado na distribuição de energia é de tensão 13.8kV para 220/127V na zona urbana e alguns casos na zona rural 110V/220V.

### **9.4 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Quando um país passa por um problema de crise energética, provavelmente, o maior problema está nas linhas de transmissão de energia elétrica. Transmissão de energia significa o transporte de energia elétrica gerada até os centros consumidores. Quando o consumo de energia de um país, estado, região ou município é aumentado deve ser aumentada também a capacidade de transmissão de energia elétrica e, conseqüentemente, melhoradas suas linhas de transmissão.

As linhas de transmissão de energia estão também na produção e distribuição de energia. O que transmite a energia elétrica são os cabos de energia elétrica,

porém, o que dá suporte para a transmissão são os eletrodutos, postes e estruturas metálicas.

As linhas de transmissão são linhas que operam com as tensões mais elevadas do sistema, tendo como principal função o transporte de energia entre a produção e os centros de consumo e, também, a interligação de sistemas de produção de energia, em geral, são terminadas em subestações abaixadoras regionais. As tensões geralmente são de 230KV até 500KV ou maiores.

As linhas de subtransmissão, frequentemente, operam com tensões menores (69KV, 138KV), geralmente iniciam nas subestações abaixadoras regionais e terminam nas subestações abaixadoras locais. Um estudo econômico vai decidir se deve usar na transmissão corrente contínua ou alternada, caso ocorra a opção pela corrente contínua, nas instalações, nas duas extremidades, deverá haver um conjunto retificador para converter a tensão alternada em contínua, e posteriormente de contínua para alternada. A transmissão em corrente contínua é para reduzir as perdas de energia elétrica.

## **9.5 COMPONENTES DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO**

Os elementos que compõem uma linha de transmissão são:

- Cabos condutores
- Isoladores
- Estruturas

### **9.5.1 CABOS CONDUTORES**

Condutor de energia é o meio pelo qual se transporta energia de um meio para outro. Os cabos devem ter as seguintes características:

- A maior condutibilidade possível, ou seja, menor resistência para perdas de energia elétrica;
- Baixo custo financeiro, pois, ocupam boa parte do investimento total da linha de transmissão;
- Boa resistência mecânica, para suportar as trações e garantir a continuidade do serviço;
- Baixo peso específico, pois, as estruturas deverão suportar os esforços mecânicos transmitidos pelos cabos, seu peso

seria um deles, e quanto menor o peso específico menor a robustez da estrutura;

- Alta resistência à oxidação e à corrosão por agentes químicos poluentes, para que não venha sofrer redução de sua seção com o tempo diminuindo sua resistência mecânica e provável ruptura.



Fig.36- Cabo nu de alumínio

O material utilizado nas linhas de transmissão é o alumínio, que atende boa parte das características acima. Os cabos de transmissão e de subtransmissão geralmente não são isolados.

Um cabo condutor é composto por vários fios condutores, sendo várias as composições dos fios para compor um cabo. O encordoamento normal dos cabos condutores, quando compostos de fios de mesmo diâmetro, obedece à seguinte lei de formação:  $N=3x^2 + 3x + 1$ , onde:

- N- número total de fios componentes;
- x – número de camadas;
- Para 1 camada, 7fios -1 + 6;
- Para 2 camadas 19 fios – 1+6+12, e assim sucessivamente;

No Brasil, os condutores são padronizados segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

### 9.5.2 ISOLADORES

Os isoladores, como o próprio nome sugere, devem isolar eletricamente os cabos das linhas de transmissão das estruturas das linhas, sendo assim, os isoladores devem responder às solicitações mecânicas e elétricas. Atualmente os isoladores são fabricados dos seguintes materiais:

- Porcelana vitrificada
- Vidro temperado

Os tipos de isoladores seriam:

- Isoladores de pinos: são fixados à estrutura através de um pino de aço. São utilizados em linhas até 69KV com condutores relativamente leves.

Para tensões acima de 25KV são compostos por diversas peças.



Fig.37- Isoladores de Pino 380V e 13.8kV

- De espessuras menores, sobrepostas e acimentadas entre si.
- Isoladores tipo pilar; são menos utilizados, são de porcelana, são mais resistentes mecanicamente e mais isolantes, suportando tensões maiores.

Fig.38 Isolador de Pino 69KV



- Isoladores de suspensão: são os resistores de maior importância para as linhas de transmissão devido ao isolamento elétrico e ao esforço mecânico.



Fig.39- Isolador de Suspensão

### 9.5.3 ESTRUTURAS

As estruturas constituem os elementos de sustentação dos cabos de linha de transmissão, sua dimensão e formato dependem de vários fatores como disposição dos condutores, distâncias dos condutores, distância entre si, altura para segurança e materiais utilizados.



Fig.40-Estrutura em zona urbana para distribuição em 138kV



Nas linhas de transmissão, ligando grandes distâncias e em áreas que não são urbanas, são utilizadas as estruturas metálicas em vários formatos e altura conforme a necessidade de segurança. Nas linhas de subtransmissão são utilizados postes de concreto armado. As vantagens das estruturas é o transporte para montagem, sendo o transporte a desvantagem para o poste de concreto, devido ao peso por ser peça única.

## 9.6 LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A linha de distribuição é a parte do sistema elétrico dentro das cidades, vilas ou indústrias. As linhas de distribuição são classificadas em:

- Linhas de distribuição primárias: são linhas até 69KV que podem, devido à estrutura, ocupar vias públicas, tem origem na subestação abaixadora em tensão 13.8KV, 34.5KV e 69KV.
- Linhas de distribuição secundárias: São as linhas que operam com as menores tensões do sistema, com poucos metros de extensão (300 m). São sustentadas pelos postes nas vias públicas, começam nos transformadores de potência instalados nas calçadas e vão até as entradas das casas ou comércio.

As tensões de distribuição no Brasil são 380V/220V ou 220V/127V ( fase -neutro ), nas zonas urbanas.



Fig.41- Estrutura de distribuição 13.8kV      fig.42 – Estrutura de distribuição 69kV

Algumas cidades, como Curitiba, possuem linhas de distribuição subterrâneas, juntamente com o transformador.

### 9.6.1 CABOS E CONDUTORES

Os cabos utilizados nas linhas de distribuição são do mesmo tipo que são utilizados nas linhas de transmissão:

- Alumínio: os condutores de alumínio dominam o mercado nas aplicações de rede e linhas aéreas de distribuição e transmissão de energia elétrica, não localizada nas proximidades do mar. Seu baixo custo, baixo peso específico e o seu comportamento para o esforço mecânico, faz com que seja utilizado em todo o país.
- Cobre: os condutores de cobre dominam praticamente o mercado nas instalações elétricas, sejam prediais, industriais, em todo o país, e aéreas, nos litorais.

### 9.6.2. ISOLADORES

Nas linhas aéreas de distribuição de 13.8KV até 69KV, são utilizados isoladores de pino, que são fixados à estrutura no poste. Os isoladores podem ser fabricados em porcelana vitrificada ou vidro temperado.

Nas redes de distribuição de tensão 220V/127V ou 380/220V são utilizados isoladores roldana .

Os cabos na tensão até 380V, possuem isolação à base de cloreto de polivinila, conhecido como PVC, ou polietileno (XLPE) e borracha etileno-propileno (EPR).

### 9.6.3. ESTRUTURA

A estrutura de sustentação dos cabos nas linhas de distribuição são os postes e isoladores na linha aérea e isoladores nas linhas subterrâneas.

### 9.7 TIPOS DE LIGAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico brasileiro possui suas usinas geradoras chamadas de trifásicas, e todo o sistema de geração e transmissão é trifásico ligados em Delta ( $\Delta$ ) - com ligação em três cabos todos energizados, chamados fase, ou ligados em Y com neutro aterrado ou não, conforme as figuras abaixo:

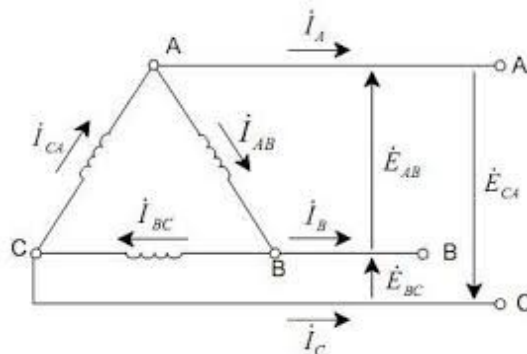


Fig.43- Sistema de ligação em 13.8kV

A ligação em delta é muito utilizada para tensões acima de 13.8kV, para os circuitos abaixo dessa tensão, somente são utilizados para alimentar motores elétricos.

Estrela (Y) – Com ligação em três cabos energizados, chamados fase, podendo ser utilizado um cabo de referência ao terra, chamado de neutro .

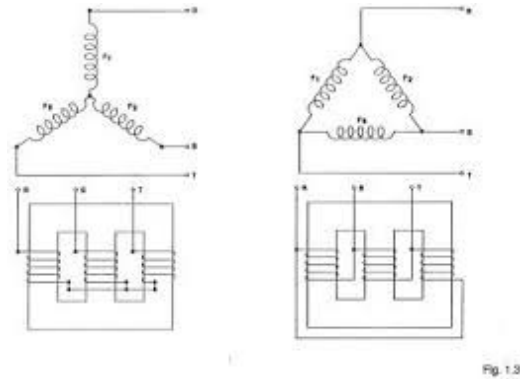


Fig.44- Esquema de ligação de um transformador 13.8kV/220V

A ligação em estrela, sem neutro, também é utilizada nas linhas de transmissão e geração de energia acima de 13.8KV. Para tensões abaixo de 380V alimentadas pelo transformador “de a” são trifásicas com neutro aterrado.

As redes de distribuição que atendem os consumidores são compostas por três fases e um neutro, porém, o consumidor final pode ser atendido de três formas diferentes:

- Monofásica: quando temos uma fase e o neutro;
- Bifásica: quando temos duas fases e o neutro;
- Trifásica: quando temos três fases e o neutro;

Conforme, sua demanda:

- Até 4KW – monofásica - (2 condutores , fase + neutro);
- Entre 4 e 8kW- bifásica - ( 3 condutores , 2 fases + neutro);
- Maior que 8kW – trifásica - ( 3 ou 4 condutores , 3fases + neutro);
- O trifásico com três condutores seria utilizado em instalação sem o neutro;

### 9.7.1 A TENSÃO ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO

A tensão elétrica utilizada no sistema elétrico é chamada de fase ou neutro. Tensão de Fase é a tensão elétrica entre a fase e neutro, no sistema de distribuição secundária, no Paraná, tem valor de 127V.

Tensão de Linha é a tensão elétrica entre fases, no sistema de distribuição secundária, no Paraná, tem valor de 220V. Devemos lembrar que as tensões 220/127V têm origem no transformador, porém, essa tensão chega até o transformador após ser gerada pelo gerador .

As tensões são geradas com valores instantâneos, que no decorrer do tempo formam uma onda de formato senoidal, sendo assim, não tem sentido falar de um valor fixo para a tensão elétrica . O valor de 220V ou 127V refere-se à tensão eficaz .O valor eficaz de tensão ou corrente alternada corresponde à mesma quantidade de corrente ou tensão contínua, capaz de produzir a mesma potência de aquecimento. A Tensão elétrica chega a um valor máximo, chamado de valor de pico, que representa  $220V \times \sqrt{2}$

### 9.7.2 GERAÇÃO DA TENSÃO ELÉTRICA TRIFÁSICA

A figura mostra uma seção reta de um alternador trifásico que tem um estator fixo e um rotor girante no sentido anti-horário. Fisicamente distribuídos a cada  $120^\circ$  da periferia interna do estator, estão os três conjuntos de enrolamentos da armadura com terminais A A', B e B' e C e C'. São nesses enrolamentos que as tensões senoidais são geradas. O rotor tem um enrolamento de campo, no qual a circulação de uma corrente CC produz um campo magnético.

Como o rotor gira no sentido anti-horário a 3600rpm, seu campo magnético corta os enrolamentos da armadura, induzindo neles as tensões elétricas senoidais, que no decorrer do tempo formam uma senoide.

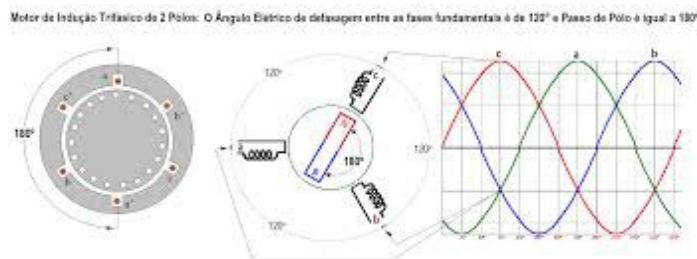


Fig.45- Gerador, espaçamento das bobinas e defasagem das tensões

Essas tensões têm um valor de pico separado de  $120^\circ$  dos enrolamentos de armadura. Como resultado, o alternador produz três tensões de mesmo valor eficaz,

de mesma frequência (60HZ), mas deslocadas de um ângulo de 120°, e podem ser escritas como:

- $V_a = V \text{ sen}(377t)$ ;
- $V_b = V \text{ sen}(377t - 120)$ ;
- $V_c = V \text{ sen}(377t - 240)$ , onde  $\omega = 2 \times 3.14 \times 60 = 377$ ;

As somas das tensões geradas é zero em qualquer instante.

## 9.8 CIRCUITO ELÉTRICO

Um circuito elétrico é uma ligação de equipamentos para a utilização da energia elétrica para um determinado fim. O circuito elétrico é composto de quatro partes: geração (fonte de tensão), condutores, equipamentos a ser utilizados, instrumentos de medição e proteção.

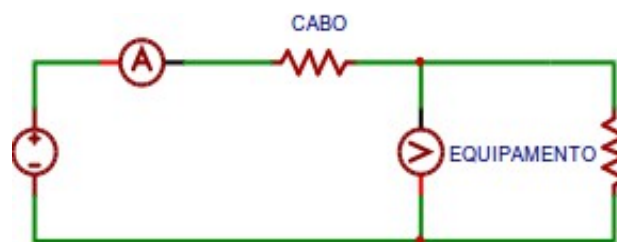


Fig.46- Circuito elétrico simples com medidores de tensão e corrente elétrica.

- Geração: A tensão elétrica utilizada pode ser a de um transformador de potência, de uma bateria ou um gerador de tensão particular;
- Condutores: Os condutores, na prática, são os cabos de cobre, nas instalações residenciais;
- Medição: São utilizados os amperímetros (medem corrente) e os voltímetros (medem tensão) e os medidores da concessionária de energia;
- Proteção: Os dispositivos elétricos de proteção, atualmente utilizados para proteção, são os disjuntores e os fusíveis. Os disjuntores são utilizados na instalação residencial e os fusíveis para a proteção dos motores e capacitores;

### 9.8.1 TENSÃO ELÉTRICA NO CIRCUITO ELÉTRICO

A tensão elétrica aplicada ao circuito elétrico é a tensão do gerador de tensão e que os equipamentos ligados no circuito suportem. No Paraná, as tensões elétricas fornecidas ao consumidor é de 220\127V para residências e comércios na zona urbana.

### 9.8.2 CONDUTORES NO CIRCUITO ELÉTRICO

Os condutores utilizados na distribuição de energia são os cabos de energia que utilizamos nas nossas residências. O cobre para condutores é o cobre eletrolítico, com pureza de 99,9%. É um condutor cilíndrico. A formação dos condutores na distribuição também obedece à lei de formação tratada em cabos condutores.

### 9.8.3 RESISTÊNCIA, RESISTIVIDADE E CONDUTIVIDADE

Resistência é a propriedade do material de se opor ou resistir ao movimento dos elétrons. Nos metais e em alguns. Dado um condutor cilíndrico a sua resistência é dada por  $R=\rho xL/S$ :

- R – Resistência elétrica;
- $\rho$ - resistividade;
- L- Comprimento do cabo;
- S- Área do cabo;

A resistividade depende do material: para o cobre  $1.72 \times 10^{-8}$ , e para o alumínio  $2.83 \times 10^{-8} \Omega.m$ . A condutividade é o inverso da resistividade. Resistor é o componente do circuito que possui uma determinada resistência.

### 9.8.4 LEI DE OHM

A relação entre a tensão elétrica sobre um resistor e a corrente que passa por ele é a resistência elétrica  $R= V/I$ , onde:

- R – resistência elétrica-  $\Omega$  (ohm);
- V – tensão elétrica em V (Volts);
- I – Corrente elétrica em A (Ampere);

### 9.8.5 POTÊNCIA DE UM RESISTOR

A potência de um resistor é dada pela relação entre a corrente e a tensão elétrica:  $P=V.I$  - sua unidade é o W (Watts).

### 9.8.6 CAPACITOR E CAPACITÂNCIA

Assim como na resistência e resistor, temos capacitância e capacitor, este consiste em dois condutores separados por um isolante, podendo ser em forma de placa retangular cilíndrica. A Capacitância é a propriedade elétrica do capacitor, é a medida (em valores) da capacidade de armazenar cargas elétricas. Todo capacitor possui uma capacitância  $C = Q/V$ , onde:

- C capacitância elétrica em F(farad);
- Q cargas elétricas em C (Coulomb);
- V tensão elétrica em V (volts);

### 9.8.7 INDUTÂNCIA E INDUTORES

Assim como na resistência e resistor, temos indutância e indutor, a indutância é a relação entre a tensão elétrica e a variação da corrente do condutor. Todo indutor possui uma indutância  $L = V/\Delta I$ , onde:

- L - Indutância elétrica em Henry (H);
- V - Tensão elétrica em V (volts);
- $\Delta I$  - Variação da corrente em A (amperes);

### 9.8.8 MEDIÇÃO EM CIRCUITO ELÉTRICO

Para medição de um circuito elétrico, usam-se: o amperímetro, voltímetro e o wattímetro.

### 9.8.9 TIPOS DE CIRCUITO

Podemos ligar os circuitos em série, paralelo ou misto. O circuito série é aquele em que todos os componentes estão ligados um após o outro, e a corrente que passa por um componente passa por todos os outros. No circuito série, a corrente é a mesma e a tensão se divide entre os componentes.

O circuito paralelo é aquele em que todos os componentes estão ligados em dois pontos, apenas chamado de nó, e que possuem a mesma tensão. A corrente elétrica divide-se entre os componentes.

O circuito misto é aquele que possui equipamentos ligados em série e em paralelo. Na nossa residência acostumamos dizer que todos os equipamentos estão em paralelo, porém, isto somente será verdadeiro se ignoramos a resistência dos cabos ou fios da instalação residencial. Todo condutor tem uma determinada resistência, então, a resistência dos cabos devem ser levadas em conta, mudando o circuito para um circuito misto, ou seja, série-paralelo.

A instalação elétrica pode lançar um novo olhar para a economia de energia elétrica, se considerar a resistência dos cabos da instalação como um equipamento de consumo e limitador de corrente, pois atualmente é considerado para a queda de tensão, a fim do perfeito funcionamento dos equipamentos.

## **9.9 INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO**

A instalação elétrica de baixa tensão é regulamentada pela NBR5410. Essa norma regulamenta as linhas elétricas, cabos elétricos, proteção elétrica, distribuição de tomadas e iluminação.

As linhas elétricas são o conjunto formado pelos condutores elétricos e a estrutura por onde são instalados os cabos de energia elétrica, a sua maneira de instalar, a norma específica, os tipos de linhas elétricas e quanto e como os cabos podem ser instalados nessas linhas elétricas.

A estrutura para instalação dos cabos pode ser realizada por meio de eletrodutos embutidos em paredes, no solo, aparentes, eletrocalhas e canaletas no piso.

Os tipos de instalação de cabos na baixa tensão são de dois ou três condutores eletrizados por circuito.

A proteção dos cabos e das instalações é efetuada, na baixa tensão, por meio de disjuntores, que são dispositivos que atuam pela dilatação de lâminas bimetálicas distintas para uma determinada corrente elétrica.

Os circuitos das tomadas elétricas são dimensionados conforme a NBR5410, segundo a potência elétrica e a quantidade de tomadas por cômodos.

### **9.9.1 DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS ELÉTRICAS NAS INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS**

As maneiras de instalar em instalações de baixa tensão seriam com: eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e canaletas. Porém, em instalações elétricas residenciais estão comumente utilizados os eletrodutos.

A NBR 5410 regulamenta a instalação elétrica de tensão elétrica até 1000V e frequência de 400Hz.

No nosso trabalho vamos restringir à instalação elétrica residencial e dividi-la em duas partes chamadas de estrutura e circuito.

Na parte estrutural está o poste de entrada, a caixa de medição da Copel, quadros de proteção, os eletrodutos para fiação, caixinhas de tomadas e tomadas.

Na parte do circuito são os cabos, desde o poste da Copel até a tomada e os disjuntores de proteção.

A instalação elétrica residencial tem início no chamado ponto de entrega, que é o ponto de ligação da instalação residencial com a concessionária.

O ponto de entrada é a linha elétrica que penetra na edificação, pode ser considerado até o quadro de distribuição principal, onde estão instalados os disjuntores de proteção dos circuitos.

As casas que têm projeto elétrico possuem um quadro de distribuição principal, do qual saem os cabos para as tomadas, chuveiro elétrico, ar condicionado, iluminação e etc. Enquanto as casas mais antigas ou sem projeto elétrico, geralmente, possuem somente a proteção do disjuntor da Copel. As derivações para os equipamentos são feitas com emendas nos cabos.

### **9.9.2. INSTALAÇÃO DOS ELETRODUTOS**

A maneira de instalar os cabos elétricos nas instalações de baixa tensão é em eletrodutos de PVC rígido. Conforme a NBR5410:

“As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Para tanto:

a) a taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores;

b) os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.”

A área ocupada por cabos em um eletroduto tem como base de cálculo o diâmetro do eletroduto e o diâmetro dos cabos que serão instalados e utilizando a equação da área:  $A = \pi d^2/4$ .

### 9.9.3. INSTALAÇÃO DAS CAIXAS

As caixas utilizadas nas instalações são de ferro esmaltado nas dimensões 4”x 4”, ou mais comum , 4”x 2”. As caixas são utilizadas para instalação de interruptores, tomadas ou como passagem para emendas, ou ainda, para facilitar a instalação dos cabos de energia.



Fig. 47- Caixa de passagem de embutir 4”x4”

### 9.9.4. TOMADAS ELÉTRICAS

As tomadas elétricas de correntes serão instalados onde estão os equipamentos elétricos. As tomadas deverão ter capacidade de corrente para alimentar os equipamentos sem se danificar. Existem corrente de 5A até valores de 15A. As tomadas devem possuir fase, neutro e terra.

## 9.9.5. DIMENSIONAMENTO DAS TOMADAS E ILUMINAÇÃO

Segundo a NBR5410, as tomadas devem ser dimensionadas conforme a potência e a quantidade:

### 9.5.2 Previsão de carga

#### 9.5.2.1 Iluminação

**9.5.2.1.1** Em cada cômodo ou dependência deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor.

#### NOTAS

1 Nas acomodações de hotéis, motéis e similares pode-se substituir o ponto de luz fixo no teto por tomada de corrente, com potência mínima de 100 VA, comandada por interruptor de parede.

2 Admite-se que o ponto de luz fixo no teto seja substituído por ponto na parede em espaços sob escada, depósitos, despensas, lavabos e varandas, desde que, sejam de pequenas dimensões e onde a colocação do ponto no teto seja de difícil execução ou não conveniente.

3 Sobre interruptores para uso doméstico e análogo, ver ABNT NBR 6527.

**9.5.2.1.2** Na determinação das cargas de iluminação, como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413, conforme prescrito na alínea a) de 4.2.1.2.2, pode ser adotado o seguinte critério:

a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>, deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;

b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m<sup>2</sup>, deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m<sup>2</sup>, acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m<sup>2</sup> inteiros.

NOTA Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

#### 9.5.2.2 Pontos de tomada

##### 9.5.2.2.1 Número de pontos de tomada

O número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se no mínimo os seguintes critérios:

a) em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, atendidas as restrições de 9.1;

b) em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

c) em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

NOTA Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada ou quando sua área for inferior a 2 m<sup>2</sup> ou ainda, quando sua profundidade for inferior a 0,80 m.

d) em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;

NOTA Particularmente no caso de salas de estar, deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para a alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomada julgada adequada.

e) em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m<sup>2</sup>. Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência até 0,80 m, no máximo, de sua porta de acesso;

um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m<sup>2</sup> e igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>;

um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m<sup>2</sup>, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

### 9.9.6 CABOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Os cabos de energia são os condutores de energia elétrica, são isolados e possuem isolamento. Os cabos são compostos de vários fios elétricos.

O isolamento corresponde ao tipo de tensão, que será utilizado para o nosso caso, o isolamento será para 750V ou 0,6\1kV. O isolamento de 0.6\1kV em instalações residenciais é utilizado para cabos instalados em eletrodutos enterrados no solo.



Fig. 48-Cabos isolados, unipolar e multipolar

A isolação é o tipo de material que protege o cabo de contato com outros componentes, podem ser o PVC (Cloro de polivinila e polietileno) e XLPE (Borracha etileno-propileno e polietileno reticulado). Um cabo deve ter na especificação a isolação e o isolamento.

O condutor utilizado deverá ser o de cobre, segundo a NBR5410, o condutor de alumínio somente será utilizado

**6.2.3.7** Os condutores utilizados nas linhas elétricas devem ser de cobre ou alumínio, sendo que, no caso do emprego de condutores de alumínio, devem ser atendidas as prescrições de 6.2.3.8.

**6.2.3.8** O uso de condutores de alumínio só é admitido nas condições estabelecidas em 6.2.3.8.1 e 6.2.3.8.2.

NOTA As restrições impostas ao uso de condutores de alumínio refletem o estado atual da técnica de conexões no Brasil. Soluções técnicas de conexões que atendam às ABNT NBR 9313 ABNT NBR 9326 e ABNT NBR 9513, e que alterem aquelas restrições, devem ser consideradas em norma complementar e futuramente incorporadas a esta Norma.

**6.2.3.8.1** Em instalações de estabelecimentos industriais podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que, simultaneamente:

- a) a seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 16 mm<sup>2</sup>,
- b) a instalação seja alimentada diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma rede de alta tensão, ou possua fonte própria, e
- c) a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, tabela 18).

**6.2.3.8.2** Em instalações de estabelecimentos comerciais podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que, simultaneamente:

- a) a seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 50 mm<sup>2</sup>,
- b) os locais sejam exclusivamente BD1 (ver tabela 21) e

c) a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, tabela 18).

#### **9.9.6.1 DIMENSIONAMENTO**

Cada circuito terá a proteção de um disjuntor e os cabos dos circuitos. Para dimensionar os cabos de uma residência são utilizados os seguintes métodos: por capacidade de corrente, por queda de tensão e curto-circuito. Por capacidade de corrente é levado em consideração o quanto o cabo suporta de corrente elétrica. Por queda de tensão é levado em consideração um limite de diminuição da tensão elétrica que chega ao aparelho. Por curto-circuito, se o cabo suporta um curto-circuito no local até a atuação da proteção, a capacidade de corrente elétrica de um cabo depende da maneira de instalar.

##### **9.9.6.1.1. CAPACIDADE DE CORRENTE**

A capacidade de corrente elétrica de um cabo depende da maneira de instalar. Segundo a NBR5410, a maneira de instalar os cabos de energia elétrica será conforme a tabela abaixo:





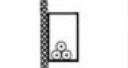


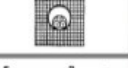





Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira <sup>3)</sup>	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical <sup>4)</sup>	E (multipolar) F (unipolares)

Tabela 33-NBR5410/04

Tabela 33 - Maneira de instalar os cabos elétricos ( ABNT)

**Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**

**Condutores: cobre e alumínio**

**Isolação: PVC**

**Temperatura no condutor: 70°C**

**Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)**

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	Cobre											
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

**Tabela 34 - Capacidade de Corrente dos cabos com relação à maneira de instalar ( ABNT)**

### 9.9.6.1.2 QUEDA DE TENSÃO

Queda de tensão é a quantidade do valor da tensão elétrica que fica sobre a fiação da instalação elétrica. A NBR5410 estabelece um limite para a queda de tensão nas instalações residenciais.

#### 6.2.7 Quedas de tensão

**6.2.7.1** Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

#### NOTAS

1 Estes limites de queda de tensão são válidos quando a tensão nominal dos equipamentos de utilização previstos for coincidente com a tensão nominal da instalação.

2 Ver definição de "ponto de entrega" (3.4.3).

3 Nos casos das alíneas a), b) e d), quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.

4 Para circuitos de motores, ver também 6.5.1.2.1, 6.5.1.3.2 e 6.5.1.3.3.

**6.2.7.2** Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

**6.2.7.4** Para o cálculo da queda de tensão num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito.

### 9.9.6.1.3 CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO

O cálculo da queda de tensão pode ser efetuado com o valor da resistência do cabo elétrico para aquele trecho e do valor da corrente que passa pelo cabo:  $V = R \cdot I$ .

O valor da resistência pode ser obtido a partir da expressão  $R = \rho \cdot l / A$ , conforme visto anteriormente, também pode ser utilizado o valor da resistência dos cabos fornecidos pelo fabricante .

Quando o circuito for monofásico ou bifásico devemos considerar o comprimento dos dois cabos, porém, quando o circuito for trifásico, usa-se somente da distância do circuito.

#### **9.9.6.1.4 CURTO-CIRCUITO**

O cálculo de curto-circuito nas instalações de baixa tensão, ainda não é muito exigido pelas concessionárias de energia, porém, o cálculo de curto é efetuado com as impedâncias dos cabos, mas não será discutido aqui. A que mais prevalece é a capacidade de corrente, porém vamos dar uma atenção especial para as perdas no cobre.

### **9.10 ANÁLISE DAS PERDAS DE ENERGIA NAS INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS**

Vamos considerar uma residência com um banheiro, dois quartos, uma cozinha e uma sala, com os seguintes equipamentos:

- Um chuveiro - 4200W;
- Um Ferro elétrico - 1200W;
- Cinco lâmpadas - 100W;
- Uma geladeira - 300W;
- Uma TV -50W;
- Um Computador -50W;
- E alguns outros equipamentos;

#### **9.10.1 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS**

##### **9.10.1.1 CABOS DE ENTRADA DE ENERGIA**

A Potência instalada é de 5900W, para uma alimentação monofásica ( Fase e Neutro ), tensão de 127V , então por  $P=U.I$ , teríamos uma corrente de 46A.

Critério da Capacidade de Corrente:

O eletroduto será enterrado no solo e embutido em alvenaria, então analisando a tabela pela maneira de instalar B (pior caso) com dois condutores carregados, o cabo utilizado seria de #10mm<sup>2</sup>.

Critério da Queda de Tensão:

O cabo de entrada é instalado do poste da Copel até o quadro de distribuição geral com uma distância de 15m.

Como são dois cabos (Fase + Neutro), consideraremos uma distância de 30m.

A resistência do cabo #10, conforme a tabela dos cabos, será de 0.0549, para uma corrente de 50A, teremos uma queda de tensão de 2.68V ou 2.1% (utilizando  $U=R.I$ ).

O cabo #10 pode ser utilizado no ramal de entrada, pois, satisfaz o critério de queda de tensão e o critério de capacidade de corrente.

Pode ser utilizado um disjuntor de 50A que protege a instalação e o cabo (capacidade 57A para critério B).

### **9.10.1.2 CIRCUITOS TERMINAIS**

#### **CHUVEIRO**

A Potência instalada é de 4200W, para uma alimentação monofásica ( Fase e Neutro ), tensão de 127V, então por  $P=V^2/R$ , então a resistência do chuveiro seria 3.84Ω.

Como haverá queda de tensão de 2.68V, no ramal de entrada, a tensão no quadro de distribuição será de 124.32V e a corrente máxima no chuveiro seria 32.3A ( utilizando  $P=U.I$ ).

Critério da Capacidade de Corrente:

O eletroduto será instalado em alvenaria, então, pela maneira de instalar B com dois condutores carregados, o cabo utilizado é de #4mm<sup>2</sup>.

Critério da Queda de Tensão:

O cabo do chuveiro é instalado do quadro de distribuição geral, até o chuveiro com uma distância de 5m. Como são dois cabos (Fase + Neutro) consideraremos uma distância de 10m.

O valor da resistência para o cabo de #4, conforme tabela, é será de 0.0461. Para uma corrente de 32A teremos uma queda de tensão de 1.47V ou 1.16%, e uma queda de tensão máxima até o chuveiro de 3.27%.

O cabo #4 pode ser utilizado no ramal do chuveiro, pois, satisfaz o critério de queda de tensão e capacidade de corrente.

Pode ser utilizado um disjuntor de 32A que protege a instalação e o cabo (capacidade 32A para o critério B).

### 9.10.1.3 CIRCUITO DE TOMADA

Vamos considerar que o circuito de tomada seja para 1500VA. A Potência instalada é de 1500W ( toda resistência ), para uma alimentação monofásica ( Fase e Neutro ), tensão de 127V, teríamos uma corrente de 11.8A.

Critério da Capacidade de Corrente:

O eletroduto será embutido em alvenaria, então, pela maneira de instalar B com dois condutores carregados, o cabo utilizado seria de #1.5mm<sup>2</sup>, porém o cabo mínimo para tomada pela NBR5410 é #2.5mm<sup>2</sup>.

Critério da Queda de Tensão:

O cabo vai do quadro de distribuição até as tomadas. Como são dois cabos (Fase + Neutro) consideraremos uma distância de 10m. A resistência será de 0.0741 para uma corrente de 11.8A, teremos uma queda de tensão de 0.87V ou 0.7%. Poderia ser utilizado um disjuntor de 15A que protege a instalação e o cabo (capacidade 24A para o critério B).

### 9.10.2. ANALISANDO A POTÊNCIA DISSIPADA NOS CABOS

Por meio da tabela de resistência dos cabos, podemos obter o valor da resistência de cada cabo:

- #10- 1.83mΩ\m- para 30m- 0.0549 Ω;
- #4 - 4.61mΩ\m- para 10m -0.04610 Ω;
- #2.5- 7.41mΩ\m – para 10m -0.0741 Ω;

A corrente para cada cabo seria:

- #10- 50A (entrada);
- #4 -32A (chuveiro);
- #2.5- 11.8A (tomada);

Utilizando a expressão  $P=RI^2$  para a potência elétrica, teríamos uma perda de:

- #10 -137.5W;

- #4 – 47.2W;
- #2.5- 10.3W;

Totalizando uma potência de 195W, para essa situação um estudo de caso somente para o chuveiro:

- #10, com 32A – 56.2W;
- #4, com 32A -47.2W;

Um chuveiro ligado por 45 minutos, o consumo dos cabos seria de 77.5Wh.

## 2.caso

Vamos considerar a mesma casa, porém, para a entrada de um cabo de #16, para o chuveiro #6 e para a tomada #4, então a resistência de cada um ficaria:

- #16-  $1.15\text{m}\Omega\text{m}$ - para 30m –  $0.0345\Omega$ ;
- #6-  $3.08\text{m}\Omega\text{m}$ -para 10m –  $0.0308\Omega$ ;
- #4-  $4.61\text{m}\Omega\text{m}$ -para 10m - $0.0461\Omega$ ;

A corrente para cada cabo seria:

- #16- 50;
- #6- 32A;
- #4 – 11.8;

Utilizando a expressão  $P=RI^2$  para a potência elétrica, teríamos uma perda em cada cabo de :

- #16 -86.25W;
- #6- 31.5W;
- #4- 6.4W;

Totalizando 124.15W e a economia de energia elétrica para a instalação residencial com esses cabos seria de 70.84Wh, para cada residência nessa situação

### 9.10.3 ANALISANDO O CIRCUITO ELÉTRICO DE UMA RESIDÊNCIA

A fonte de tensão: 127V

Resistência do chuveiro para 4200W e 127V , usando  $P=V^2/R$  e  $R=3.8402\Omega$

Resistência do ferro elétrico para 1200W e 127V,  $R=13.4408\Omega$ .

Para as resistências dos cabos (#10 para entrada e #4 para o chuveiro) apresentadas acima teríamos um circuito:

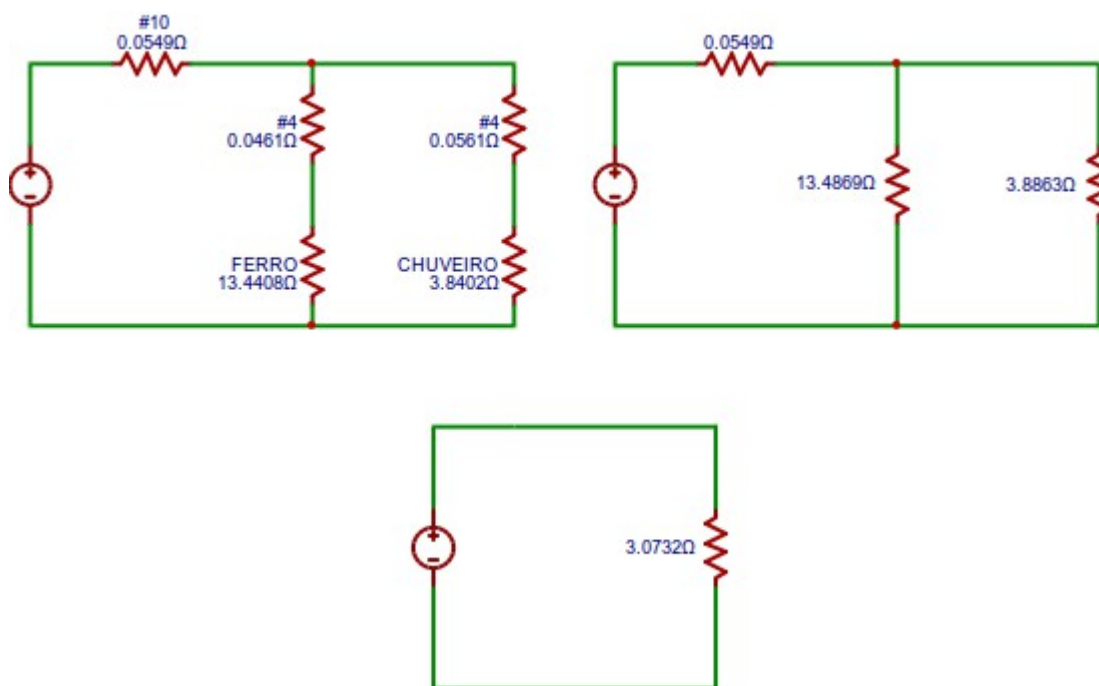


Fig. 49- Circuito misto ferro elétrico-chuveiro elétrico com cabo #4

Para #10 –  $0.0549\Omega$

Para #4-  $0.0461\Omega$

A resistência equivalente do circuito seria  $R_{eq}=3.0732\Omega$ , a corrente do circuito seria  $41.3250A$  e a corrente do chuveiro  $32.0951A$ , então, a tensão sobre o ramal do chuveiro seria  $124.7312V$ :

- Usando  $U=R.I$ ;
- Sobre o cabo #10 -  $2.2687V$ ;
- Sobre o cabo #4 –  $1.4796V$ ;

A tensão sobre os cabos seria de  $3.7483V$  e a tensão sobre o chuveiro seria  $123.2516V$ . A potência dissipada pelo chuveiro passa a ser de  $3955W$ . Para a segunda situação :

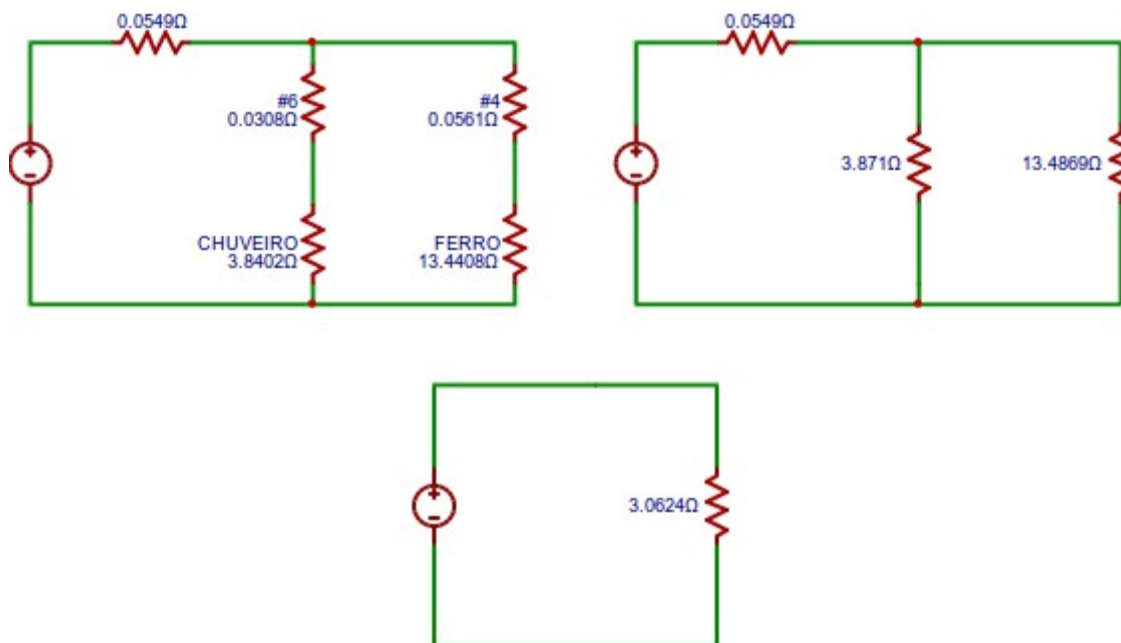


Fig. 50- Circuito Misto ferro elétrico-chuveiro elétrico com cabo #6

A resistência equivalente do circuito seria  $R_{eq}=3.0624\Omega$  e a corrente do circuito 41.4707A.

Para o ramal do chuveiro seria 32.4385A e a tensão sobre o chuveiro (usando  $U=R.I$ )  $U=124.5703V$ .

A tensão sobre os cabos é de 2.4298V e a potência dissipada pelo chuveiro passa a ser 4038W.

Quanto menor a resistência dos cabos da instalação, menor são as perdas no cabo, e maior a potência dissipada pelo chuveiro, sendo assim, com cabos de menor resistência, poderia utilizar chuveiros de potência menor.

Poderemos escrever os circuitos completos da casa e analisar as perdas da instalação:

### 1 Caso

Considerando uma lâmpada incandescente de 60W ligada sozinha para o cabo de #10 e para o cabo #1.5.

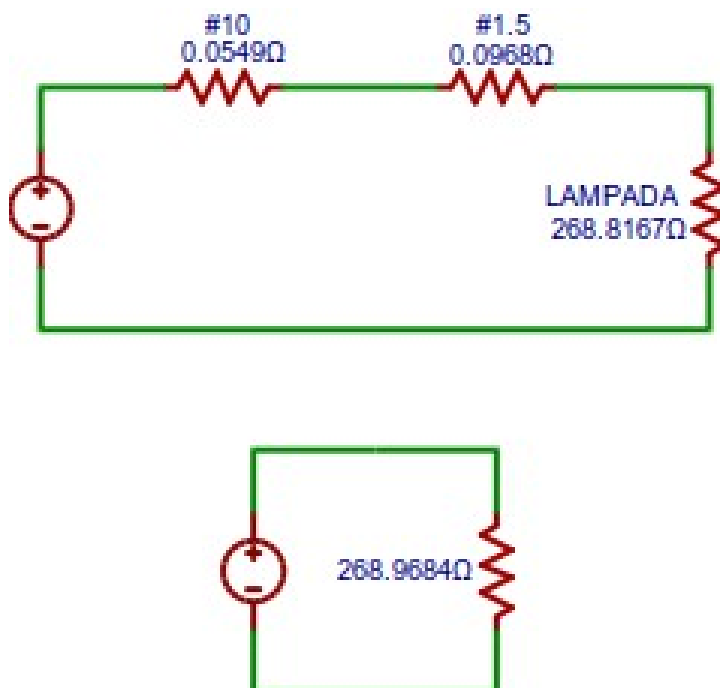


Fig.51 – Circuito Série de uma lâmpada incandescente de 60W

Utilizaremos as equações:

$$U=RI$$

$$P=UI =RI^2= V^2/R$$

A resistência da lâmpada seria de 268.8167Ω. Com uma resistência de 0.0549Ω para o cabo #10 e 0.0968Ω para o cabo #1.5:

- A resistência total do circuito seria 268.9684Ω;
- A corrente do circuito seria 0.4722;
- A tensão sobre a lâmpada seria 126.9352V;
- A tensão sobre o cabo #10 seria 0.0259V;
- A tensão sobre o cabo #1.5 seria 0.0457V;
- A potência dissipada na lâmpada 59.84W;
- A potência dissipada no cabo #10 0.12W;
- A potência dissipada no cabo #1.5 0.02W;

Tabela 35: Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.52

Equipamento	Resistência	Corrente	Tensão	Potência
Lâmpada	268.8167	0.04722	126.9352	59.84
#10	0.0549	0.04722	.0259	0.12
#1.5	0.0968	0.04722	0457	0.02

## 2. CASO

Agora, considerando um chuveiro elétrico de 4200W ligado sozinho para o cabo de #10 e para o cabo #4:



Fig.52- Circuito Série de um chuveiro com cabo #4

- A resistência do chuveiro seria de 3.8402Ω;
- Com uma resistência de 0.0549Ω para o cabo #10 e 0.0461Ω para o cabo #4;
- A resistência total do circuito seria 3.9412Ω;
- A corrente do circuito seria 32.2237;
- A tensão sobre o chuveiro seria 123.7454V;
- A tensão sobre o cabo #10 seria 1.7691V;
- A tensão sobre o cabo #4 seria 1.4855V;
- A potência dissipada no chuveiro 3987.53W;
- A potência dissipada no cabo #10 57.01W;
- A potência dissipada no cabo #4 47.87W;

Tabela 36: Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.53

Equipamento	Resistência	Corrente	Tensão	Potência
Chuveiro	3,8402	32,2236	123.745	3987.53
#10	0,0549	32,2236	1.7601	57.01
#4	0,0461	32,2236	1.4855	47.87

### 3. CASO

Agora vamos considerar o caso da lâmpada e o chuveiro ligados juntos:

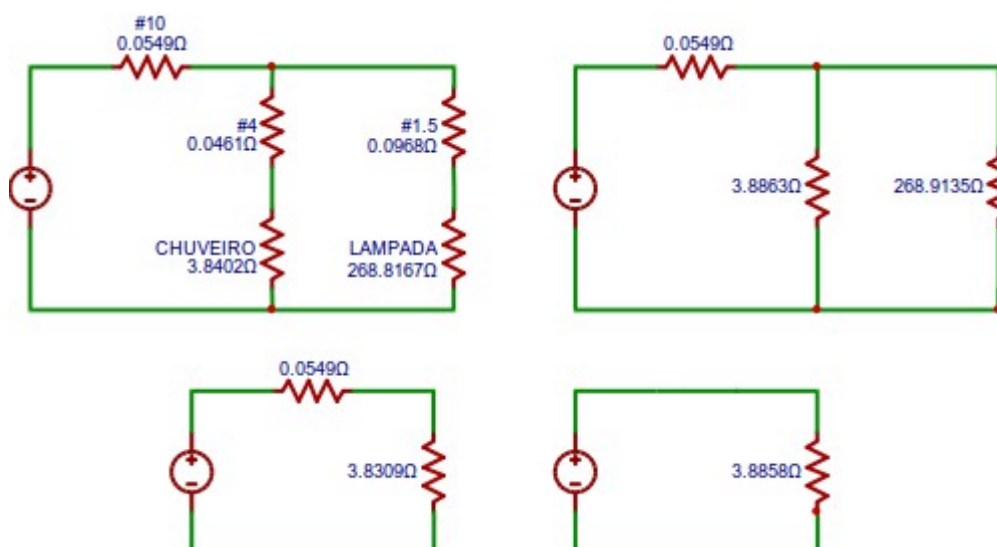


Fig.53- Circuito Misto de um chuveiro e lâmpada com cabo #4

- A resistência do chuveiro é  $3.8402\Omega$ ;
- A resistência da lâmpada é  $268.8167\Omega$ ;

Com uma resistência de  $0.0549\Omega$  para o cabo #10,  $0.0461\Omega$  para cabo#4 e  $0.09680\Omega$  para o cabo #1.5. Como o chuveiro e a lâmpada estão em ramos paralelos, porém, cada um está em série com o respectivo cabo do quadro até o equipamento, teremos:

- A resistência chuveiro + #4 é  $3.8863\Omega$ ;
- A resistência lâmpada + #1.5 é  $268.9135\Omega$ ;
- A resistência equivalente desse paralelo seria  $3.8309\Omega$ ;
- A resistência do cabo #10 é  $0.0549\Omega$ ;

- A resistência total do circuito 3.8858Ω;

A corrente do circuito seria 32.6831A, sendo assim, sobre o cabo #10 teríamos uma tensão de 1.7943V, então, no quadro de distribuição a tensão seria 125.2057V.

- A corrente no ramo chuveiro + #4 seria 32.2172A
- A corrente no ramo lâmpada + #1.5 seria 0.4656A
- A tensão sobre o chuveiro – 123.7205V
- A tensão sobre a lâmpada seria -125.1610V
- A tensão sobre o cabo #4 seria -1.4852V
- A tensão sobre o cabo #1.5 seria- 0.045V
- A potência dissipada na lâmpada- 58.27W
- A potência dissipada no chuveiro -3985.93W
- A potência dissipada no cabo #10 -58.64W
- A potência dissipada no cabo #4 -47.85W
- A potência dissipada no cabo #1.5 – 0.02W

Tabela 37: Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.54

Equipamento	Resistência	Corrente	Tensão	Potência
Chuveiro	3,8402	32,2172	123.7205	4016
Lâmpada	268,8167	0.4656	125.1610	58.58
#10	0,0549	32.6831	1.7943	49.23
#4	0,0461	32,2172	1.4852	38.4
#1.5	0,0968	0,4656	0.045	0,02
Chuveiro + #4	3,8866	32,2172		
Lâmpada. + #1.5	268,9135	0,4656		

#### 4. Caso

Agora vamos considerar o caso da lâmpada, chuveiro e do ferro elétrico ligados juntos:

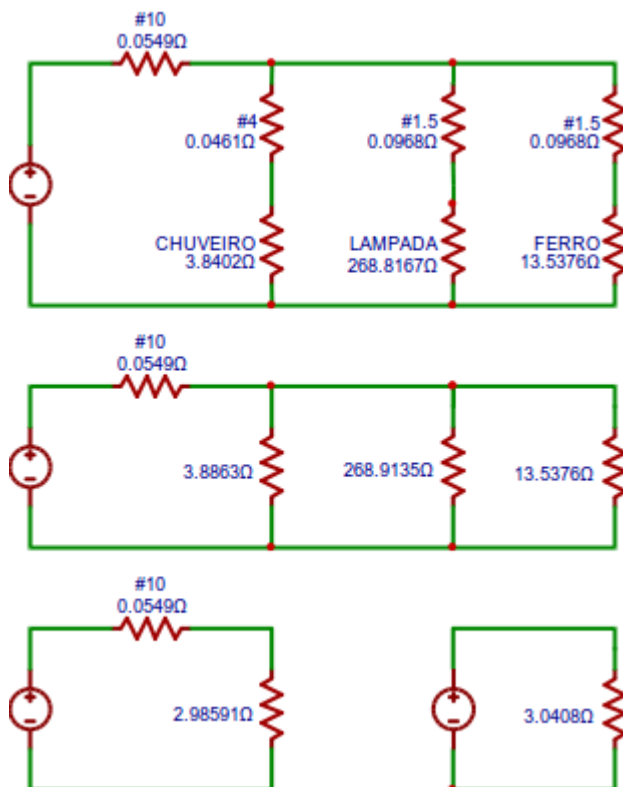


Fig.54 – Circuito misto chuveiro , lâmpada 60W e ferro elétrico

- A resistência do chuveiro é  $3.8402\Omega$ ;
- A resistência da lâmpada é  $268.8167\Omega$ ;
- A resistência do ferro elétrico é  $13.4408\Omega$ ;

Com uma resistência de  $0.05490\Omega$  para o cabo #10,  $0.09680\Omega$  para o cabo #1.5 e  $0.0461\Omega$  para o cabo #4. Os equipamentos estão em ramos paralelos, porém, cada um está em série com o respectivo cabo do quadro até o equipamento, teremos:

- A resistência chuveiro + #4 é  $3.8863\Omega$ ;
- A resistência lâmpada + #1.5 é  $268.9135\Omega$ ;
- A resistência ferro + #1.5 é  $13.5376\Omega$ ;
- A resistência equivalente desse paralelo seria  $2.9859.\Omega$ ;
- A resistência do cabo #10 é  $0.0549\Omega$ ;

- A resistência total do circuito é  $3.0408\Omega$ ;

A corrente do circuito seria  $41.7653A$ , sendo assim, sobre o cabo #10 teríamos uma tensão de  $2.2929V$ , então, no quadro de distribuição a tensão seria  $124.7071V$ .

- A corrente no ramo chuveiro + #4 seria  $32.0889$ ;
- A corrente no ramo lâmpada + #1.5 seria  $0.4637$ ;
- A corrente no ramo ferro + #1.5 seria  $9.2119$ ;
- A tensão sobre o chuveiro –  $123.2278V$ ;
- A tensão sobre a lâmpada seria  $124.6503V$ ;
- A tensão sobre o ferro seria  $123.8153V$ ;
- A tensão sobre o cabo #4 seria  $1.4793V$ ;
- A tensão sobre o cabo #1.5 da lâmpada seria  $0.04489V$ ;
- A tensão sobre o cabo #1.5 do ferro seria  $0.8917V$ ;
- A potência dissipada na lâmpada  $57.80W$ ;
- A potência dissipada no chuveiro  $3954.24W$ ;
- A potência dissipada no ferro  $1140.57W$ ;
- A potência dissipada no cabo #10  $-95.76W$ ;
- A potência dissipada no cabo #4 -  $47.47W$ ;
- A potência dissipada no cabo #1.5 do ferro  $-8.21W$ ;
- A potência dissipada no cabo # 1.5 da lâmpada-  $0.2W$ ;

Tabela 38: Resistência, Corrente Elétrica, tensão elétrica, Potência Elétrica para o circuito da fig.55

Equipamento	Resistência	Corrente	Tensão	Potência
Chuveiro	3,8402	32.0889	123.2278	3954.24
Ferro	13,4408	9.2119	123.8153	1147.57
Lâmpada	268,8167	0.4637	124.6503	57.80
#10	0,0549	41.7653	2.2929	95.76
#4	0,0461	32.0889	1.4793	47.47
#1.5 ferro	0,0968	9.2119	0.8917	8.21
#1.5 lâmpada	0.0968	0.4637	0.0449	0.2
Chuveiro + #4	3,8863	32.0889	124.7071	
Lâmpada. + #1.5	268,9135	0.4637	124.6952	
Ferro + #1.5	13.5376	9.2119	124.707	

A potência dissipada nos condutores e que não são aproveitadas nos mostra o quanto é importante para a economia de energia elétrica o dimensionamento dos cabos de uma instalação. O quanto que é desperdiçado em prédios e casas sem projetos fundamentados por essa preocupação.

#### 9.10.4 CONSUMO DE ENERGIA EM UMA RESIDÊNCIA:

Vamos supor que uma residência apresenta os seguintes equipamentos ligados e seus respectivos tempos, como na residência citada acima.

##### 1. caso

Lâmpada sozinha;

- potências;
- #10 ( entrada )-0.12W;
- #1.5 (lâmpada )- 0.2W;
- lâmpada real – 59.94W;

- potência nominal -60W;
- A potência consumida nos cabos seria de 0.14W, o que representa um consumo de 0.23% do consumo da lâmpada;
- Utilizou 99% da potencia nominal da lâmpada;

## 2. Caso

Chuveiro sozinho:

- potências;
- #10 ( entrada ) -57.01W;
- #4 ( chuveiro) -47.81W;
- chuveiro – 3987.53W;
- A potência consumida nos cabos seria de 104.82W, o que representa um consumo de 2.63% do consumo do chuveiro;
- Utilizou 94.94% da potência nominal do chuveiro;

## 3.caso

Lâmpada e chuveiro:

- consumo dos equipamentos - 4074.58W;
- consumo nos cabos – 87.65W;
- A potência nos cabos representa uma 2.15% do consumo dos equipamentos;
- Utilizou 95.65% da potencial nominal total dos equipamentos;

## 4.Caso

Chuveiro, ferro e lâmpada:

- Consumo dos equipamentos - 5159.61W;
- Consumo nos cabos – 151.64W;

A potência nos cabos representa uma 2.94% do consumo dos equipamentos.

Utilizou 94.5% da potência nominal dos equipamentos.

Para o caso 4 uma situação média de 1h diária, teríamos um consumo de 151Wh mensal, o que representa 4.53kWh para uma cidade do tamanho de Londrina, onde teríamos aproximadamente 140.000 residências, o consumo nos cabos seria de 634MWh .

Comparando com residências que consomem 200kWh mensal em média , seria possível fornecer energia para aproximadamente 3171 residências desse padrão .

O que é consumido de energia nos cabos das residências de Londrina seria possível, abastecer as cidades de Miraselva, Prado Ferreira e Guaraci.

Quando falarmos de economia de energia devêssemos olhar para as nossas instalações elétricas.

## 10.CONCLUSÃO

O ensino de física pode ser desenvolvido de maneira que os alunos relacionem o conteúdo com o seu dia a dia, tendo um novo olhar para a física. O aluno pode ter como laboratório a sua rua, sua casa ou sua cidade, devemos levar o aluno a ver no seu cotidiano e em tudo ao seu redor como um grande laboratório. Muitos dos circuitos discutidos aqui são apresentados na sala de aula, durante as atividades regulares de ensino, sem que os professores ou os alunos saibam que estão relacionados com as construções ao seu redor.

Um cidadão crítico deve estar preparado para opinar de maneira consciente nas matérias que estão ao seu redor, que percebesse o que seria perigoso com relação a uma instalação elétrica de sua casa.

Alguns professores ao responderem o questionário da pesquisa chegaram a indagar se os conteúdos não formariam técnicos, porém, técnicos são formados para executar os trabalhos relacionados à sua área, entretanto, conhecer os conteúdos relacionados ao seu cotidiano não levará os alunos a executarem serviços mas sim compreender e cobrar os seus direitos como cidadão, além de preservar sua segurança e de sua família .

Além disso, a formação do cidadão com relação a este tema é essencial: é quase que uma regra no Brasil que ao se contratar serviços para suas residências sejam seguidas opiniões de trabalhadores que nem possuem o ensino fundamental, porém, possuem a “prática“, muitas vezes esses trabalhadores cometem erros graves e quando questionadas as pessoas alegam que não se lembram das aulas de física. Se o ensino de física se voltar para o dia a dia das pessoas isso dificilmente ocorreria.

A matemática utilizada nesse trabalho é simples e os alunos de um terceiro ano do ensino médio podem executar os cálculos com facilidade, porém, objetivo não é que os alunos somente saibam efetuar os cálculos, mas sim que compreendam e vejam sua aplicação no cotidiano, pois, a intenção desse trabalho é informar ao aluno sobre economia segurança e normas. Em nenhum momento pretendemos substituir o profissional competente de cada área.

## 11. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5410:2004 – **Instalações elétricas de baixa tensão.**

CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação Científica na perspectiva Bachelardiana: Ensaio Enquanto Formação. In: **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, 2006.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

GUALTER, José Biscuola; ANDRÉ, Cury Maiali. **Física**. Volume Único - 2a. edição. Ed. Saraiva. 1997.

KINDERMANN, G., & CAMPAGNOLO, J. M. **Aterramento Elétrico**. 3ª Edição ed. (Sagra, & D. Luzzatto, Eds.) Porto Alegre, 1995.

LEITE, D.M.; LEITE, C.M. **Proteção contra descargas atmosféricas**. 5ª ed. São Paulo: Oficina de Mydia, 2001.

PARANÁ. Secretaria da Educação. Superintendência da Educação. **Diretrizes Curriculares de Física para o Ensino Médio**. Curitiba: SEED, SUED, 2008.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

\_\_\_\_\_, M.[ET AL.]. **Física em Contextos**: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria – 1 ed. – São Paulo: FTD, 2010 – (Coleção Física em Contextos: pessoal, social e histórico; v.3)

SACRISTÁN, J. G. **O currículo: uma reflexão sob a prática**. 3ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.p.120.