



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MAURÍCIO JOSÉ VIANA

**ANÁLISE DOS VALORES DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO
TEMPORÁRIO EM CANTEIROS DE OBRAS NA CIDADE DO RECIFE**

Recife, PE
2013



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MAURÍCIO JOSÉ VIANA

**ANÁLISE DOS VALORES DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO
TEMPORÁRIO EM CANTEIROS DE OBRAS
NA CIDADE DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior
Co-orientador: Profa. Dra. Emília Kohlman Rabbani

Recife, PE
2013

V614a Viana, Mauricio José.

Análise dos valores da resistência de aterramento temporário em canteiro de obras na cidade do Recife / Mauricio José Viana. – Recife, 2013.

108 f.: il. ; graf. , tab.

Orientador: Béda Barkokébas Junior

Co-Orientador: Emília Kohlman Rabbani

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, 2013.

1. Choque elétrico. 2. Aterramento elétrico. 3. Acidentes de trabalho – canteiro de obras. I. Barkokébas Júnior, Béda (orient.). II. Kohlman Rabbani, Emília (co-orient.). III. Título.

616-001.21 CDU (2007)

621.3 CDD

Emanuella Bezerra - CRB-4/1389




UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MAURÍCIO JOSÉ VIANA


**ANÁLISE DOS VALORES DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO
TEMPORÁRIO EM CANTEIROS DE OBRAS
NA CIDADE DO RECIFE**

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:


Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior
Universidade de Pernambuco

Co-orientador:

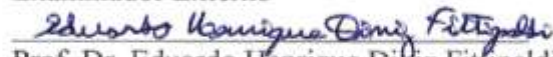

Prof. Dra. Emilia Kohlman Rabbani
Universidade de Pernambuco

Examinadores

Examinador Interno


Prof. Dr. Edel Carlos Guedes dos Santos
Universidade de Pernambuco

Examinador Externo


Prof. Dr. Eduardo Henrique Diniz Fittipaldi
CHESF

DEDICATÓRIA

À Deus, em primeiro lugar.
À minha Mãe, Ildéia
À minha esposa, Gilzete.
Aos meus filhos, Maurício, Gabriela e Rodrigo.
Pela paciência, incentivo, apoio e exemplo.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de Pernambuco-UPE, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco, pela oportunidade de crescimento profissional que me foi dado.

Ao Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior, meu orientador, pelo apoio, disposição, cooperação e compreensão. Amigo que me fez focar no aprimoramento profissional.

À Profa. Dr^a. Emília R. Kohlman Rabbani, minha co-orientadora, pelo apoio, disposição, cooperação e compreensão.

Aos meus Amigos, Gilson Rodrigues, Hélio Lopes, Cristiane Moutinho, Luiz Antônio de Melo, pela compreensão, pelo apoio e pelo incentivo permanente;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a construção deste trabalho;

A todos os meus amigos do mestrado, pelo apoio e incentivo permanente;

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UPE.

Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;
não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar.
Mesmo as críticas nos auxiliam muito.

Chico Xavier

RESUMO

A retomada das obras de infraestrutura e da construção imobiliária no Brasil elevou os índices de acidentes de trabalho nos últimos anos. Nesse contexto, um dos principais fatores responsáveis por ocorrências graves e fatais são os choques elétricos na indústria da construção, *os quais podem ser evitados através* de medidas preventivas. Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento da resistência de aterramento temporário, de acordo com o valor de referência da NBR 5419, em canteiros de obras na cidade do Recife, e propor ferramenta/formulário de procedimento operacional que visa o gerenciamento da medição da resistência de aterramento em instalações elétricas temporárias. A pesquisa de campo foi restrita a sete canteiros de obras, de empresas associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco (SINDUSCON-PE), considerando a formação geológica do solo da cidade do Recife. Para a coleta dos dados utilizou-se o terrômetro digital, para medir a resistência de aterramento, o Sistema de Posicionamento Global - (GPS), para referenciar geograficamente (latitude e longitude) o aterramento escolhido, e o Termo - Higrômetro Digital para medir a umidade relativa do ar. Os principais resultados obtidos a partir da visita a sete canteiros de obras da cidade do Recife mostraram que: em seis canteiros de obras os valores obtidos da resistência de aterramento estão acima do valor de referência, conforme NBR 5419; em quatro canteiros de obras não possuem trabalhador capacitado; também em cinco canteiros de obras, o sistema de aterramento não utiliza conectores entre fio terra e haste de aterramento; em dois canteiros de obras o sistema de aterramento não utiliza terminais entre fio terra e equipamento (massa); também constatou que em seis canteiros de obras não existem caixa de inspeção e o solo é constituído de aterro não estabilizado; por fim, os sete canteiros de obras não possuem projeto de aterramento elétrico, bem como, laudo de aterramento elétrico. As instalações de aterramento temporário nos canteiros de obras utilizam eletrodo de aterramento convencional, cujo sistema de aterramento utilizado é o TT, onde a massa do equipamento é aterrada com uma haste própria (convencional), independente da haste de aterramento do neutro; nenhum dos canteiros de obras possuía o laudo de aterramento elétrico conforme exigência da NR10 e que apenas um dos aterramentos avaliados apresentava resistência compatível com a exigência da norma técnica. Identificou-se na presente pesquisa que os solos depositados para a construção de aterro estavam num estado relativamente fofo e heterogêneo, tendo em vista a característica que grande parte do solo da cidade do Recife é aterrado, fato este que influenciou nos resultados da medição da resistência de aterramento. Conclui-se que há a necessidade da elaboração dos projetos de aterramento elétricos, e que haja medições periódicas da resistência de aterramento das instalações elétricas temporárias em canteiros de obras a fim de garantir as condições de segurança neste ambiente de trabalho.

Palavras-chaves: Choque elétrico. Aterramento elétrico. Acidentes de trabalho. Canteiro de obras.

ABSTRACT

The resumption of infrastructure works and construction real estate in Brazil raised the rates of accidents in recent years. In this context, one of the main factors responsible for severe injuries and fatal electric shocks are in the construction industry, which can be avoided through preventive measures. This study aims to evaluate the behavior of temporary grounding resistance, according to the reference value of NBR 5419, on construction sites in the city of Recife, and propose tool / form operating procedure aimed at managing the measurement of earth resistance for temporary electrical installations. The field research was restricted to seven construction sites, companies associated with the Union of Construction Industry in the State of Pernambuco (SINDUSCON-PE), considering the geological formation of the soil of Recife. To collect the data we used the digital earth tester to measure the grounding resistance, the Global Positioning System - (GPS) to geographically reference (latitude and longitude) grounding chosen, and Term - Digital hygrometer to measure humidity relative air. The main results from the visit to seven construction sites in the city of Recife showed that: in six construction sites the values of grounding resistance are above the reference value, according to NBR 5419, in four construction sites do not have skilled worker, also in five construction sites, the ground system does not use connectors between ground wire and ground rod, two construction sites the grounding system does not use the ground wire between terminals and equipment (mass); also found that in six worksites no inspection box and the soil is not stabilized landfill, and finally the seven construction sites do not have electrical grounding project, as well as report electrical grounding. The temporary grounding facilities at construction sites using conventional grounding electrode, grounding system which is used TT, where the mass of the equipment is grounded with a rod itself (conventional), independent of the neutral grounding rod; none of the worksites had the report electrical grounding as required by NR10 and that only one of the grounds evaluated showed resistance compatible with requirement of technical standard. Identified in this study that soils deposited for the construction of a state landfill were relatively fluffy and heterogeneous, in view of the characteristic that a large part of the soil of Recife is grounded, a fact that influenced the results of resistance measurement grounding. We conclude that there is a need to prepare the projects electrical grounding, and that there is periodic measurements of earth resistance of temporary electrical installations on construction sites to ensure the safety conditions in this work environment.

Keywords: Electric shock. Electrical grounding. Accidents. Construction site.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Resumo esquemático para demonstrar a medição da resistividade do solo utilizando-se o aparelho Terrômetro.....	26
Figura 2	Resumo esquemático para demonstrar a medição da resistência de terra utilizando-se o aparelho Terrômetro.....	28
Figura 3	Choque por contato com circuito energizado.....	35
Figura 4	Choque por contato com corpo eletrizado.....	35
Figura 5	Raio.....	36
Figura 6	Percurso da corrente elétrica através do corpo humano.....	37
Figura 7	Fatores que influenciam os efeitos da corrente elétrica no corpo humano.....	38
Figura 8	Zonas de efeito da corrente alternada (50 ou 60hz) sobre adultos.....	40
Figura 9	Zonas de efeito de corrente alternada (de 15 a 100 Hz) entre mão e pé sobre as pessoas.....	41
Figura 10	Sinal do eletrocardiograma e Pressão arterial.....	43
Figura 11	Isolação das partes vivas.....	47
Figura 12	Barreiras ou invólucros.....	48
Figura 13	Obstáculos.....	48
Figura 14	Colocação fora de alcance.....	48
Figura 15	Visualização esquemática das principais funções de um sistema de Aterramento.....	51
Figura 16	Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TT.....	52
Figura 17	Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TN-S.....	53
Figura 18	Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TN-C.....	54
Figura 19	Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo IT.....	55
Figura 20	Interruptor diferencial.....	57
Figura 21	Princípio de funcionamento do DR	58
Figura 22	Contato direto.....	61
Figura 23	Contato indireto.....	62
Figura 24	Dispositivo DR.....	62
Figura 25	Mapa geológico da Cidade do Recife.....	64

Figura 26	Terrômetro com acessórios utilizados para medição.....	65
Figura 27	Resumo esquemático da medição da resistência de terra, pelo método da queda de potencia.....	66
Figura 28	Curva característica teórica da resistência de aterramento de um eletrodo pontual.....	68
Figura 29	Terrômetro MTD-20KWe.....	69
Figura 30	Termo - higrômetro 766.02.0.00.....	70
Figura 31	GPS.....	71
Figura 32	Eletrodo de aterramento.....	74
Figura 33	Eletrodo de aterramento sob medição.....	75
Figura 34	Eletrodo de aterramento sob medição.....	76
Figura 35	Eletrodo de aterramento sob medição.....	77
Figura 36	Eletrodo de aterramento sob medição.....	78
Figura 37	Eletrodo de aterramento sob medição.....	79
Figura 38	Eletrodo de aterramento sob medição.....	80
Figura 39	Ferramenta/Formulário para Medição da Resistência de Aterramento.....	82
Figura 40	Desenho esquemático da distribuição das hastes de aterramento.....	86
Figura 41	Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TT.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Eletrodos de aterramento materiais comumente utilizáveis.....	23
Tabela 2	Valores usuais de resistividade de certos tipos de solo.....	24
Tabela 3	Resistividades usuais de algumas regiões brasileiras.....	25
Tabela 4	Procedimentos durante a Medição da Resistividade do Solo e da Resistência de Aterramento.....	29
Tabela 5	Variáveis fisiológicas nas zonas do corpo humano.....	38
Tabela 6	Efeitos da intensidade da corrente elétrica no corpo humano.....	42
Tabela 7	Características comparativas dos esquemas de aterramento utilizados no Brasil.....	56
Tabela 8	Unidades geológicas do Município do Recife.....	63
Tabela 9	Localização das obras em função das unidades geológicas.....	72
Tabela 10	Pontos da medição e valores obtidos.....	74
Tabela 11	Pontos da medição e valores obtidos.....	75
Tabela 12	Pontos da medição e valores obtidos.....	76
Tabela 13	Pontos da medição e valores obtidos.....	77
Tabela 14	Pontos da medição e valores obtidos.....	78
Tabela 15	Pontos da medição e valores obtidos.....	79
Tabela 16	Pontos da medição e valores obtidos.....	80
Tabela 17	Resumo dos resultados das medições da resistência de aterramento.....	90

LISTA DE QUADROS

Quadro	1	Resultados das medições da resistência de aterramento nos Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl)	73
Quadro	2	Resultados das medições da resistência de aterramento Terraço Marinho Holocênico (Qh)	75
Quadro	3	Resultados das medições da resistência de aterramento Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm) ,.....	76
Quadro	4	Resultados das medições da resistência de aterramento Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)	77
Quadro	5	Resultados das medições da resistência de aterramento Formação Barreiras (Tb)	78
Quadro	6	Resultados das medições da resistência de aterramento na formação Cabo (Kc)	79
Quadro	7	Resultados das medições da resistência de aterramento Embasamento Cristalino (P)	80
Quadro	8	Especificação de materiais para sistema de aterramento elétrico TT.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	1	Pontos da medição e valores obtidos.....	74
Gráfico	2	Pontos da medição e valores obtidos	75
Gráfico	3	Pontos da medição e valores obtidos	76
Gráfico	4	Pontos da medição e valores obtidos	77
Gráfico	5	Pontos da medição e valores obtidos	78
Gráfico	6	Pontos da medição e valores obtidos	79
Gráfico	7	Pontos da medição e valores obtidos	80
Gráfico	8	Valores obtidos na medição da resistência de aterramento.....	86

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEP	- Barramento de Equipotencialização Principal
COBEI	- Comitê Brasileiro de Eletricidade
DPS	- Dispositivo de Proteção contra Surtos
FUNDACENTRO	- Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
CPN	- Comitê Permanente Nacional sobre Condições e Meio Ambiente no Trabalho na Indústria da Construção
IEC	- International Electrotechnic Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
MPAS	- Ministério da Previdência e Assistência Social
TEM	- Ministério do Trabalho e do Emprego
NBR	- Norma Brasileira Registrada
NR	- Norma Regulamentadora
RMR	- Região Metropolitana do Recife
RTP	- Recomendação Técnica de Procedimento
SINDUSCON/PE	- Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Pernambuco
PROCOBRE	- Instituto Brasileiro do Cobre
CPR-PE	- Comitê Permanente Regional Sobre Condições e Meio Ambiente no Trabalho na Indústria da Construção em Pernambuco
K	- Coeficiente de Reflexão
P	- Resistividade do Solo ($\Omega.m$)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos	19
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
1.2 Justificativa	19
1.3 Delimitação do Tema e Estruturação da Pesquisa	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Eletrodo de Aterramento	23
2.2 Importância da Resistividade do solo na concepção do Projeto de Aterramento	24
2.2.1 <i>Umidade do Solo</i>	24
2.2.2 <i>Resistividade do Solo em algumas Regiões Brasileiras</i>	25
2.2.3 <i>Método de Medição de resistividade do Solo</i>	25
2.2.3.1 <i>Medição pelo método de Wenner</i>	26
2.3 Resistência de Aterramento	27
2.3.1 <i>Medição da resistência de terra</i>	27
2.3.1.1 <i>Limitações na aplicação do método da queda de potencial</i>	28
2.3.2 <i>Técnicas utilizadas para reduzir a resistência de aterramento</i>	28
2.4 Procedimentos durante as medições da resistividade do solo e resistência de aterramento	29
3 LEIS E NORMAS QUE ATENDEM A SEGURANÇA E A SAUDE DOS TRABALHADORES INCLUIDOS NO PRESENTE ESTUDO	31
3.1 A Lei nº 11.337, de 26 de julho de 2006	31
3.2 Norma Regulamentadora -10 (NR-10) MTE	31
3.3 Norma Regulamentadora -18(NR-18) MTE	31
3.4 Recomendação Técnica de Procedimentos – RTP 05	32
3.5 NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão	32
3.6 NBR 15749 – Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento	32
3.7 Resolução nº 414/2010 – ANEEL/MME	33
4 SEGURANÇA EM ELETRICIDADE	34
4.1 Estudo do choque elétrico	34
4.1.1 <i>Natureza do Choque Elétrico</i>	34
4.2 Percurso da corrente elétrica através do corpo humano	36

4.2.1 A gravidade do choque elétrico.....	38
4.3 Zonas de efeito.....	39
4.4 Efeitos da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano.....	41
4.4.1 Efeito fisiológico da tetanização.....	41
4.4.2 Efeito fisiológico da fibrilação ventricular.....	43
4.4.3 Parada respiratória.....	44
4.4.4 Queimadura.....	44
5 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS.....	46
5.1 Fundamentos da proteção contra choques elétricos.....	46
5.2 Princípio fundamental de proteção contra choques elétricos	46
5.2.1 Proteção Básica (contra contatos direto).....	47
5.2.2 Proteção supletiva (contra contatos indiretos).....	49
5.3 Aterramento elétrico.....	49
5.3.1 Classificação.....	49
5.3.2 Objetivos do Aterramento.....	50
5.4 Sistemas de aterramento e suas especificações.....	50
5.4.1 Tipos e esquemas de aterramentos.....	51
5.4.2 Comparação entre os esquemas de aterramento utilizados no Brasil..	55
5.5 Proteção complementar contra choques elétricos.....	57
5.5.1 Finalidade da aplicação do dispositivo de corrente residual- diferencial.....	57
5.5.2 Função do dispositivo DR.....	58
5.5.3 Princípio de funcionamento do DR.....	58
5.5.4 Sensibilidade de 30 mA ou 300 mA.....	59
5.5.5 Tipos de Dispositivos DR.....	60
5.5.6 Condições de atuação.....	61
5.5.6.1 Conceito de atuação.....	61
5.5.6.2 Dispositivo DR.....	62
6 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	63
6.1 Procedimentos para medição da resistência de aterramento utilizando Terrômetro.....	65
6.2 Curva da Resistência de aterramento em função da distância.....	68

6.3 Especificações dos equipamentos utilizados para medição da resistência de aterramento.....	69
6.3.1 <i>Terrômetro Digital</i>	69
6.3.1.1 Especificações Técnicas.....	69
6.3.1.2 Calibração.....	70
6.3.2 <i>Termo-higrômetro Digital</i>	70
6.3.2.1 Especificações Técnicas.....	71
6.3.3 <i>Sistema de Posicionamento Global – GPS</i>	71
6.3.3.1 Especificações Técnicas.....	71
6.4 Localização das obras em função das unidades geológicas.....	72
7 RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO EM FUNÇÃO DAS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	73
8 PROPOSTA E RESULTADOS DA PESQUISA.....	81
8.1 Proposta: Ferramenta/Formulário para a medição da resistência de aterramento.....	81
8.1.1 <i>Especificação da ferramenta/ formulário para coleta de dados da Medição da Resistência de Aterramento</i>	83
8.2 Análise dos Resultados e Sugestões para Melhoria das Condições de Trabalho.....	84
8.2.1 <i>Análise comparativa entre as empresas avaliadas</i>	85
8.2.2 <i>Roteiro mínimo para execução de aterramento elétrico temporário, sistema TT, em canteiros de obras</i>	88
8.3 Validação da Ferramenta/Formulário para Medição da Resistência de Aterramento Elétrico.....	90
8.3.1 <i>Resumo dos resultados da resistência de aterramento obtidos nas obras avaliadas</i>	90
9 CONCLUSÕES	91
9.1 Recomendações	91
9.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	91
REFERÊNCIAS.....	92
GLOSSÁRIO.....	96
Anexo A – Mapa dos Bairros da Cidade do Recife.....	99
Anexo B – Certificado de Calibração.....	101
Anexo C – Cartela de Especificação do Termo – Higrômetro.....	105

1 INTRODUÇÃO

Uma das atividades da economia que tem a capacidade de elevar a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e do emprego é o setor da construção civil, dada sua capacidade de absorção de grande contingente de mão de obra com pouca qualificação e baixa escolaridade, e em momentos de crises econômicas, pode ajudar ainda a diminuir significativamente as taxas de desemprego. A indústria da construção civil é de grande importância para o desenvolvimento da Nação, tanto do ponto de vista econômico, destacando-se pela quantidade de atividades que intervêm em seu ciclo de produção, gerando consumos de bens e serviços de outros setores, como do ponto de vista social, pela capacidade de absorção da mão-de-obra não qualificada. Tudo que esse setor da economia constrói tem uma utilidade muito grande para a economia e para a sociedade. O setor atualmente é responsável diretamente por 5,8% do PIB, mas indiretamente a sua responsabilidade é muito maior. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2011 a construção civil empregava cerca de 2,5 milhões de pessoas no Brasil (IBGE, 2012).

De acordo com números do Ministério da Previdência Social (MPS), no ano de 2011, ocorreram 711.164 acidentes de trabalho em todo o país, sendo 2.884 óbitos. Isso significa que, a cada dia, 08 trabalhadores, aproximadamente, não retornam ao trabalho devido à morte. Somente a construção civil gerou 59.808 acidentes, equivalente a 8% do total dos acidentes, bem como, 471 óbitos que representa 16,5% do total de óbitos por acidente em todo o país, o que demonstra o alto grau de risco presente no setor.

Dados ainda da Previdência – sem considerar as pensões por morte, apenas as concessões de benefícios (auxílio doença) resultantes de acidentes do trabalho - mostram que o número de ocorrências dos benefícios concedidos subiram exponencialmente nos últimos anos. Em 2006, foram concedidos 99.490 benefícios motivados por fatores externos (lesão, fratura). Em 2010, eles chegaram a 202.740, uma alta de 103,8% em quatro anos (TODESCHINI apud DOCA, 2011). Segundo os cálculos do MPS com base nas ocorrências de 2009, o país gasta por ano com acidentes de trabalho R\$ 56,8 bilhões com despesas de internação e consulta do SUS, por exemplo, sendo R\$ 14,2 bilhões só com a Previdência (DOCA, 2011, p. 36).

O Ministério Público do Trabalho (MPT), preocupado com os altos índices de acidentes do trabalho na indústria da construção, promoveu fiscalizações de forma preventiva no setor, pelo Programa Nacional de Combate às Irregularidades Trabalhistas na Construção Civil, que mobilizaram equipes de procuradores, auditores fiscais do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e representantes de outras instituições estaduais e municipais em todas as regiões do Brasil. Foram inspecionadas 352 obras e mais de 42 mil trabalhadores foram beneficiados. Cerca de 120 obras em todo país foram parcialmente embargadas por causa de problemas trabalhistas e outras 59 totalmente embargadas até que o meio ambiente de trabalho fosse regularizado de acordo com a lei. Os principais problemas encontrados foram relacionados à segurança do trabalhador. "Esses problemas aumentam a possibilidade de acidentes como soterramento, quedas de altura e choques elétricos", entre outros (BRASIL, 2009).

Instalações elétricas provisórias em canteiros de obras ocorrem em pequenas, médias e grandes obras e por serem de natureza temporária, muitas vezes, não são adequadamente projetadas, sendo executadas sem o planejamento apropriado, de forma precária e insegura, constituindo fonte de risco aos trabalhadores envolvidos em suas tarefas. Confunde-se, erroneamente, instalação temporária com instalação precária expondo-se os trabalhadores a situações de risco que podem resultar em acidentes, muitas vezes, fatais.

O sistema de aterramento tem papel fundamental quando se trata de analisar condições de segurança das instalações elétricas, equipamentos e de funcionalidade do sistema de energia elétrica, além de prover segurança pessoal de trabalhadores e de habitantes das edificações. Independente do seu papel, ou seja, sendo o aterramento elétrico a parte ativa do sistema ou um elemento do sistema que atua apenas em condições pré-estabelecidas, este deverá desempenhar a sua função satisfatoriamente quando solicitado. Para isso, um bom projeto é indispensável. O aterramento é obrigatório e a baixa qualidade ou a sua falta invariavelmente coloca em risco a segurança das pessoas, das instalações e pode provocar queima de equipamentos.

Dentre as diversas situações de riscos em instalações elétricas temporárias, este estudo visou analisar o comportamento da resistência de aterramento provisório, em máquinas e equipamentos nos canteiros de obras. Além disso, foram objetivos da pesquisa avaliar o cumprimento das exigências contidas nas normas técnicas oficiais NBR 5410 (ABNT, 2004), NR 10 e NR 18

(BRASIL, 2011a, 2011b), e RTP 05 (BRASIL, 2005) a serem adotadas como ferramentas de gestão em instalações elétricas temporárias no que concerne a proteção contra choque elétrico por contato indireto em canteiros de obras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o valor da resistência de aterramento temporário, de acordo com o valor de referência da NBR 5419 (ABNT, 2001) em canteiros de obras na cidade do Recife, para propor ferramenta/formulário de procedimento operacional que visa a gestão da medição da resistência de aterramento, em instalações elétricas temporárias.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar os tipos de sistema de aterramento temporário utilizados em máquinas e equipamentos elétricos em canteiros de obras na cidade do Recife;
- Identificar as principais falhas desses aterramentos, na proteção contra choques elétricos por contato indireto;
- Medir as resistências de aterramento dos equipamentos instalados nos canteiros de obras;
- Confrontar os valores obtidos nas medições em campo com o valor de referência da NBR 5419;
- Elaborar ferramenta/formulário com procedimento operacional na medição da resistência de aterramento em instalações elétricas temporárias em canteiros de obras, obedecendo ao padrão das normas técnicas brasileiras de referências.

1.2 Justificativa

De acordo com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Pernambuco - SINDUSCON/PE, do total de acidentes envolvendo o setor de construção civil em Pernambuco, as instalações elétricas dos canteiros de obras tem uma participação expressiva no que se refere à

taxa de mortalidade, explicitam que “o choque elétrico é responsável por apenas 6,78% dos acidentes, porém, quando são analisadas as suas causas, os fatais por choque elétrico respondem sozinhos por cerca de 50%” do total das mortes ocorridas na indústria da construção (SINDUSCON/PE apud BARKOKÉBAS et al., 2007).

A relevância deste trabalho está em propor formulário com procedimento operacional para a medição da resistência de aterramento temporário em canteiros de obras, seguindo o padrão das normas brasileiras de referências NBR's, metodologia, equipamentos de proteção individual - EPI e ferramentas necessárias. Será considerada a diversidade dos solos na cidade do Recife, estado de Pernambuco, confirmando ou não, por amostragem dos valores da resistência de aterramento temporário de acordo com o mapa Geológico da Prefeitura da Cidade do Recife.

1.3 Delimitação do Tema e Estruturação da Pesquisa

Esta pesquisa limitou-se a estudar o comportamento da resistência de aterramento em instalações elétricas temporárias nos canteiros de obras, excluindo-se do estudo, portanto, as instalações elétricas permanentes. A pesquisa foi desenvolvida em 07 (sete) canteiros de obras escolhidos aleatoriamente dentro de cada unidade geológica, na cidade do Recife, que estão situados nos sedimentos Terciários, Quaternários, Cretáceo e Pré-Cambriano.

A pesquisa está estruturada em nove capítulos:

- O primeiro capítulo apresenta uma visão geral do contexto acidentário, os objetivos gerais e específicos, assim como a justificativa e a delimitação e estruturação do trabalho.
- O segundo capítulo trata do referencial teórico, que contempla uma revisão da literatura referente aos assuntos abordados no desenvolvimento do estudo.
- O terceiro capítulo mostra reflexões sobre os aspectos de gestão e da legislação de segurança do trabalho envolvidos em instalações elétricas em canteiros de obras, em especial as normas da ABNT: NR 18, RTP 05, NR 10, NBR 5410, NBR 5419 e NBR 7117.
- O quarto capítulo tem como elemento principal uma abordagem sobre os conceitos relacionados a segurança em eletricidade.

- O quinto capítulo apresenta uma abordagem sobre os princípios e medidas gerais da proteção contra choques elétricos exigidos pela NBR 5410.
- O sexto capítulo apresenta a proposta metodológica para o desenvolvimento da pesquisa.
- O sétimo capítulo destaca os resultados obtidos na medição da resistência de aterramento em função das unidades geológicas em canteiros de obras analisados.
- O oitavo capítulo refere-se à análise dos resultados para melhoria das condições de trabalho.
- O nono capítulo apresenta as conclusões, recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um sistema de aterramento é composto pela interligação das massas dos equipamentos, das partes metálicas da estrutura, à uma malha composta por hastes e condutores elétricos enterrados com o intuito de propiciar um caminho seguro para as correntes indesejáveis.

Segundo Cotrim (1992), as principais funções de um sistema de aterramento, são:

- a) Limitar os níveis de potenciais ou distribuição destes, a patamares seguros, com redução dos riscos para pessoas e animais;
- b) Permitir que os dispositivos de proteção sejam sensibilizados, isolando rapidamente as falhas à terra;
- c) Facilitar o escoamento de cargas estáticas em corpos e equipamentos elétrico-eletrônicos;
- d) Direcionar rapidamente para a terra as altas correntes provenientes de descargas atmosféricas;
- e) Obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para corrente de falta a terra;
- f) Proporcionar o escoamento das cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos para terra.

Para que as funções supracitadas possam ser desenvolvidas de forma correta, Visacro Filho (2010) destaca três características primordiais, são elas:

- a) Capacidade de condução;
- b) Baixo valor de resistência;
- c) Configuração de eletrodo que possibilite o controle do gradiente de potencial.

De acordo com Cotrim (2010), todas as massas das instalações elétricas devem ser protegidas contra contatos indiretos, ou seja, por um conjunto de prescrições que visam garantir que nenhuma pessoa ficará sujeita a uma tensão perigosa em caso de falta da isolação em algum componente da instalação.

A Norma Brasileira 5419 (ABNT, 2001) - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, recomenda-se para o caso de eletrodos não naturais, uma resistência de aproximadamente 10Ω , como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo e a probabilidade de centelhamentos

perigosos. Por conseguinte, a resistência de aterramento deverá ser menor ou igual a 10Ω que garantiriam a proteção contra contatos indiretos.

Na Norma Brasileira 15749 (ABNT, 2009), Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento, são estabelecidos os critérios e métodos de medição da resistência de sistemas de aterramento e de potenciais na superfície do solo, bem como define as características gerais dos equipamentos que podem ser utilizados nas medições.

2.1 Eletrodos de aterramento

Eletrodo de aterramento é o condutor ou o conjunto de condutores enterrado(s) no solo e eletricamente ligado(s) à terra para fazer um aterramento. Isto é, o eletrodo pode ser constituído por um ou mais elementos.

Os eletrodos convencionais estabelecidos na NBR 5410 (ABNT, 2004) estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Eletrodos de aterramento materiais comumente utilizáveis.

TIPO DE ELETRODO	DIMENSÕES MÍNIMAS	OBSERVAÇÕES
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal 25 mm	Enterramento total Vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de 20 x 20 x 3 mm com 2,40 m de comprimento	Enterramento total vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento total vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento total vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Cabo de cobre	Seção 25 mm ² e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição horizontal
Cabo de aço zincado	Seção 95 mm ² e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição horizontal
Cabo de aço cobreado	50mm ² de seção e 10m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60m. Posição horizontal

Fonte: adaptada da ABNT (2004).

As hastes constituem o tipo de eletrodo mais simples e mais comum nas instalações de baixa tensão.

É importante observar que as canalizações metálicas do fornecimento de água e de outros serviços não devem ser usadas como eletrodo de aterramento, apesar do uso muito difundido de componentes isolantes em tais canalizações.

2.2 Importância da resistividade do solo na concepção do projeto de aterramento

Um dos fatores que influenciam na elaboração do projeto de aterramento é o valor da resistividade do solo. Para o cálculo da resistência equivalente de qualquer sistema de aterramento esta informação é necessária e o seu valor depende de várias características deste solo, tais como: tipo de solo, estratificação, umidade do solo, compactação, composição química, granulometria do solo, porosidade, temperatura dentre outros.

A Tabela 2 mostra valores característicos para diferentes tipos de solos, nas suas condições usuais de umidade.

Tabela 2 – Valores usuais de resistividade de certos tipos de solo

TIPO DE SOLO E RESPECTIVA RESISTIVIDADE	
TIPO DE SOLO	RESISTIVIDADE [$\Omega \cdot M$]
Lama	5 a 100
Húmus	10 a 150
Limo	20 a 100
Argilas	80 a 330
Terra de jardim	140 a 480
Calcário Fissurado	500 a 1.000
Calcário compacto	1.000 a 5.000
Granito	1.500 a 10.000
Areia seca	3.000 a 8.000
Basalto	10.000 a 20.000

Fonte: Visacro Filho (2010)

2.2.1 Umidade do solo

A umidade é um fator de estrita relevância para o solo, pois a condutividade do solo é sensivelmente afetada pela quantidade de água nele contida, pelo fato da corrente elétrica no solo

ser decorrente de uma solução eletrolítica, observando que o aumento da umidade do solo implicará na redução de sua resistividade. Portanto, o valor da resistividade do solo é variável com os períodos de seca e chuva de uma região. Os aterramentos melhoram a sua qualidade com solo úmido, e pioram no período de seca.

2.2.2 Resistividade do solo em algumas regiões brasileiras

A partir de informações fornecidas por empresas locais, Visacro Filho (2010) cita valores típicos, como referência, de resistividade em algumas regiões brasileiras, valores estes que podem afastar muito das médias regionais. Particularmente em regiões próximas ao litoral, tais valores tendem a ser significativamente menores.

Na Tabela 3 são mostrados alguns valores típicos de resistividade do solo em algumas regiões do Brasil.

Tabela 3 – Resistividades usuais de algumas regiões brasileiras

REGIÃO	VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDADE DO SOLO ($\Omega.M$)
Minas Gerais	2.450
São Paulo	700
Paraná	200 a 1.000
Mato Grosso	500 a 2.000
Pernambuco	100 a 2.000

Fonte: Visacro Filho (2010)

2.2.3 Método de medição de resistividade do solo

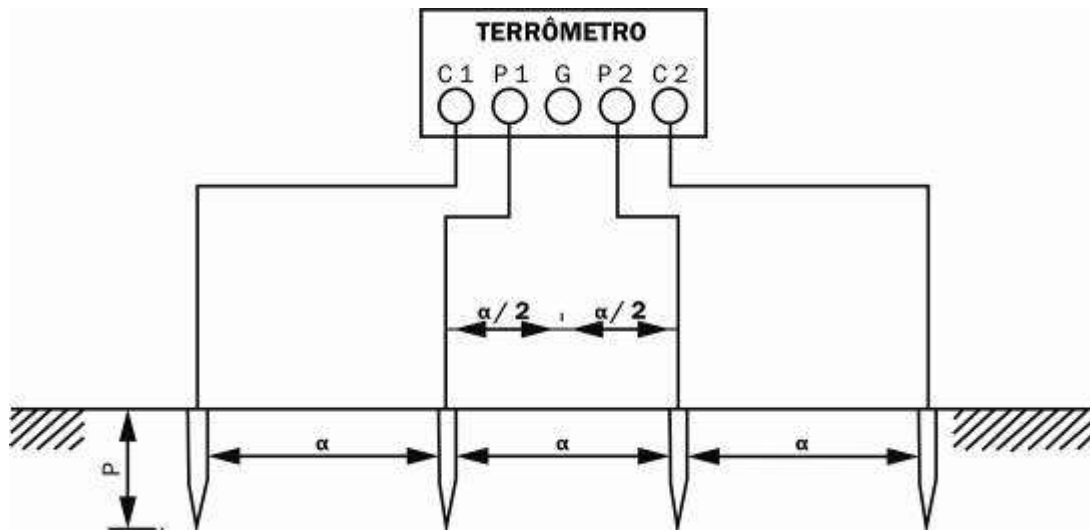
Uma das formas para medição da resistividade do solo é efetuada basicamente por amostragem, onde uma amostra de solo é coletada e enviada ao laboratório para determinação de sua resistividade. Outra forma seria através da medição local com auxílio de aparelhos que injetam correntes em regiões limitadas do solo, através de eletrodos adequadamente posicionados. Com o auxílio de equipamentos, o método empregado para medição da resistividade do solo é através dos quatro eletrodos aplicando um dos seguintes arranjos:

- arranjo de Wenner
- arranjo de Lee
- arranjo de Schlumberger – Palmer

2.2.3.1 Medição pelo método de Wenner

O procedimento de medição descrito abaixo usa o método de arranjo Wenner, que é aceito mundialmente e foi desenvolvido pelo Dr. Frank Wenner, do Bureau of Standards dos EUA em 1915, procedimento este, que será aplicado em nosso estudo.

Neste arranjo os eletrodos são igualmente espaçados, como mostrado na Figura 1, C1 e C2 são os eletrodos de corrente. A tensão é medida entre os eletrodos P1 e P2 do arranjo e essa diferença de potencial será interpretada pelo instrumento como uma tensão V , dividindo essa tensão pela corrente I que foi injetada em C1 (ou C2), obtém-se uma Resistência. Sendo “ a ” a distância entre eletrodos adjacentes e “ p ” a profundidade de cravação destes, a resistividade em função de a e p é dada por:



Fonte: Adaptado a partir da ABNT (2009)

Figura 1 – Resumo esquemático para demonstrar a medição da resistividade do solo utilizando-se o aparelho Terrômetro.

Onde:

R= Leitura da resistência em Ω no Terrômetro, para uma profundidade “p”.

a= Espaçamento das hastes cravadas no solo

p= profundidade da haste cravada no solo

Na prática são usados quatro eletrodos localizados em uma linha reta em intervalos a , enterrados a uma profundidade que não exceda 10 % de a . Quando $p \leq a / 10$, a equação se torna a equação (x):

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R$$

Essa equação é aproximadamente a resistividade média do solo na profundidade “a”. Um conjunto de leituras tomadas com vários espaçamentos entre eletrodos, resulta em um conjunto de resistividades que, quando plotadas em função do espaçamento, indicam a variação da resistividade com a profundidade.

2.3 Resistência de Aterramento

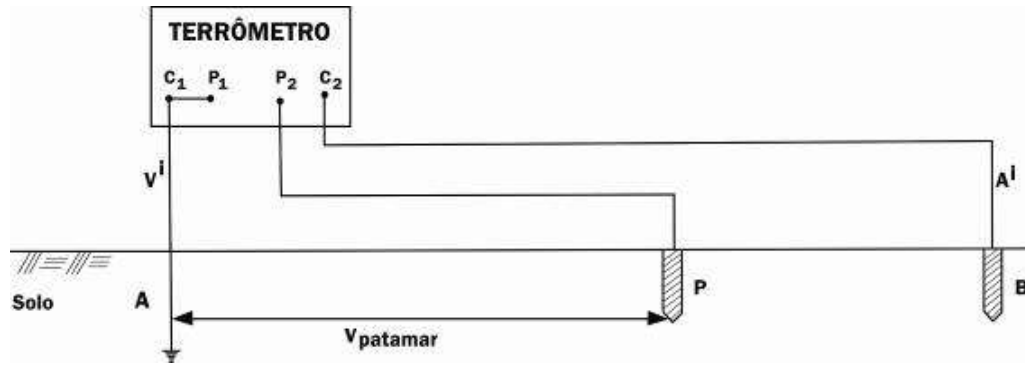
A resistência de aterramento (de um eletrodo) é definida como a relação da tensão medida entre o eletrodo, o terra remoto e a corrente injetada no eletrodo (ABNT, 2009).

A resistência de aterramento na verdade deveria ser denominada de impedância de aterramento já que depende da capacitância e indutância da conexão à terra, cada qual influenciando na capacidade de condução de corrente para o solo. A quantificação do valor da resistência de aterramento pode ser traduzida através da relação entre o valor da diferença de potencial verificada entre o eletrodo e um ponto infinito (local da terra afastado do eletrodo onde o potencial se anula) e o valor da corrente injetada no solo através do referido eletrodo.

2.3.1 Medição da resistência de terra

Segundo Visacro Filho (2010), o método da queda de potencial é recomendado para medição de resistência de aterramento, o que se deve a dois fatores: sua exatidão e ao fato de permitir uma avaliação da consistência dos seus resultados.

O método da queda de potencial consiste basicamente em fazer circular uma corrente através da malha de aterramento sob ensaio (**A**) por intermédio de um eletrodo auxiliar de corrente (**B**), e medir a tensão entre a malha de aterramento e o terra de referência (terra remoto) por meio de uma sonda ou eletrodo auxiliar de potencial (**P**), conforme indicado na Figura 2.



Fonte: adaptado da ABNT (2009)

Figura 2 – Resumo esquemático para demonstrar a medição da resistência de terra utilizando-se o aparelho Terrômetro.

2.3.1.1 Limitações na aplicação do método da queda de potencial

Em determinadas situações torna-se muito difícil ou mesmo impossível a aplicação do método da queda de potencial. Entre estas situações, destacam-se as seguintes:

- a) instalações urbanas em regiões densamente povoadas
- b) sistemas de aterramento de grandes dimensões

2.3.2 Técnicas utilizadas para reduzir a resistência do aterramento

Quando os procedimentos ditos comuns não forem suficientes para atingir o valor esperado de resistência da malha, pode ser utilizada uma das seguintes técnicas para reduzir a resistência do aterramento:

- a) Tratamento químico do solo - emprego de sais de sódio, sulfato de cobre ou betonita, devido ter baixa resistividade e características higroscópicas, diminui significativamente a resistividade do solo e com isso a resistência de terra. No entanto, deve-se ter o cuidado por um lado, de evitar que os sais estejam em contato direto com o eletrodo, de forma a evitar a corrosão do

mesmo e por outro lado, manter um controle do valor da resistência de terra, pois este tem tendência a aumentar com o tempo devido à dispersão do sal no solo.

b) Aumento do comprimento dos eletrodos de aterramento - diminui significativamente a resistência de aterramento, pelo fato de a área de contato entre o eletrodo e a terra aumentar.

c) Aumento do número de eletrodos de aterramento (verticais) – A resistência de terra pode ser substancialmente diminuída com a aplicação de mais do que um eletrodo vertical, devendo-se garantir, no entanto que os eletrodos estejam suficientemente afastados, de forma a serem minimizados os efeitos da zona de interferências.

2.4 Procedimentos durante as medições da resistividade do solo e resistência de aterramento.

Durante as medições devem ser observado os procedimentos de acordo com a tabela4.

Tabela 4 - Procedimentos durante a medição da resistividade do solo e da resistência de aterramento

RESISTIVIDADE DO SOLO	RESISTENCIA DE ATERRAMENTO	SEGURANÇA DO PROFISSIONAL
As hastes devem estar alinhadas	Alinhamento do sistema de aterramento principal com as hastes de potencial e auxiliar.	Não devem ser feitas medições sob condições atmosféricas adversas, tendo-se em vista a possibilidade de ocorrência de raios.
As hastes devem estar igualmente espaçadas	A distância entre o sistema de aterramento principal e a haste auxiliar deve ser suficientemente grande, para que a haste de potencial atinja a região plana do patamar.	Não tocar na haste e na fiação
As hastes devem estar bem limpas, principalmente isentas de óxidos e gorduras, para possibilitar bom contato com o solo.	As hastes de potencial e auxiliar devem estar bem limpas, principalmente isentas de óxidos e gorduras, para possibilitar bom contato com o solo.	Utilizar calçados e luvas de isolamento para executar as medições
As hastes devem estar cravadas no solo a uma mesma profundidade, recomenda-se entre 20 a 30 cm.	Cravar as hastes no mínimo 70 cm no solo	Não deixar que animais ou pessoas estranhas se aproximem do local
O aparelho deve estar simetricamente posicionado entre as hastes	Se houver oscilação da leitura, durante a medição, significa existência de interferência	O terra a ser medido deve estar desconectado do sistema elétrico
As hastes usadas devem ser do tipo Copperweld, com 1,2m de comprimento e diâmetro de 16mm	As hastes usadas devem ser do tipo Copperweld, com 1,2m de comprimento e diâmetro de 16mm	

A condição do solo (seco, úmido, etc.) durante a medição deve ser anotada	As medições devem ser feitas em dias em que o solo esteja seco, para obter o maior valor de resistência de terra deste aterramento
Verificar o estado do aparelho, inclusive a carga da bateria .	Verificar o estado do aparelho, inclusive a carga da bateria .

Fonte: Interpretação do autor, a partir do trabalho de Kidermanm (2011)

Em síntese o método de medição utilizado na pesquisa é o da queda de potencial, que utilizará o equipamento medidor de resistência de aterramento, chamado de terrômetro.

3 LEIS E NORMAS QUE ATENDEM A SEGURANÇA E A SAÚDE DOS TRABALHADORES INCLUIDOS NO PRESENTE ESTUDO.

Apresentam-se a seguir algumas referências da legislação que são consideradas fundamentais para estabelecer as condições de segurança de pessoas, animais domésticos, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

3.1 Lei nº 11.337, de 26 de julho de 2006

Em sua ementa, a lei determina a obrigatoriedade das edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica (BRASIL, 2006).

3.2 Norma Regulamentadora - 10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (NR-10 - MTE)

É uma Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), fiscalizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, que trata da Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Em linhas gerais, a NR-10 estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (BRASIL, 2011a).

3.3 Norma Regulamentadora – 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (NR-18 - MTE)

É uma Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), fiscalizada pelo MTE, que trata das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção

estabelecendo diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção e, em seu capítulo 18.21, trata das instalações elétricas (BRASIL, 2011b).

3.4 Recomendação Técnica de Procedimentos - RTP 05 – Instalações Elétricas Temporárias em Canteiros de Obras (FUNDACENTRO, 2005)

Essa recomendação discute sobre a proteção da integridade física e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interagem com as instalações elétricas temporárias e as atividades executadas nos canteiros de obras. O conteúdo deste documento contempla o planejamento, a organização e execução, a manutenção e o controle em conformidade com a NBR 5410, NR 10 e NR 18 (VIANA et al., 2007).

3.5 NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão

A Norma Brasileira 5410 sobre instalações elétricas de baixa tensão tem como objetivo fixar as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas aqui estabelecidas, a fim de garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação dos bens. Esta Norma aplica-se às instalações elétricas alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua (ABNT, 2004).

3.6 NBR 15749 – Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento

A Norma Brasileira 15749, estabelece os critérios e métodos de medição de resistência de sistemas de aterramento e de potenciais na superfície do solo (tensões superficiais), bem como define as características gerais dos equipamentos que podem ser utilizados nas medições. Segundo a NBR 15749 (ABNT, 2009) a resistência do eletrodo de aterramento associada aos

potenciais na superfície do solo de uma instalação elétrica são grandezas a serem medidas, visando:

- verificar a eficiência do eletrodo em dispersar corrente elétrica no solo em que está inserido;
- detectar tensões superficiais que ofereçam risco aos seres vivos e equipamentos;
- determinar a elevação de potencial do sistema de aterramento em relação ao terra de referência.

3.7 Resolução nº 414/2010 – ANEEL/MME

Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada (AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA E ELETRICIDADE - ANEEL, 2011):

“ [...] Art. 27º Efetivada a solicitação de fornecimento, a distribuidora deve cientificar o interessado quanto à:

I - obrigatoriedade de:

Observância, na unidade consumidora, das normas e padrões disponibilizados pela distribuidora, assim como daquelas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, naquilo que couber e não dispuser contrariamente à regulamentação da ANEEL”

4 SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A eletricidade é a forma de energia mais utilizada na sociedade humana, quer propiciando conforto aos lares, quer atuando como insumo nos diversos segmentos da economia. Mas a eletricidade, em determinadas condições, pode comprometer a segurança das pessoas. Ignorar os riscos elétricos pode acarretar consequências graves para pessoas e bens.

Sua ação mais nociva é a ocorrência do choque elétrico com consequências diretas e indiretas, como: quedas, batidas, queimaduras indiretas, mortes e outras. Também apresenta risco devido à possibilidade de ocorrências de curtos-circuitos ou mau funcionamento do sistema elétrico originando grandes incêndios e explosões.

4.1 Estudo do Choque Elétrico

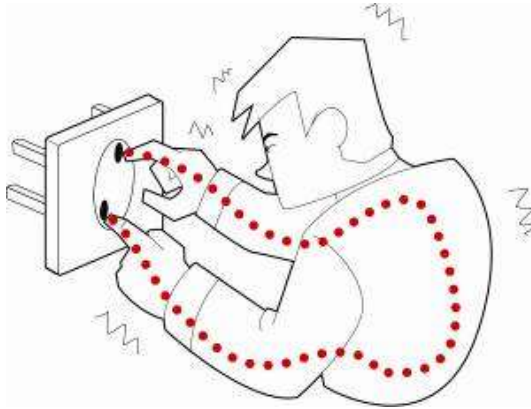
Segundo Cotrim (2010, p. 7), “choque elétrico é a perturbação, de natureza e efeito diversos, que se manifesta no organismo humano ou animal quando este é percorrido por uma corrente elétrica”.

4.1.1 *Natureza do Choque Elétrico*

De acordo com a NBR 5419 (ABNT, 2001) – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, a natureza do choque elétrico, pode advir por:

a) Choque produzido por contato com circuito energizado

Conforme apresentado na Figura 3, choque surge pelo contato direto da pessoa com a parte energizada da instalação. O mesmo dura enquanto permanecer o contato e a fonte de energia estiver ligada. As consequências podem ser pequenas contrações ou até lesões irreparáveis, podendo levar a morte.

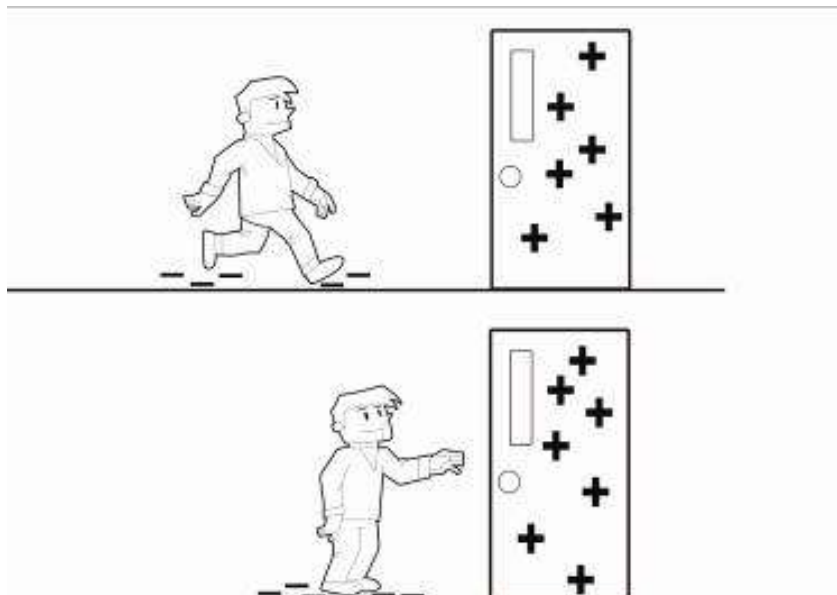


Fonte: Adaptado de Zorzal (2008).
 Figura 3 - Choque por contato com circuito energizado.

b) Choque produzido por contato com corpo eletrizado

Neste caso a analisar, o choque produzido por eletricidade estática ocorre quando os átomos de um determinado corpo perdem ou ganham elétrons, ficando dessa forma carregado positivamente ou negativamente (Figura 4).

Na maioria das vezes este tipo de choque elétrico não provoca efeitos danosos ao corpo, devido à curtíssima duração.



Fonte: Adaptado de Zorzal (2008).
 Figura 4 - Choque por contato com corpo eletrizado

c) Choque produzido por raio (Descarga Atmosférica)

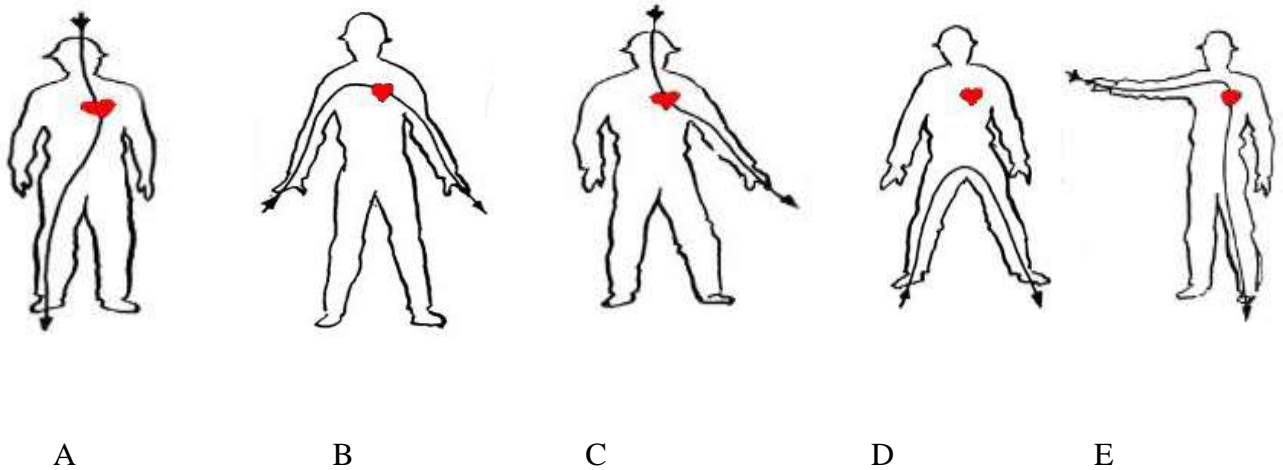
O raio se inicia quando as nuvens e a terra ficam carregadas com cargas elétricas diferentes. Isso gera o aparecimento de uma "faísca" que neutraliza o processo de cargas. Os raios são a consequência do fenômeno de descargas elétricas entre nuvens ou nuvens e a terra. Quando acontecem, provocam um clarão (relâmpago) e um barulho (trovão), Figura 5, devido ao deslocamento de ar. Ao procurar um caminho para sua descarga, o raio atinge pontos altos e pontiagudos, onde existe maior concentração de cargas. Os estragos provocados pela ação do raio são enormes, podendo causar danos a uma área extensa.



Figura 5 – Raio

4.2 Percurso da corrente elétrica através do corpo humano

Os tipos mais prováveis e perigosos de choque elétrico são aqueles que as correntes atravessam o corpo de mão a mão, da mão esquerda para os pés ou da cabeça para os pés, pois afetam diretamente o coração, muitos são os efeitos causados no organismo. A Figura 6 mostra diversos percursos da corrente elétrica pelo corpo humano.



Fonte: Fundacentro (1981)

Figura 6: Percurso da corrente elétrica através do corpo humano

Na figura 6(a), a corrente percorre o corpo e sai pelo pé, sendo que o contato com um condutor energizado é na cabeça. O percurso da corrente elétrica passa pelo tórax, onde estão os órgãos vitais dos sistemas respiratório e circulatório.

Na figura 6(b), a corrente entra por uma das mãos e sai por um dos pés, sendo que o contato com um condutor energizado é na mão direita. O percurso da corrente elétrica passa pelo tórax, centros nervosos, diafragma. Dependendo da intensidade da corrente produzirá asfixia e fibrilação ventricular.

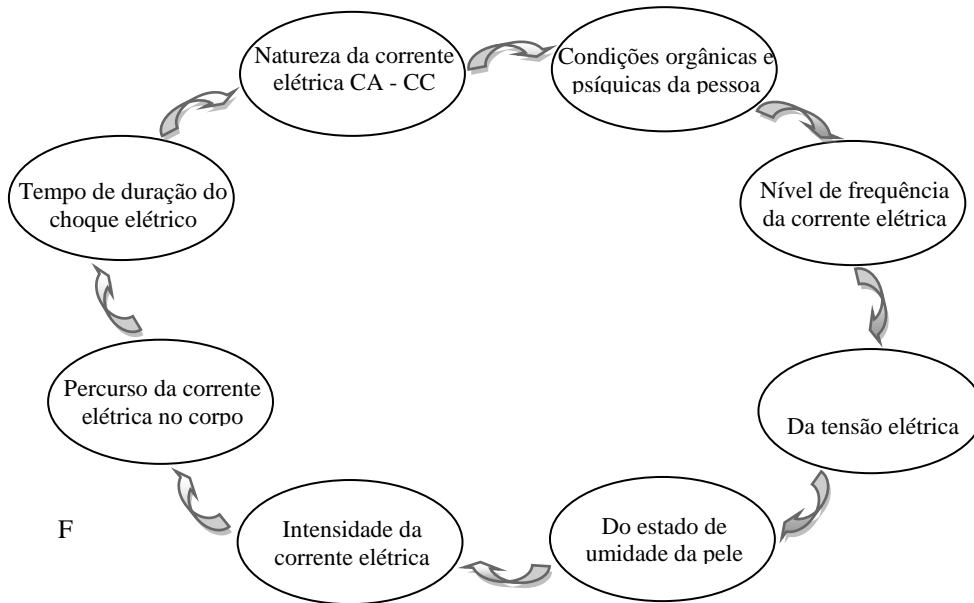
Na figura 6(c), a corrente entra por uma das mãos e sai pela outra, o percurso da corrente elétrica passa pelo tórax. É um dos percursos mais perigosos, pois dependendo da intensidade de corrente, pode ocasionar parada cardíaca.

Na figura 6(d), a corrente percorre o corpo e sai pela mão esquerda, sendo que o contato com um condutor energizado é na cabeça. O percurso da corrente elétrica passa pelo tórax, onde estão os órgãos vitais dos sistemas respiratório e circulatório.

Na figura 6(e), a corrente elétrica percorre o caminho entre os pés, não atingindo o coração e demais órgãos do tórax e abdômen. O choque elétrico nesse caso geralmente é de menor gravidade.

4.2.1 A gravidade do choque elétrico

A gravidade do choque elétrico é determinada pela intensidade de corrente que o provocou e depende basicamente dos seguintes fatores, mostrados na Figura 7:



Fonte: adaptado de Kindermann, (2011).

Figura 7 – Fatores que influenciam os efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

A Tabela 5, mostra as principais variáveis fisiológicas que influenciam no valor da resistência elétrica do corpo humano.

Tabela 5 – Variáveis fisiológicas nas zonas do corpo humano

VARIÁVEL	EFEITOS
Estado da Pele	A resistência do corpo humano é quase que exclusivamente oferecida pela camada externa da pele, composta de células mortas. Quando o corpo encontra-se úmido, a resistência diminui permitindo maior intensidade de corrente elétrica do que a pele seca.
Local do contato	Depende do trajeto da corrente elétrica que passa pelo corpo humano de mão para mão, de mão para pé, de dedo para dedo e outros.
Área de contato	O aumento da área desenvolve também a resistência, porém, dependendo da intensidade da corrente, poderá aumentar a área da lesão.
Pressão de contato	Quanto maior a pressão de contato, menor a resistência elétrica da pele
Duração do contato	Quanto maior o tempo de contato, menor a resistência, no entanto, com o Efeito Joule haverá queimadura da pele, a resistência elétrica da pele atinge os valores mais baixos.
Natureza da corrente	O corpo humano é mais sensível à corrente alternada de frequência industrial (50/60 Hz) do que à corrente contínua
Taxa de álcool	No caso de ingestão de quantidades elevadas de álcool no sangue, a resistência elétrica do corpo diminui.
Tensão elétrica do choque	A resistência do corpo diminui com o aumento da tensão elétrica de choque, ocorrendo maiores variações nos níveis mais baixos de tensão.

Fonte: Cotrim (2010), Kindermann (2011)

Deve-se considerar que as reações mudam de pessoa para pessoa, estando diretamente ligada à atividade biológica do corpo humano.

4.3 Zonas de efeito

A publicação IEC/TS 60479-1 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 1984) define cinco zonas de efeitos para correntes alternadas de 50 ou 60 Hz e leva em consideração pessoas que pesam 50 kg e um trajeto de corrente entre as extremidades do corpo (mão/mão ou mão/pé), a serem mostradas na Figura 8.

A Zona 1 é aquela em que a corrente elétrica não produz reação alguma no corpo humano. Situa-se abaixo do chamado limiar de percepção (0,5 mA) e é representada pela reta da Figura 8. É importante salientar que esse valor varia de acordo com a pessoa, sendo menor para mulheres e crianças.

A Zona 2 é aquela em que a corrente não produz nenhum efeito patofisiológico perigoso. Está entre o limiar de percepção e a curva limite de corrente patofisiologicamente perigosa (curva b) e é dada pela expressão a seguir:

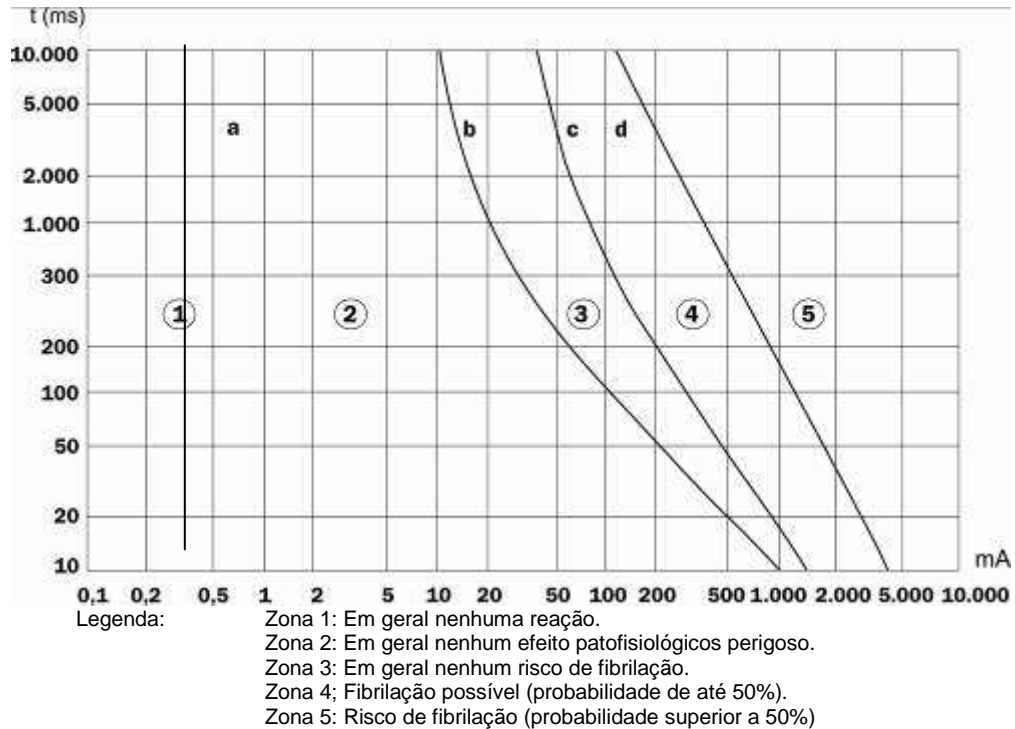
$$I = I_L + 10/t \quad (1)$$

Onde I é o valor eficaz da corrente (mA), I_L é o limite de largar (valor eficaz) igual a 10 mA, (em mulheres) e t é o tempo de duração do choque.

Na Zona 3, compreendida entre a curva b e a curva c, não há risco de fibrilação ventricular, mas a corrente pode provocar outros inconvenientes, tais como: parada cardíaca, parada respiratória e contrações musculares, geralmente reversíveis.

Na Zona 4, a corrente do choque elétrico pode provocar fibrilação ventricular, com uma probabilidade que vai de 0,5% (curva c) a 50% (curva d).

Na Zona 5, situada após a curva d, há o perigo efetivo da ocorrência de fibrilação ventricular, (Figura 8).



Fonte: A partir da IEC/TS 60479-1 (1984)

Figura 8 – Zonas de efeito da corrente alternada (50 ou 60Hz) sobre adultos

No caso de corrente alternada, com frequência de 15 a 100 Hz, são caracterizadas quatro zonas, como mostra a Figura 09, para correntes de choque entre mão e pé.

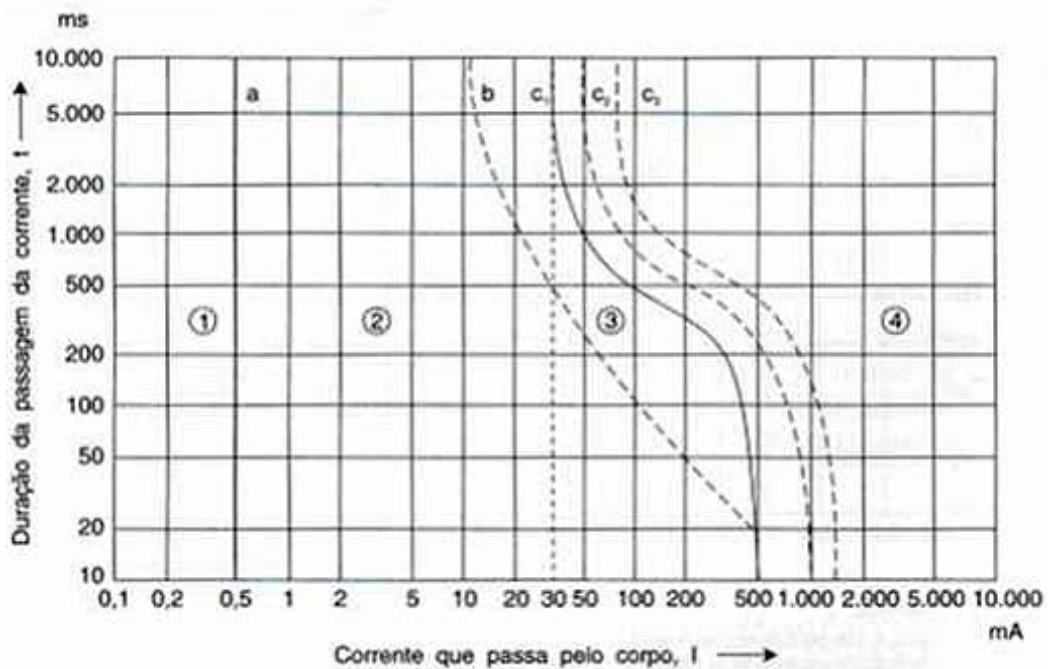
Na *Zona 1* não ocorre nenhuma reação.

Na *Zona 2*, não ocorre nenhum efeito fisiológico perigoso.

Na *Zona 3*, não acontece, em geral, nenhum dano orgânico. Para tempos longos ocorrem contrações musculares, dificuldade de respiração e perturbações reversíveis no coração.

A *Zona 3* é limitada pelas curvas b e c1.

Na *Zona 4*, além dos efeitos da *Zona 3*, a probabilidade de fibrilação ventricular aumenta cerca de 5% (curva C2) a 50% (curva C3) e acima de 50% além da curva C3.



Fonte: IEC/TS 60479-1 (2005)

Figura 9 – Zonas de efeito de corrente alternada (de 15 a 100 Hz) entre mão e pé sobre as pessoas.

4.4 Efeitos da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano

O choque elétrico é o efeito patofisiológico da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano. Essa passagem afeta o corpo desde uma sensação de formigamento até disfunções circulatórias e respiratórias podendo ainda causar, queimaduras. O grau de risco para a pessoa é função da intensidade da corrente, das partes do corpo atravessadas, e da duração da passagem da corrente. Para proteger as pessoas contra choque elétrico é preciso primeiro conhecer qual é o efeito da corrente elétrica no corpo humano. De acordo com a IEC (2005) em sua publicação N°479-1 - “Efeitos da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano”, foi realizado em estudos baseados na medicina relacionando o choque com efeitos fisiológicos no corpo humano. Podem ser caracterizados quatro fenômenos patológicos críticos: a tetanização, a parada respiratória, as queimaduras e a fibrilação ventricular.

4.4.1 Efeito fisiológico da tetanização

As contrações musculares com forças diferentes com a soma de contrações individuais que, juntas, aumentam a intensidade da contração total podem ocorrer de duas formas. A primeira é o

aumento das unidades motoras que se contraem ao mesmo tempo, permitindo a distribuição ou a requisição de músculos a partir de sua necessidade. A segunda é o aumento da sequência de contração, que ocorre individualmente e com baixa frequência. Na prática, pode levar a períodos de repetição estreitos, provocando a tetanização dos músculos (GUYTON & HALL, 2002). A tetanização é um fenômeno decorrente da contração muscular produzida por uma corrente elétrica. Verifica-se que, sob a ação de um estímulo, o músculo se contrai e, em seguida, retorna ao estado de repouso, devido a uma diferença de potencial elétrico em uma fibra muscular (COTRIM, 2010).

No choque elétrico, a corrente fisiológica interna do corpo humano soma-se à corrente externa desconhecida e de intensidade comparativamente muito maior, levando à hipocalcemia com concentrações plasmáticas de íons de cálcio cerca de 50% baixo do normal (GUYTON; HALL, 2002).

A intensidade da corrente elétrica imposta ao corpo humano mantido em contato direto com materiais condutores poderá produzir a tetanização das mãos, que somente será interrompida no caso de desligamento da fonte geradora (CAMINHA, 1977).

A Tabela 6 apresenta uma relação entre a intensidade de corrente recebida e a reação, quando uma corrente flui da mão ao pé por apenas um segundo.

Tabela 6 - Efeitos da intensidade da corrente elétrica no corpo humano

CORRENTE	REAÇÃO
Abaixo de 1 mA	Geralmente não é perceptível
1 mA	Leve formigamento
5 mA	Um pequeno choque é sentido, não dolorido, mas incômodo. A maioria das pessoas consegue largar. Forte reação involuntária pode levar a ferimentos
6 a 25 mA (mulher)	Choque doloroso. Perda de controle muscular
9 a 30 mA (homem)	Limite de largar. O indivíduo não consegue se soltar, mas pode ser jogado para longe do circuito, se o músculo extensor for estimulado
50 a 150 mA	Dor extrema, parada respiratória contração muscular grave. Morte possível
1.000 a 4.300 mA	Cessa o batimento ritmado do coração. Ocorre contração muscular e dano ao nervo. Morte provável
10.000 mA	Parada cardíaca. Queimaduras graves. Morte presumível.

Fonte: OSHA 3075 (2002)

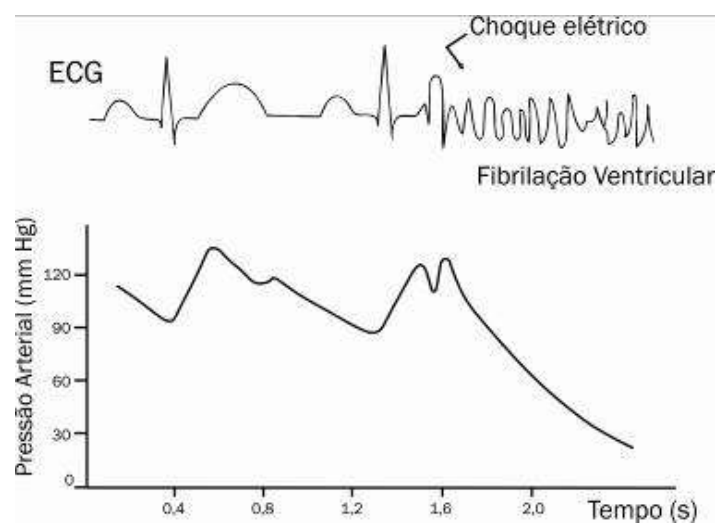
4.4.2 Efeito fisiológico da fibrilação ventricular

A fibrilação ventricular é o tipo de arritmia cardíaca que, se não for interrompida no período de um a três minutos, se torna irreversível, levando à morte. Ela é decorrente de uma sequência de impulsos cardíacos desordenados, iniciando-se pelo músculo ventricular, e que se repetem continuamente no mesmo músculo (GARCIA, 2002).

Dessa forma, não ocorrerá contração coordenada do músculo ventricular a um só tempo, o que é necessário para o correto funcionamento do coração. Apesar de não encerrar o movimento estimulante, essa forma desordenada, por toda parte dos ventrículos, não gera volume de sangue suficiente para o bombeamento, levando inicialmente à inconsciência, de quatro a cinco segundos, falta de fluxo sanguíneo para o cérebro e, finalmente, à falência irrecuperável dos tecidos e do corpo, em minutos (CARNEIRO, 1998).

Os fatores que apresentam maior probabilidade de causar a fibrilação ventricular são os choques elétricos súbitos no coração, a isquemia do músculo cardíaco ou ambos.

Segundo Kindermann (2011), “na fibrilação ventricular as fibras musculares do coração ficam tremulando desordenadamente, como observado na Figura 10, havendo, em consequência, uma total ineficiência no bombeamento do sangue, a pressão cai à zero, permanecendo a vítima em estado de morte aparente”.



Fonte: Adaptado de Kindermann (2011).

Figura 10 – Sinal do eletrocardiograma e Pressão arterial

4.4.3 Parada respiratória

Define-se o limite de largar como sendo a máxima corrente que uma pessoa pode tolerar ao segurar um eletrodo, podendo ainda largá-lo usando os músculos completamente estimulados pela corrente. Para corrente alternada de 50/60 Hz há uma diferença entre homens e mulheres; em média são 10 mA e 16 mA para mulheres e homens respectivamente. Em corrente contínua os valores médios são 51 mA para as mulheres e 76 mA para os homens.

Correntes superiores ao limite de largar podem provocar parada respiratória, devido à tetanização do diafragma (músculo que divide o tórax do abdômen e é responsável pelos movimentos de contração e relaxamento, que promovem o enchimento de ar nos pulmões).

Estas correntes produzem sinais de asfixia no indivíduo, causados pela contração dos músculos ligados à respiração. Se o indivíduo permanecer exposto a esta corrente perderá a consciência e poderá morrer sufocado. Neste caso pode-se verificar a grande importância da respiração artificial, da rapidez de sua aplicação e do tempo pelo qual ela é realizada.

4.4.4 Queimadura

A corrente elétrica ao atravessar o corpo elétrico pode produzir queimadura por efeito Joule. A situação torna-se mais crítica nos pontos de entrada e saída da corrente, isto porque a pele tem uma alta resistência elétrica enquanto os tecidos internos são bons condutores. Também a resistência de contato entre a pele e a superfície sob tensão soma-se à resistência da pele; e a densidade de corrente é maior nos pontos de entrada e de saída da corrente, tanto quanto for pequena a área de contato. As queimaduras agravam-se numa relação direta com a densidade de corrente. Em alta tensão predominam-se os efeitos térmicos da corrente, isto é, o calor produz a destruição dos tecidos superficiais e profundos bem como o rompimento de artérias que desencadeiam hemorragia. As queimaduras provenientes de choques elétricos são mais profundas e de mais difícil cura, podendo levar a morte por insuficiência renal. O indivíduo pode também entrar em contato com superfícies aquecidas por corrente elétrica, cuja temperatura indica um defeito de sobrecarga na instalação. Caso haja formação de arco elétrico a temperatura

pode atingir valores bastante elevados que certamente destruirá qualquer tecido humano atingido. Em alguns casos pode haver desprendimentos de partículas incandescentes que irão produzir o mesmo efeito.

5 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

A proteção contra choque visa impedir que uma pessoa ou animal doméstico estabeleça contato involuntário com alguma parte da instalação elétrica que esteja em potencial perigoso para a sua integridade física. Este potencial pode ser originado tanto de uma parte da instalação que está energizada para o seu funcionamento normal, quanto de uma parte que foi acidentalmente energizada. Uma instalação elétrica tem que ser segura, ter a devida proteção tanto em situação de funcionamento normal quanto em uma situação de falta.

A proteção contra choques deve considerar os seguintes elementos da instalação elétrica: partes vivas, massas e elementos condutores estranhos à instalação.

5.1 Fundamentos da Proteção Contra Choques Elétricos

O choque elétrico é originado pelo contato de pessoas:

- diretamente em condutores energizados ou alguma outra parte energizada do circuito de um equipamento devido a uma fissura (falha) do material isolante;
- indiretamente quando massas energizadas ficam sob tensão devido a uma falha de isolamento.

De acordo com Cotrim (2010), em todas as instalações elétricas, qual seja o local, devem ser asseguradas medidas de segurança e proteção contra choques elétricos, evitando assim riscos de ferimento ou até mesmo de morte por eletrocussão.

5.2 Princípio Fundamental de Proteção contra Choques Elétricos

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que o princípio fundamental no tocante à proteção contra choques elétricos inclui que as partes vivas (energizadas) perigosas não devem ser acessíveis, a fim de evitar o contato direto, e que as massas ou partes condutoras acessíveis não devem

oferecer perigo, a fim de prevenir o contato indireto, seja em condições normais, seja em caso de alguma falha que as torne acidentalmente energizadas.

Fundamentado nesse princípio, a ABNT (2004) indica que a proteção contra choques elétricos inclui dois tipos de proteções: a básica (contra contato direto) e a supletiva (contra contatos indiretos).

5.2.1 *Proteção Básica (contra contatos diretos)*

A proteção contra choque por contato direto visa impedir um contato involuntário com uma parte condutora destinada a ser submetida a uma tensão não havendo defeito. Esta regra se aplica igualmente ao condutor neutro. A maneira de impedir este acesso constitui as medidas de proteção. Cada uma das medidas tem características específicas.

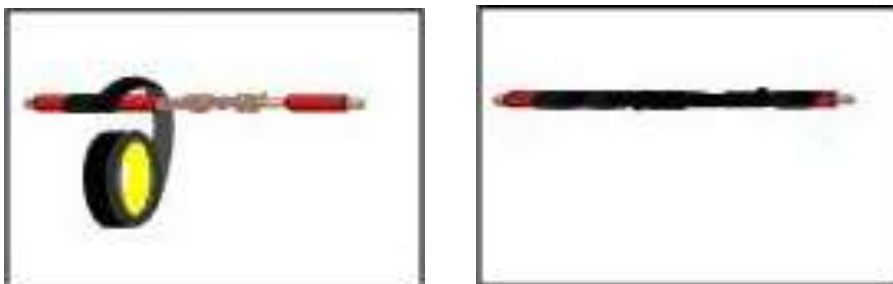
Regra Fundamental

Nenhum condutor, parte condutora destinada a ser submetida a uma tensão não havendo defeito (situação normal de funcionamento), deve estar acessível às pessoas.

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

- Isolação das partes vivas

Deve impedir o contato com as partes vivas da instalação através de uma isolação que somente possa ser removida com a sua destruição (figura 11).

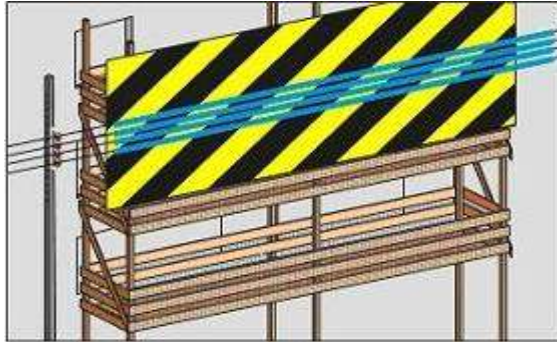


Fonte: Viana, (2007).

Figura 11 – Isolação das partes vivas

- Barreiras ou invólucros

Visa impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica,(Figura 12).

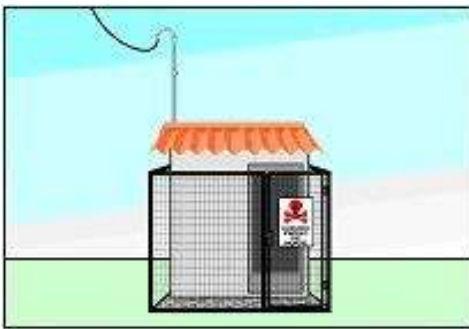


Fonte: Viana (2007).

Figura 12 – Barreiras ou invólucros

- Obstáculos

Partes vivas são confinadas em compartimentos onde só é permitido acesso a pessoas autorizadas, (Figura 13).



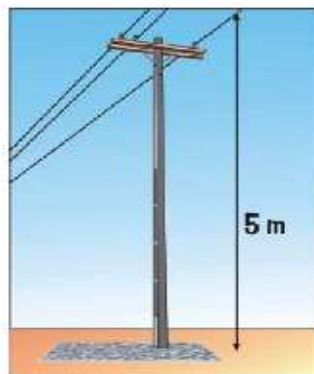
Fonte: Viana (2007)



Figura 13 – Obstáculos

- Colocação fora de alcance

Consiste em instalar os condutores energizados a uma altura/distância fora de alcance das pessoas e animais, (Figura 14).



Fonte: Viana (2007)

Figura 14 – Colocação fora de alcance

5.2.2 Proteção Supletiva (contra contatos indiretos)

A proteção contra choque por contato indireto é o conjunto de prescrições que visam garantir que nenhuma pessoa ficará sujeita a uma tensão perigosa em caso de falta da isolação em algum componente da instalação. As principais medidas de proteção contra choque elétrico, prescritas pela NBR 5410, são:

Seccionamento automático da alimentação:

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma tensão de contato se mantenha por um tempo que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas, de acordo com a IEC 60479-1. Os princípios básicos da medida de proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação são:

- a) **Aterramento** – as massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas, para cada esquema de aterramento.
- b) **Seccionamento da alimentação** – um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos por este dispositivo sempre que uma falta entre parte viva e massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado da tensão de contato limite U_L .

5.3 Aterramento Elétrico

É definido como ligação de um equipamento ou de um sistema à terra, por motivo de proteção ou por exigência quanto ao funcionamento dele (ABNT, 2004).

5.3.1 Classificação

O aterramento elétrico segundo sua função pode ser classificado como:

Funcional: Aterramento de um condutor vivo, normalmente o neutro, objetivando o correto funcionamento da instalação;

Proteção: Aterramento das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, objetivando a proteção contra choques por contatos indiretos;

De Trabalho: Aterramento de uma parte de um circuito de uma instalação elétrica, que está normalmente sobtensão, mas é posta temporariamente sem tensão para que possam ser executados trabalhos com segurança.

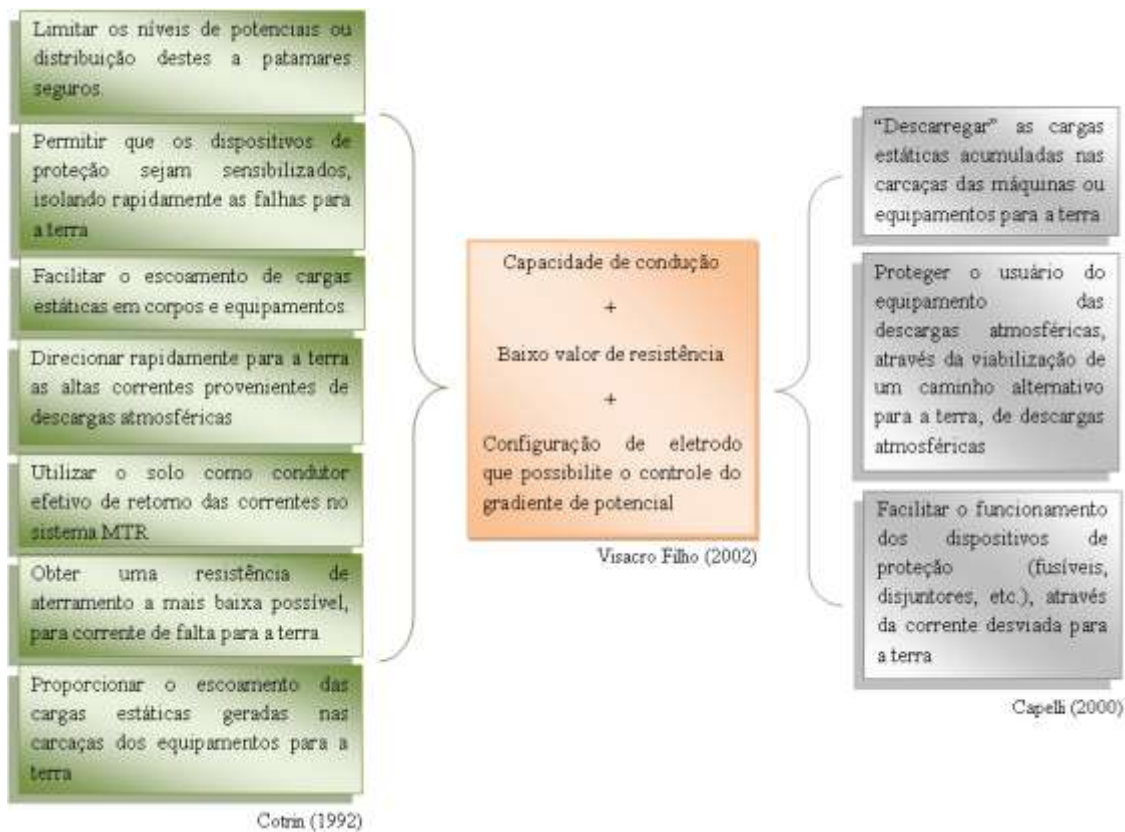
5.3.2 *Objetivos do aterramento*

De acordo com Leite e Pereira Filho (1996), a principal função de um aterramento está sempre associada à proteção de pessoas e equipamentos. Com base nisso é possível destacar os principais objetivos do aterramento:

- obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta à terra;
- manter os potenciais produzidos pelas correntes de falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação do coração humano;
- fazer que os equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra;
- proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas.

5.4 **Sistemas de Aterramento e suas Especificações**

A interligação das massas dos equipamentos e das partes metálicas da estrutura à uma malha composta por hastes e condutores elétricos enterrados com o intuito de propiciar um caminho seguro para as correntes indesejáveis, compõem um sistema de aterramento. Cotrim (1992) resumiu o que poderia se chamar as principais funções de um sistema de aterramento. Entretanto, para que as funções deste sistema possam ser desenvolvidas de forma correta, Visacro Filho (2010) informa que algumas características primordiais devem ser respeitadas. Com isso, Capelli (2000), finaliza o aterramento elétrico em três características essenciais que globalizam, ou simplificam as já enumeradas por Cotrim (1992) e que seguiram as orientações de Visacro Filho (2010), Figura 15.



Fonte: Adaptada de Cotrim (1992), Capelli (2000) e Visacro Filho (2010).

Figura 15 – Visualização esquemática das principais funções de um sistema de aterramento

5.4.1 Tipos e esquemas de aterramentos

A ABNT (2004), que rege o campo de instalações elétricas em baixa tensão devem obedecer, quanto aos aterramentos funcional e de proteção, especifica três esquemas de aterramento básicos (**TT**, **TN** e **IT**), designados pela seguinte simbologia:

1ª letra – indica a alimentação em relação à terra:

T – um ponto diretamente aterrado;

I – nenhum ponto aterrado ou aterramento através de impedância razoável.

2ª letra – situação das massas em relação à terra:

T – diretamente aterradas (qualquer ponto);

N – ligadas ao ponto de alimentação aterrado (sem aterramento próprio);

I – massas isoladas, não aterradas.

Outras letras – especificam a forma de aterramento da massa, utilizando o aterramento da fonte de alimentação:

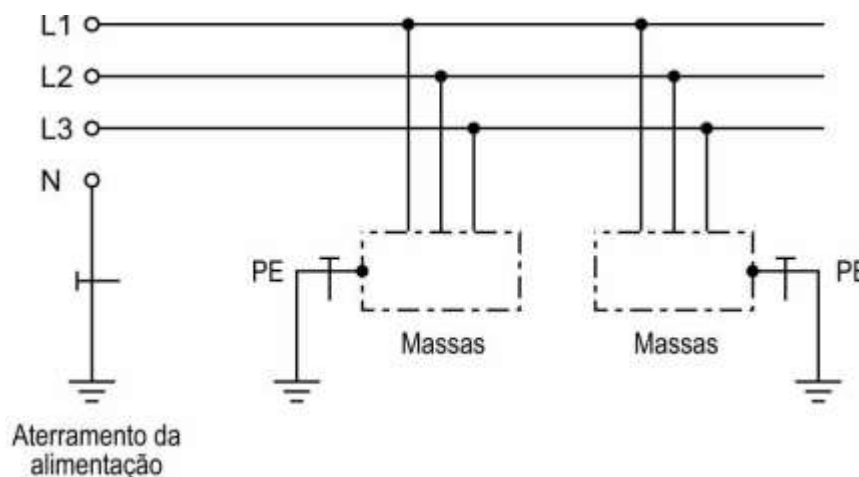
S – neutro e proteção (PE) por condutores distintos (separados);

C – neutro e proteção em um único condutor (PEN).

Esquema TT

Um ponto da alimentação (em geral, o neutro do secundário do transformador), é diretamente aterrado com eletrodos independentes das massas.

Todas as massas protegidas contra contatos indiretos devem ser ligadas a um ponto único, para evitar malhas e surgimento de tensões de passo. É recomendado para sistemas onde a fonte de alimentação e a carga estiverem distantes uma da outra. A Figura 16 apresenta o modelo elétrico desse esquema de aterramento.



Fonte: ABNT (2004).

Figura 16 – Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TT.

De acordo com Capelli (2000), esse sistema é o mais eficiente de todos. O neutro é aterrado logo na entrada e segue (como neutro) até a carga (equipamento). A massa do equipamento é aterrada com uma haste própria, independente da haste de aterramento do neutro. O sistema de aterramento TT, de acordo com a NBR 5410, tem como objetivo interligar eletricamente objetos condutores ou carregados, de forma a ter as menores diferenças de potencial possíveis, proporcionando um caminho de escoamento para o terra das descargas atmosféricas ou sobretensões decorrentes da manobra de equipamentos (ABNT, 2004).

O sistema TT possui algumas considerações que valem a pena serem ressaltadas, são elas:

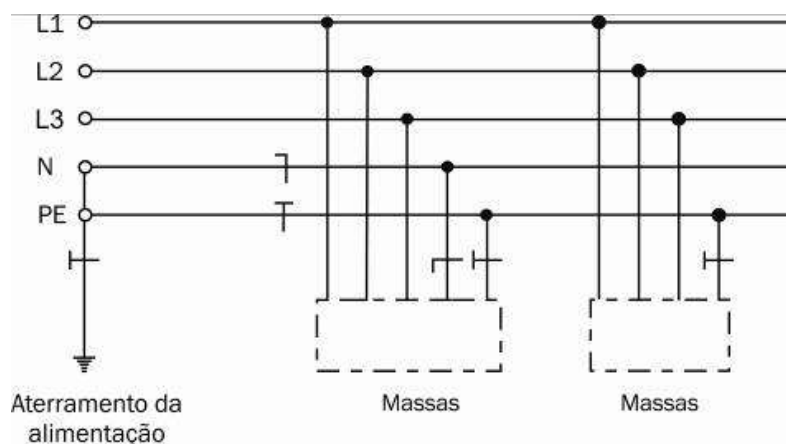
1. o neutro da fonte é aterrado em um eletrodo;
2. as massas são ligadas a um eletrodo separado;
3. a corrente de curto circuito Fase-Terra é pequena;
4. é obrigatório o uso do Disjuntor Diferencial Residual - DR, desde 2004, segundo deliberação consensual do Comitê Permanente Regional de Pernambuco sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção (CPR/PE);
5. propicia uma maior facilidade ao projeto;
6. é de simples manutenção;
7. a qualidade de instalação é supervisionada pelos DRs.

Esquema TN

O esquema TN possui um ponto da sua fonte de alimentação diretamente aterrado, geralmente o ponto de neutro de um transformador trifásico, sendo as massas das cargas conectadas a esse mesmo ponto por meio de condutores de proteção.

O esquema TN será classificado como sendo do tipo: TN-S e TN-C.

A Figura 17 apresenta o modelo elétrico do esquema de aterramento TN-S, condutores neutro (N) e proteção (PE) distintos (separados);



Fonte: ABNT (2004).

Figura 17 - Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TN-S.

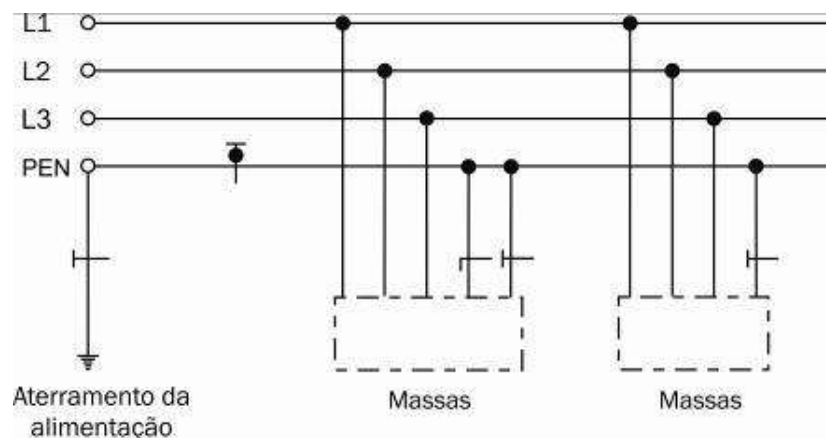
O neutro é aterrado logo na entrada e levado até a carga. Paralelamente, outro condutor identificado como PE é utilizado como fio terra e é conectado à carcaça (massa) do equipamento;

É utilizado quando a distância entre a carga e a fonte não é muito grande;

A proteção deve ser garantida por dispositivo DR (diferencial-residual), que detectam a corrente que escoou pela terra.

A Figura 18 apresenta o modelo elétrico do esquema de aterramento **TN-C** – funções de neutro e proteção exercidas pelo mesmo condutor (PEN);

Nesse esquema, o condutor neutro é também usado como condutor de proteção e é designado como PEN (condutor de proteção e neutro).



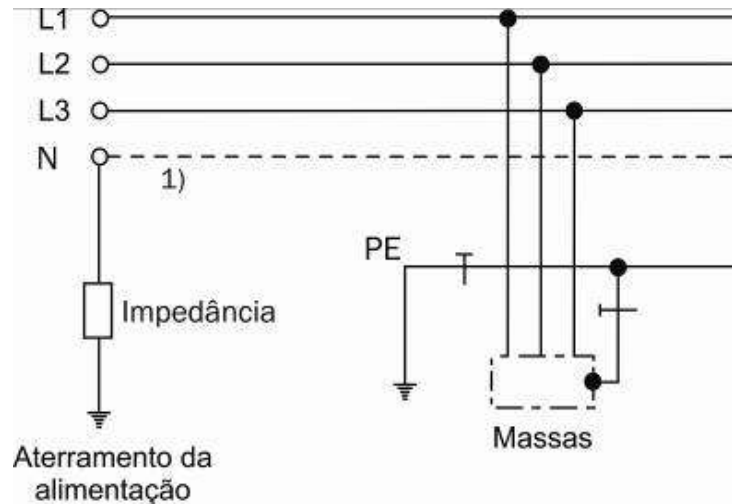
Fonte: ABNT (2004)

Figura 18 – Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TN-C.

Esse tipo de sistema, embora esteja dentro das normas, não é aconselhável, pois o fio terra e o neutro são constituídos pelo mesmo condutor; Também este esquema não é permitido para condutores de seção inferior a 10 mm² (cobre) e para equipamentos portáteis, além de não se admitir o uso de dispositivos DR. É perigoso no caso de ruptura do condutor neutro.

Esquema IT

A Figura 19, apresenta o modelo elétrico do esquema de aterramento **IT** – a fonte de alimentação não possui nenhum ponto diretamente aterrado, porém entre a fonte e o seu eletrodo de aterramento pode existir uma impedância ou simplesmente não estarem interconectados. As massas das cargas são ligadas para a terra por meio de um eletrodo dedicado a esse fim.



Fonte: ABNT (2004).

Figura 19: Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo IT.

Exige manutenção especializada (com inspeções e medições periódicas da resistência de isolamento), e usar onde a continuidade do serviço é indispensável (hospitais, indústrias etc.).

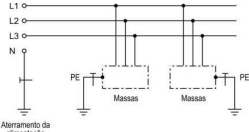
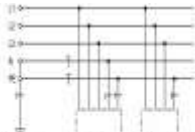
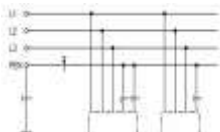
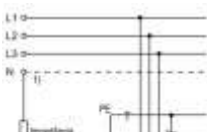
5.4.2 Comparação entre os esquemas de aterramento

A escolha do esquema de aterramento a utilizar em uma instalação deve ser feita pelo projetista logo no início do projeto, devendo-se basear em dados de natureza diversa que devem ser considerados em conjunto, a fim de ser tomada uma decisão que traduza a solução ótima para a instalação, sempre obedecendo a NBR 5410.

Em princípio, os três esquemas oferecem o mesmo grau de segurança no tocante à proteção das pessoas, apresentando, no entanto, características de aplicação diferentes, que se traduzem em vantagens e desvantagens fundamentais na escolha para uma instalação.

A Tabela 7 traz um resumo das características dos principais esquemas de aterramento utilizados no Brasil.

Tabela 7 - Características comparativas dos esquemas de aterramento utilizados no Brasil.

Esquema				
	TT	TN-S	TN-C	IT
Princípio base de proteção	Ligação do neutro ao terra da alimentação e das massas ao terra independente. Uso de dispositivo DR.	O neutro é aterrado logo na entrada e levado até a carga. Paralelamente, outro condutor identificado como PE é utilizado como fio terra e é conectado à carcaça (massa) do equipamento;	O condutor neutro também é usado como condutor de proteção (condutor PEN)	Neutro isolado ou ligado à terra de serviço através de uma impedância e massa ligadas ao terra de proteção, em associação com aparelhos de corte automático e de controle
Exigências suplementares	Seletividade entre DRs se necessários.	A proteção deve ser garantida por dispositivo DR (diferencial-residual), que detectam a corrente que escoia pela terra	Requer o estabelecimento de um ambiente equipotencial eficiente dentro da instalação com eletrodos de terra espaçados tão regularmente quanto possível O esquema TN-C apresenta uma economia para a instalação porque elimina a necessidade de um condutor. Os aparelhos de proteção contra sobrecorrentes podem assegurar a Proteção contra contatos indiretos	Vigilância permanente de isolamento; Necessidade de limitações de sobretensões; Necessidade de segurança complementar (ligações equipotenciais);
Vantagens	Facilidade de projeto. Simplicidade de Manutenção; Qualidade da instalação supervisionada pelos DRs	É utilizado quando a distância entre a carga e a fonte não é muito grande; Economia de condutores (uso de condutores PEN).	Os aparelhos de proteção contra sobrecorrentes podem assegurar a Proteção contra contatos indiretos	Analogia do esquema TT quando as massas não são interligadas. Analogia com sistema TN quando as massas são interligadas
Desvantagens	Custo adicional dos DRs; Possibilidade de disparo intempestivo; Baixa qualidade de serviços	Projeto de maior complexidade e Investimento maior; Profissionais especializados na manutenção; Exigência de equipamento complementar de segurança e controle; Maior risco de incêndio devido as elevadas correntes de defeito	Esse tipo de sistema, não é aconselhável, pois o fio terra e o neutro são constituídos pelo mesmo condutor; Maiores riscos de incêndio devido às elevadas correntes de defeito, além de não se admitir o uso de dispositivos DR;	Exigência de pessoal especializado na manutenção; Dimensionamento mais complexo

Fonte: Adaptado a partir da ABNT (2004).

5.5 Proteção Complementar Contra Choques Elétricos

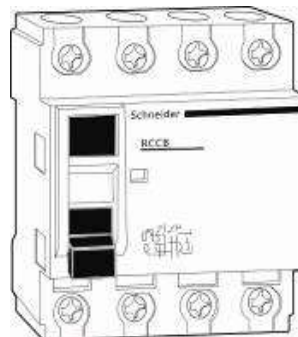
É o meio destinado a garantir a proteção contra choques elétricos em situação de risco pela perda, falhas ou anulação das medidas normalmente aplicáveis de proteção. A proteção complementar contra choques elétricos deve ser assegurada através de proteção diferencial-residual de alta sensibilidade.

5.5.1 Finalidade da aplicação dispositivo de corrente residual-diferencial

De acordo com a Siemens (2009), devido ao elevado número de acidentes originados no sistema elétrico impõe novos métodos e dispositivos que permitem o uso seguro e adequado da eletricidade reduzindo os riscos de acidentes às pessoas, além de perdas de energia e danos às instalações elétricas e até ocasionar incêndios. Situações esta que podem ser monitorados e interrompidos por meio de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual ou dispositivo DR. Os Dispositivos DR (diferencial-residual) protegem contra os efeitos nocivos das correntes de fuga à terra garantindo uma proteção eficaz tanto à vida dos usuários quanto aos equipamentos.

A relevância dessa proteção faz com que a NBR 5410 defina claramente a proteção de pessoas contra os perigos dos choques elétricos que podem ser fatais, por meio do uso do Dispositivo DR de alta sensibilidade igual ($\leq 30\text{mA}$).

A Figura 20 representa Interruptor diferencial de proteção contra os efeitos nocivos das correntes de fuga à terra.



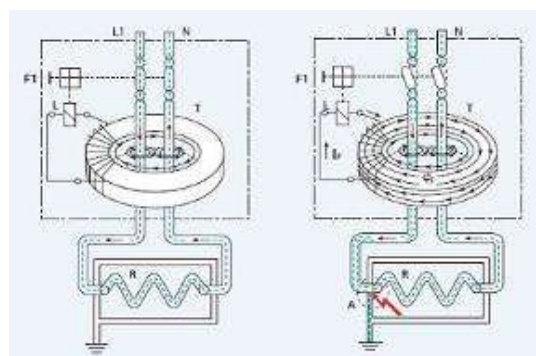
Fonte: Adaptada de Schneider-Eletric, (2003)
Figura 20 - Interruptor diferencial

5.5.2 Função do dispositivo DR

Os dispositivos de corrente diferencial-residual (DR) são os equipamentos mais eficazes de proteção de pessoas contra os efeitos nocivos causados por choques elétricos, através da detecção da corrente de fuga à terra e provocam o seccionamento imediato do circuito quando o valor da corrente diferencial ultrapassa um valor definido. Protegem também instalações contra falhas de isolamento, evitando perdas de energia e possíveis focos de incêndio.

5.5.3 Princípio de Funcionamento do DR

A Figura 21 apresenta o princípio de funcionamento do DR, que é a somatória vetorial das correntes que passam pelos condutores ativos no núcleo toroidal é praticamente igual a zero (Lei de Kirchhoff). Existem correntes de fuga naturais não relevantes. Quando houver uma falha à terra (corrente de fuga) a somatória será diferente de zero, o que irá induzir no secundário uma corrente residual que provocará, por eletromagnetismo, o disparo do Dispositivo DR (desligamento do circuito), desde que a fuga atinja a zona de disparo do Dispositivo DR, conforme norma ABNT NBR NM 61008-1:2005 (ABNT, 2005b) - Interruptores a corrente diferencial-residual para usos domésticos e análogos sem dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, o Dispositivo DR deve operar entre 50% e 100% da corrente nominal residual ($I\Delta n$).



Legenda:

FI – Dispositivo DR de proteção contra a corrente de fuga à terra

T – Transformador diferencial toroidal

L – Disparador eletromagnético

R – Carga (aparelho consumidor)

A – Fuga à terra por falha da isolamento

ϕF – Fluxo magnético da corrente residual

IF – Corrente secundária residual induzida

Fonte: Siemens, (2009)

Figura 21 – Princípio de funcionamento do DR

A corrente diferencial residual de um circuito sem defeito de isolamento seja na carga seja nos condutores, é zero. Este valor é ideal, pois por imperfeição dos materiais isolantes de que são usados na fabricação dos condutores e das isolações básicas das cargas existe uma pequena corrente diferencial residual natural.

O dispositivo DR é um componente da instalação que secciona a alimentação da carga ou circuito quando a corrente diferencial residual ultrapassa um determinado valor. Para que o DR cumpra esta função, o dispositivo é construído de tal forma que todos os condutores vivos do circuito passe por dentro de um toroide no interior deste dispositivo. Cada condutor induz um fluxo magnético no toroide com uma intensidade proporcional à intensidade da corrente e sentido proporcional ao sentido da corrente. Pode-se facilmente concluir que o fluxo resultante no toroide é proporcional à corrente diferencial residual do circuito. O dispositivo DR usa este fluxo, através de um sistema de detecção, para comandar um dispositivo de interrupção que secciona a alimentação do circuito. Como em um circuito sem falta a corrente diferencial residual é muito baixa praticamente nula o dispositivo não atua, quando no circuito aparece uma falta, a corrente diferencial assume um valor alto e conseqüentemente o fluxo magnético também aumenta, o sistema de detecção envia um comando para o dispositivo de interrupção que isola a parte com defeito.

O DR pode ser encontrado em duas formas diferentes de implementação. Quando o sistema de detecção, incluindo o toroide, e o sistema de interrupção encontram-se presentes no mesmo equipamento é denominado dispositivo DR. Quando o sistema de detecção, incluindo o toroide, e o sistema de interrupção encontram-se em equipamentos distintos, o sistema de interrupção da corrente usado normalmente é o disjuntor e o DR é um módulo que se acopla a este disjuntor. A primeira opção é usada nas instalações prediais e a segunda nas instalações industriais.

5.5.4 Sensibilidade 30mA ou 300mA

A sensibilidade ou corrente diferencial residual nominal de atuação (I_n) é o primeiro fator a ditar se um DR pode ser aplicado à proteção contra contatos indiretos e à proteção complementar contra contatos diretos; ou se ele pode ser aplicado apenas contra contatos indiretos.

O DR com sensibilidade de 30mA é considerado de alta sensibilidade e pode ser utilizado tanto na proteção contra contatos indiretos quanto na proteção complementar contra contatos diretos, garantindo a total proteção das pessoas/usuários.

O DR com a sensibilidade de 300mA é considerado de baixa sensibilidade e é utilizado na proteção de instalações contra contatos indiretos ou contra riscos de incêndio (conforme normas de instalação), limitando as correntes de falta/fuga à terra em locais que processem ou armazenem materiais inflamáveis, como papel, palha, fragmentos de madeira, plásticos etc.

5.5.5 Tipos de dispositivos DRs

São os seguintes os tipos de dispositivo DR:

AC Apenas Corrente Alternada

Dispositivos DR ou Disjuntores DR do tipo AC são aplicados em circuitos de corrente alternada, sendo resistentes a sobretensões transitórias. São normalmente utilizados em instalações elétricas prediais, como também em instalações elétricas industriais de características similares.

Tipo A

Detecta correntes residuais alternadas e contínuas pulsante; este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos que contenham recursos eletrônicos que alterem a forma de onda senoidal.

Tipo B

Detecta correntes residuais alternadas, contínuas pulsante e contínuas pura; este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos de corrente alternada, normalmente trifásicos, que possuam, em sua forma de onda, partes senoidais, meia-onda ou ainda formas de ondas de corrente contínua, geradas por cargas como equipamentos eletrônicos, entre outros.

5.5.6 Condições de atuação

Contato direto, ou seja, falha da isolação, destruição ou remoção das partes isolantes, com toque acidental por pessoa ou animal em partes ativas (energizadas).

Contato indireto, ou seja, através de pessoa ou animal com a parte metálica (carcaça do aparelho), que estará energizada por falha da isolação.

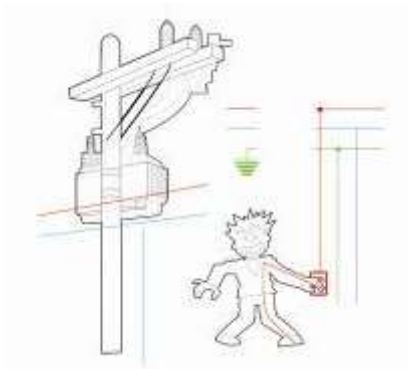
A corrente de fuga, que provocam riscos às pessoas, aumento de consumo de energia, aquecimento indevido, destruição da isolação, e que podem levar até a um processo de combustão (incêndio), são monitoradas e desligadas por um Dispositivo DR.

5.5.6.1 Conceito de atuação

As correntes de fuga que provocam riscos às pessoas são causadas por duas circunstâncias:

- *Contato direto*

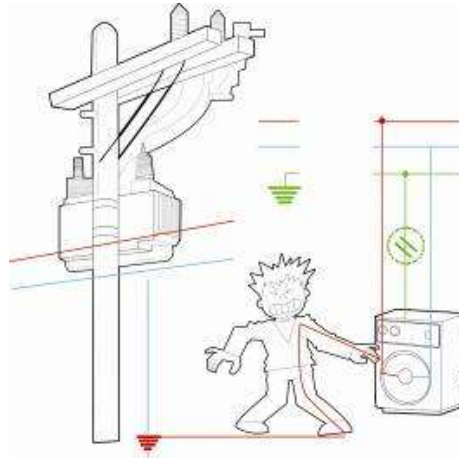
A Figura 22, mostra o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes, com toque acidental da pessoa em parte elétrica energizada (parte viva).



Fonte: Adaptado de Siemens, (2009)
Figura 22 – Contato direto

- *Contato indireto*

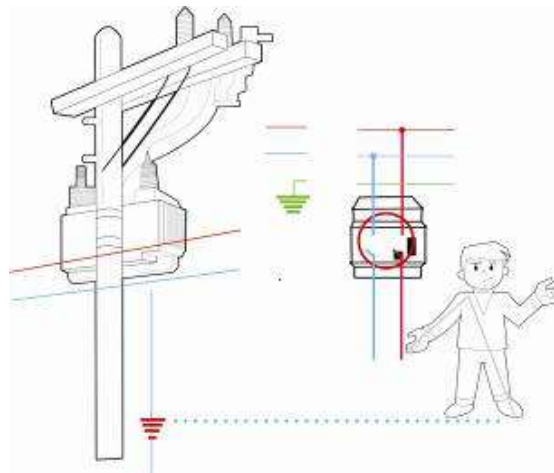
A Figura 23, mostra o contato entre uma pessoa e uma parte metálica (carcaça do aparelho) de uma instalação ou componente, normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizada por falha de isolação, por falha interna ou inexistência do condutor de proteção (terra-PE).



Fonte: Adaptado de Siemens, (2009)
 Figura 23 – Contato indireto

5.5.6.2 Dispositivo DR

A Figura 24, mostra o dispositivo DR instalado, que tem a função de proteger as pessoas dos efeitos causados por contatos direto ou indireto, sendo que no caso do contato direto é a única forma de proteção.



Fonte: Adaptado de Siemens, (2009)
 Figura 24 – Dispositivo DR

6 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para coletar as informações sobre as obras de construção que estão sendo construídas na cidade do Recife, no ano de 2012, foi consultado o sindicato da indústria da construção civil no estado de Pernambuco, SINDUSCON-PE, que tem como um dos objetivos a representação legal da categoria econômica da Indústria da Construção Civil, na base territorial do Estado de Pernambuco. De acordo com Alheiros, Ferreira e Lima Filho (1995), o Mapa Geológico do Recife, Figura 25, traz informações sobre todas as feições geológicas e geomorfológicas do município quanto ao seu comportamento frente a um determinado tipo de ocupação, aleatoriamente, foi selecionado uma obra por unidade geológica a fim de realizar a pesquisa de campo.

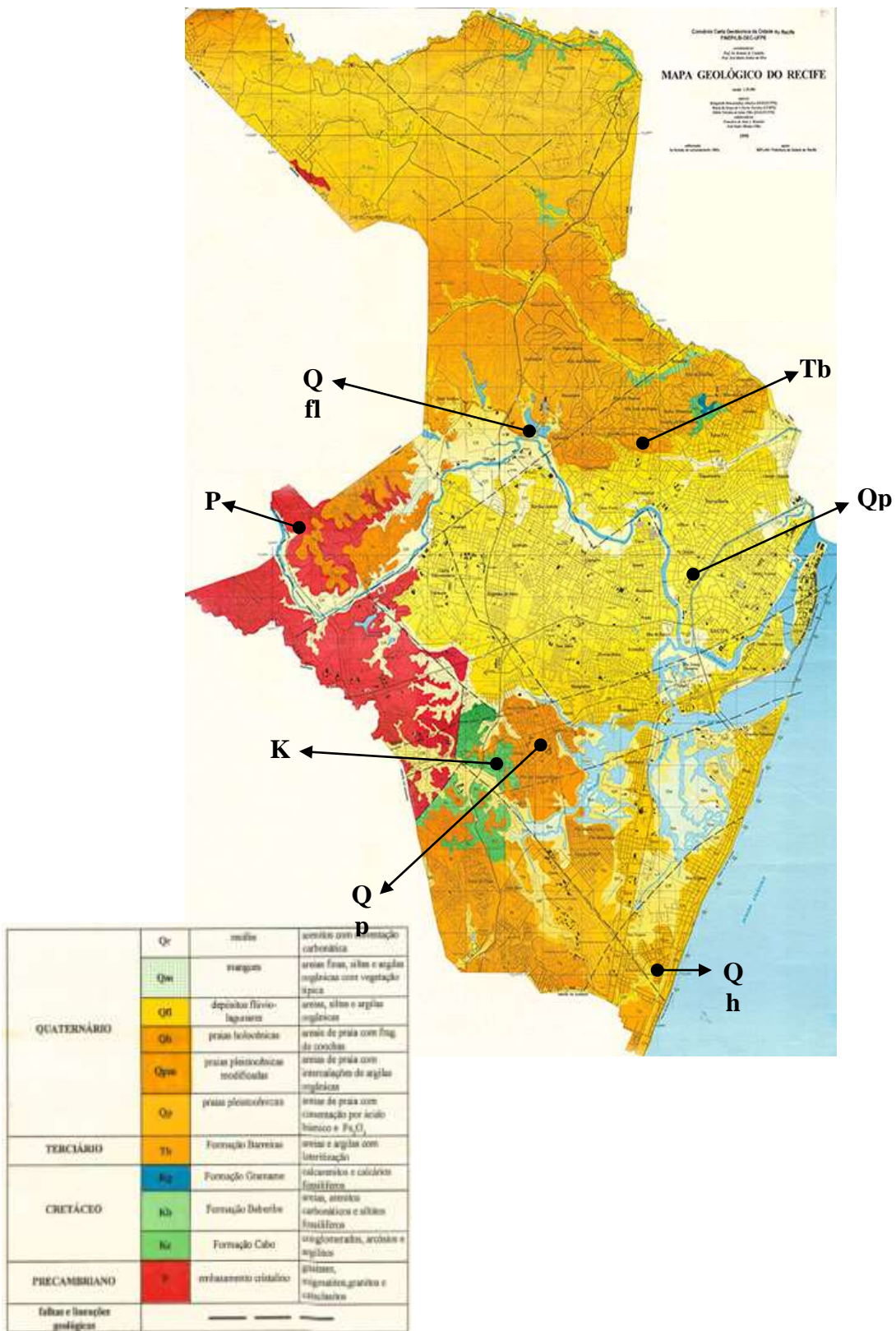
A Tabela 8 contém uma síntese das unidades geológicas presentes no Município do Recife.

Tabela 8 – Unidades geológicas do Município do Recife

PERÍODO	FORMAÇÃO GEOLÓGICA/ SÍMBOLO	LITOLOGIAS
Pré-cambriano	Embasamento Cristalino (Pc)	Areias e argilas com conglomerados na base
	Formação Gramame (Kg)	Calcarenitos e calcários fossilíferos
Cretáceo	Formação Beberibe (Kb)	Areias, arenitos carbobonáticos e siltitos fossilíferos
	Formação Cabo (Kc)	Conglomerados, arcósios e argilitos
Terciários	Formação Barreiras (Tb),	Areias e argila com lateritização
	O Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)	Areias de praia com cimentação por ácido húmico e Fe ₂ O ₃
Quaternários	O Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm)	Areias de praia com intercalações de argilas Orgânica
	O Terraço Marinho Holocênico (Qh)	Areias de praias com fragmentos de conchas
	Os Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl),	Areia, siltes e argilas orgânicas

Fonte: Alheiros; Ferreira; Lima Filho (1995).

Convém ressaltar que, nos sedimentos cretáceo denominados Formação Beberibe (Kb) e Formação Gramame (Kg), não foram identificadas nenhuma obra construída pelos associados do SINDUSCON-PE.



Fonte: Alheiros; Ferreira; Lima Filho (1995).
 Figura 25 – Mapa Geológico do Município do Recife, escala 1:250 000,
 Convênio FINEP/ LSI-DEC-UFPE, 1995.

Uma vez selecionadas as obras de acordo com as características geológicas do solo foram realizadas visitas a cada obra sem prévia notificação. O engenheiro responsável era comunicado no momento da visita sobre objetivo do estudo e caso aceitasse dava-se prosseguimento a coleta de campo. Seis das sete obras escolhidas inicialmente, aceitaram que a pesquisa fosse realizada em suas obras. A sétima foi substituída por outra na mesma área.

A coleta de campo, por obra, consistiu de sete medições de resistência de aterramento, no equipamento disponibilizado pela obra, foi referenciado geograficamente (latitude e longitude) utilizando o Sistema de Posicionamento Global, conhecido por GPS, com o posicionamento por ponto usando apenas um receptor (GPS), uma medição da umidade relativa do ar no ambiente com o instrumento Termo - Higrômetro e a medição da resistência de aterramento utilizando um Terrômetro Digital. As medições atenderam os procedimentos da NBR 15749/2009 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento apresentadas no item 6.1 e as respectivas descrições técnicas dos equipamentos de medição serão apresentadas no item 6.3.

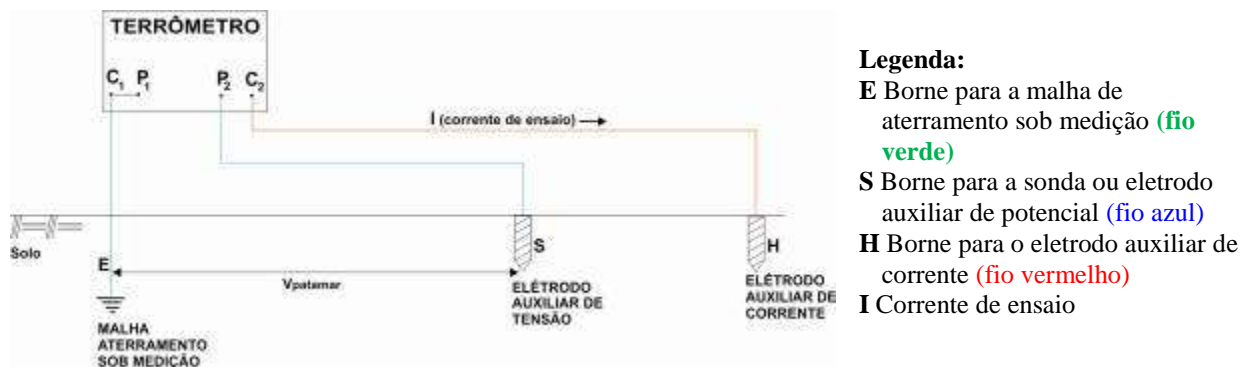
6.1 Procedimentos para Medição da Resistência de Aterramento

Nesta etapa utilizou-se um terrômetro digital (equipamento específico), modelo 20 KWe com seus acessórios, conforme Figura 26. Foram realizadas as medições da resistência de aterramento pelo método de queda de potencial.



Figura 26 – Terrômetro com acessórios utilizados para medição

Esse processo de medição consiste basicamente em fazer circular uma corrente através do eletrodo de corrente (H) em um ponto do sistema de aterramento sob ensaio, dito terra principal (E), e captar esta corrente através de um ponto fisicamente distante do sistema de aterramento, dito terra auxiliar, aplicando assim uma diferença de potencial entre estes dois eletrodos. Através do eletrodo móvel (S) realiza-se a medição da resistência de terra, conforme indicado na Figura 27.



Fonte: Adaptado da ABNT (2009)

Figura: 27 - Resumo esquemático da medição da resistência de terra, pelo método da queda de potencial

A montagem do terrômetro deverá seguir o esquema de medição semelhante ao da figura 27, sempre observando as condições necessárias abaixo:

- o aparelho deve ficar o mais próximo possível do sistema de aterramento principal;
- certificar se a bateria está com carga;
- é desejável alinhar o sistema de aterramento principal (E) com as hastes de potencial(S) e auxiliar (H);
- a distância entre o sistema de aterramento principal (E) e a haste auxiliar (H) deve ser suficientemente distante (aproximadamente 30m), para que a haste de potencial (S) atinja a região plana do patamar. Devem ser feitas diversas medidas para levantamento do gráfico da resistência de aterramento;
- localização da haste de potencial (S) com relação ao terra auxiliar (H) é muito importante na determinação do valor real da resistência a ser medida;
- a resistência real do aterramento, para solos homogêneos, se dá quando a haste de potencial (S), colocado aproximadamente a 62% da distância entre o centro elétrico da malha e a haste de corrente (H) e alinhado com este, está na região do patamar;

Obs. Conforme a ABNT NBR 15749, a regra dos 62% permite reduzir o número de medidas a ser realizada. Porém, esta regra só é possível aplicar, quando for medir um sistema com haste simples, se o terreno for uniforme e se for possível colocar a haste de corrente (H) a uma distância igual ou superior a 30 metros a partir da haste de terra (E) sob teste. A haste de tensão (S) será colocada a 62% dessa distância.

- Esta haste tem sua localização gradativamente variada ao longo dessa direção, efetuando-se uma medição para cada posição, de forma a gerar uma curva semelhante a da Figura 28, da qual se obtém o valor da resistência do aterramento;
- A haste de potencial (S) deverá deslocar-se para a direção da haste (H) como também, em sentido contrário em direção a haste de ensaio (E). Fazer no mínimo 03 medidas em cada direção, para estabelecer uma curva característica da resistência;
- As hastes de potencial e auxiliar devem estar bem limpas, para possibilitar bom contato com o solo;
- As medições devem ser realizadas em dias em que o solo esteja seco, para se obter o maior valor da resistência de terra do aterramento;
- Cravar as hastes no mínimo a 30cm no solo;
- Se houver oscilação de leitura, deslocar a posição de medição, ou carga da bateria ou condições do equipamento.

Procedimento de segurança para execução da medição da resistência de aterramento

A NBR 15749 preconiza que medidas de segurança devem ser tomadas para reduzir riscos de acidentes na execução das medições da resistência de aterramento:

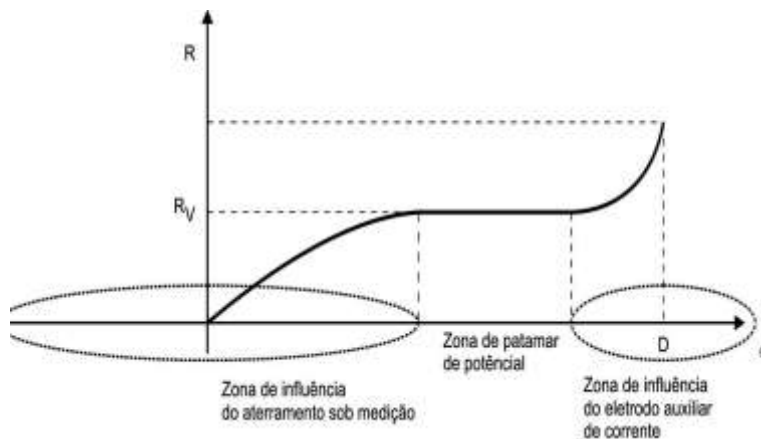
- Usar luvas isolantes de borracha, classe 00, tensão de uso 500V, compatível com os valores máximos de tensão usados nos canteiros de obras;
- Calçados de Segurança
- Manter o conjunto de medição (hastes de prova e em teste) isoladas de corpos metálicos que poderão estar ligados a outros aterramentos;
- Evitar a realização de medidas sob condições atmosféricas adversas, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de descarga atmosférica;

- Evitar que pessoas estranhas ao serviço e animais se aproximem das hastes utilizadas na medição.

Em seguida, procedeu-se a análise dos valores obtidos nas medições da resistência de aterramento em condições do solo seco, em 07 canteiros de obras situados no município do Recife - PE.

6.2 Curva da Resistência de Aterramento em Função da Distância

Segundo Visacro Filho (2010), a localização do eletrodo de tensão com relação ao terra auxiliar é muito importante na determinação do valor real da resistência a ser medida. A resistência real do aterramento, para solos homogêneos, se dá quando o eletrodo de potencial, colocado aproximadamente a 62% da distância entre o centro elétrico da malha e o eletrodo de corrente e em linha com estes, normalmente está na região do patamar. Este eletrodo tem sua localização gradativamente variada ao longo dessa direção, efetuando-se uma medição para cada posição, de forma a gerar uma curva semelhante a da Figura 28, da qual se obtém o valor da resistência do aterramento.



R: Resistência obtida variando a distância da sonda desde a distância $d=D$ até $d=0$ (o eletrodo a medir)

R_v : Valor verdadeiro da Resistência de aterramento

Fonte: ABNT (2009).

Figura 28 - Curva característica teórica da resistência de aterramento de um eletrodo pontual

6.3 Especificações dos equipamentos para medição da resistência de aterramento

Para desenvolvimento do estudo foram utilizados equipamentos para medição de resistência de aterramento, abaixo descritos:

6.3.1- *Terrômetro Digital*

A norma ABNT NBR 15749 - medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento, estabelece os critérios e métodos de medição, bem como define as características gerais dos equipamentos que podem ser utilizados nas medições. Para a medição de resistência de aterramento utilizando o método de queda de potencial, situação esta utilizado no estudo, a Figura 29 mostra o equipamento utilizado para medição Terrômetro modelo: MTD-20KWe - Fabricante: MEGABRAS.



Figura 29 - Terrômetro MTD-20KWe

6.3.1.1 Especificações Técnicas

Terrômetro MTD-20KWe para medição de resistências de aterramento (com 3 bornes), resistividade do solo pelo método de Wenner (com 4 bornes) e tensões presentes no terreno atendendo as seguintes características:

- Digital e Automático;
- Display de 3½ dígitos
- Medição da resistência de aterramento
- Medição da resistividade do terreno (método WENNER)

- Teste de carga da bateria
- Resolução de $0,01\Omega$
- Alcance de até $20k\Omega$
- Bateria Recarregável
- Proteção IP54

6.3.1.2 Calibração

O Terrômetro Digital MTD-20KWe – MEGABRÁS, com procedimento utilizado para calibração, baseado na Instrução Técnica PQ GQ 01, nas recomendações da norma NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005a) e nos manuais de operação do equipamento, em 29/02/2012, conforme certificado n° 3549, vide Anexo A.

6.3.2 Termo - higrômetro Digital Máxima e Mínima

A umidade do ar pode ser definida como a quantia de vapor de água que se encontra no ar atmosférico, sendo que esta quantia varia constantemente e pode ser medida tanto pela forma de números absolutos ou ainda em sua forma relativa ao ponto de saturação. A umidade relativa do ar pode influenciar nos resultados da medição da resistência de aterramento. A Figura 30 apresenta o equipamento utilizado para medição da umidade relativa do ar: Termo – higrômetro, modelo: 766.02.0.00 - Importador: INCOTER.



Figura 30 – Termo - higrômetro 766.02.0.00

6.3.2.1 Especificações Técnicas

Termo-Higrometro digital 766.02.0.00 portátil, realiza medidas de temperatura interna (ambiente em que se encontra o instrumento), temperatura externa (sensor com cabo de extensão) e umidade relativa interna, atendendo as seguintes características:

- Faixa de medição da temperatura:
 - IN 0°C a 50°C (32°F a 122°F);
 - OUT 50°C a +70°C (-58°F a 158°F);
- Faixa de medição da umidade relativa (UR): 15% a 95%
- Resolução Temperatura: 0,1°C/°F;
- Resolução Umidade: 1%
- Precisão temperatura IN/OUT: $\pm 1^\circ\text{C}/^\circ\text{F}$
- Precisão da Umidade: $\pm 5\% \text{UR}$
- Pilha: 1,5 V AAA

6.3.3 Sistema de Posicionamento Global - GPS

Equipamento que possui um sistema de navegação por satélite, sistema de posicionamento global, popularmente conhecido por GPS, que tem por objetivo enviar informações sobre a posição de algo, auxiliando nas atividades de navegação e realização de levantamentos geodésicos e topográficos. A Figura 31, apresenta o equipamento utilizado para referenciar geograficamente a posição dos equipamentos que foram medidos a resistência de aterramento, – GPS Foston Modelo: FS – 783 DCV.



Figura 31 – GPS Foston FS – 783 DCV

6.3.3.1 Especificações Técnicas

GPS Foston Modelo:FS-783 DCV utilizado para referenciar geograficamente (latitude e longitude) os equipamentos para as medidas da resistência de aterramento:

- TFT Display 7", com alta sensibilidade Touch Screen;
- Receptor de Antena de Alta sensibilidade integrado;
- Suporta atualização de mapa de programa genuine;
- Suporta Álbum e-Book e formato txt;
- Flash Memória ROM de 1 GB DDR2;
- Sistema TTS (Text to Sound - Texto para som)
- Memória RAM de 128MB DDR2;
- Visualização do Mapa em 3D;
- Bateria Lithium recarregável;
- Processador 468 MHz
- AV-IN

6.4 Localização das Obras em Função das Unidades Geológicas

Ficou estabelecido/padronizada, por ordem numérica, cada obra estudada em função da unidade geológica da cidade do Recife, conforme Tabela 09.

Tabela 9 – localização das obras em função das unidades geológicas

OBRA	BAIRRO	UNIDADE GEOLÓGICA
OBRA 01	Apipucos	Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl)
OBRA 02	Boa Viagem	Terraço Marinho Holocênico (Qh)
OBRA 03	Rosarinho	Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm)
OBRA 04	Jardim São Paulo	Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)
OBRA 05	Casa Amarela	Formação Barreiras (Tb)
OBRA 06	Barro	Formação Cabo (Kc)
OBRA 07	Várzea/Cosme e Damião	Embasamento Cristalino (Pe)

7 RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO EM FUNÇÃO DAS UNIDADES GEOLÓGICAS

Os resultados aqui apresentados são os valores obtidos nas medições da resistência de aterramento em equipamentos elétricos instalados em 07 canteiros de obras situados em unidades geológicas da cidade do Recife.

O Quadro 01 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento, na obra 1 situada no bairro de Apipucos, no eletrodo de aterramento da Betoneira (Figura 32), cuja unidade geológica é do sedimento **Quaternário** denominado de **Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl)**, onde reúnem os aluviões e os sedimentos lagunares, deltaicos e estuarinos antigos e recentes

Os aluviões são predominantemente arenosos ao longo dos canais, mais retilíneos e mostram sedimentos argilosos com matéria orgânica, depositados nas planícies de inundação, durante os transbordos de canais.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO			TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
BETONEIRA		LATITUDE:	LONGITUDE:	Qfl	Aterro:	Sim	x	Praça de lazer	46%
		S8.02368	O34.93071			Não			
Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$									
*	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419					
Y	X								
29	15	27,6		Não conformidade					
29	16	27,6		Não conformidade					
29	17	27,5		Não conformidade					
29	18	27,5		Não conformidade					
29	19	27,5		Não conformidade					
29	20	27,5		Não conformidade					
29	21	27,6		Não conformidade					

Quadro 01- Resultados das medições da resistência de aterramento nos **Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl)**



Figura32- eletrodo de aterramento

Tabela 10 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
15	27,6
16	27,6
17	27,5
18	27,5
19	27,5
20	27,5
21	27,6

Fonte: Do autor.

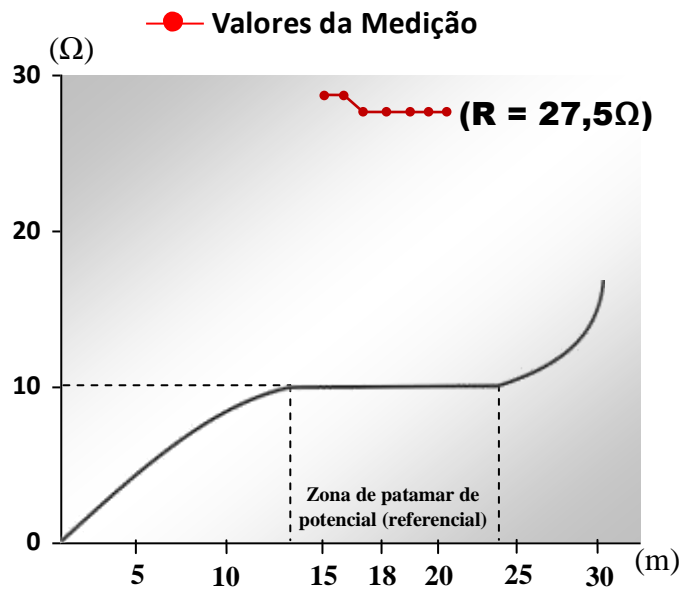


Gráfico 1 - Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 02 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 2 situada no bairro de Boa Viagem, no eletrodo de aterramento da Serra Circular, figura 33, cuja unidade geológica é do sedimento **Quaternário** denominado de **Terraço Marinho Holocênico (Qh)** representa a faixa de praia atual, com presença de fragmentos de conchas.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO			TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
SERRA CIRCULAR		LATITUDE:	LONGITUDE:	Qh	Aterro:	Sim	Vertical	66%	
		S8.14477	O34.90504			Não			x
				Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$					
	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419					
Y	X								
32	17	8,56		Em conformidade					
32	18	6,87		Em conformidade					
32	19	6,65		Em conformidade					
32	20	8,28		Em conformidade					
32	21	7,59		Em conformidade					
32	22	7,20		Em conformidade					
32	23	7,15		Em conformidade					

Quadro 02 -Resultados das medições da resistência de aterramento **Terraço Marinho Holocênico (Qh)** autor.



Figura 33- eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 11 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
17	8,56
18	6,87
19	6,65
20	8,28
21	7,59
22	7,20
23	7,15

Fonte: Do autor.

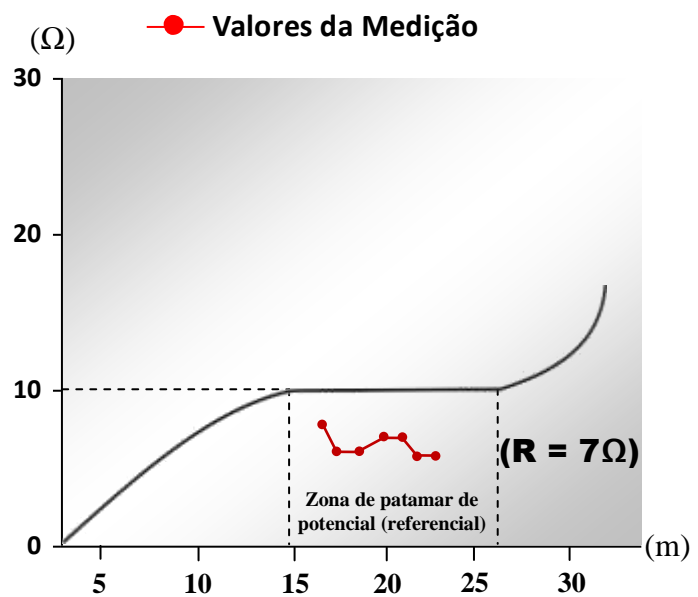


Gráfico 2 - Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 03 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 3 situada no bairro de Rosarinho, no eletrodo de aterramento da Caixa de Distribuição de Entrada, figura 34, cuja unidade geológica é do sedimento **Quaternário** denominado de **Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm)**, que corresponde a uma parte da antiga praia pleistocênica que foi profundamente alterada pela ação dos rios. Assim, seu comportamento em subsuperfície é bastante irregular, ora dominando areias retrabalhadas, ora depósitos de argila moles, orgânicas, depositadas nas antigas planícies fluviais de inundação.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO		TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
CAIXA DISTRIBUIÇÃO DE ENTRADA		LATITUDE:	LONGITUDE:	Qpm	Aterro:	Sim	Vertical	53%
		S8.03383	O34.89785			Não		
Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$								
	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419				
Y	X							
23	11	29,2		Não conformidade				
23	12	29,1		Não conformidade				
23	13	29,1		Não conformidade				
23	14	28,9		Não conformidade				
23	15	29,2		Não conformidade				
23	16	29,2		Não conformidade				
23	17	29,3		Não conformidade				

Quadro 03 - Resultados das medições da resistência de aterramento **Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm)**,



Figura 34 - Eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 12 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
11	29,2
12	29,1
13	29,1
14	28,9
15	29,2
16	29,2
17	29,3

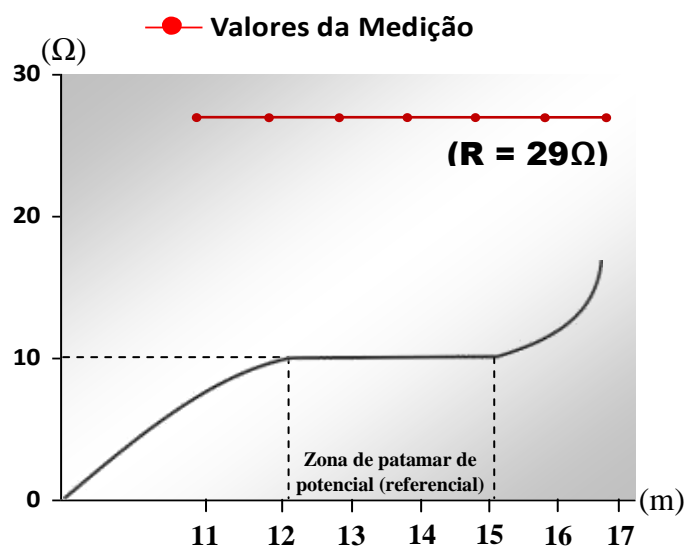


Gráfico 3 – Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 04 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 4 situada no bairro de Jardim São Paulo, no eletrodo de aterramento do Contêiner (escritório) da figura 35, cuja unidade geológica é do sedimento **Quaternário** denominado de **Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)**, que é constituída por areias quartzosas claras, inconsolidadas em superfície, tornando-se mais compactas e escuras (semelhante a pó de café) em profundidade.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO			TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
CONTEINER ESCRITÓRIO		LATITUDE:	LONGITUDE:	QP	Aterro:	Sim	x	Revestimento canal	57%
						Não			
Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$									
	PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419					
Y	X								
27	14	13,8		Não conformidade					
27	15	13,9		Não conformidade					
27	16	14,0		Não conformidade					
27	17	14,0		Não conformidade					
27	18	14,0		Não conformidade					
27	19	14,2		Não conformidade					
27	20	14,3		Não conformidade					

Quadro 04 - Resultados das medições da resistência de aterramento **Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)**



Figura -. 35 eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 13 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
14	13,8
15	13,9
16	14,0
17	14,0
18	14,0
19	14,2
20	14,3

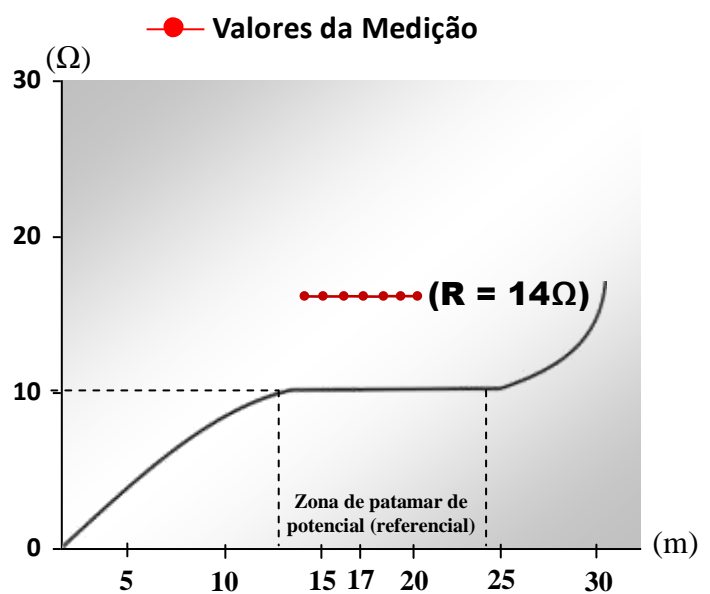


Gráfico 4 - Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 05 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 5 situada no bairro de Casa Amarela, no eletrodo de aterramento do Quadro de Distribuição Secundário figura 36, cuja unidade geológica é do sedimento terciário denominado **Formação Barreiras (Tb)**, que é constituída por depósitos arenosos de origem fluvial, podendo estar recoberto por camadas alternadas de sedimentos arenosos e argilosos, gerados por enxurradas sucessivas, (fluxo de detritos) mais comum na zona norte da cidade.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO	LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO		TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
	LATITUDE:	LONGITUDE:		Aterro:	Sim Não		
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIO	S8.02561°	O34.90915°	Tb			Vertical	64%
Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$							
	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)	NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419				
Y	X						
14	5,7	5,6	Em conformidade				
14	6,7	12,8	Não conformidade				
14	7,7	13,8	Não conformidade				
14	8,7	16,8	Não conformidade				
14	9,7	19,0	Não conformidade				
14	10,7	28,0	Não conformidade				
14	11,7	47,0	Não conformidade				

Quadro 05 - Resultados das medições da resistência de aterramento **Formação Barreiras (Tb)**



Figura 36 - Eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 14 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
6	5,6
7	12,8
8	13,8
9	16,8
10	19,0
11	28,0
12	47,0

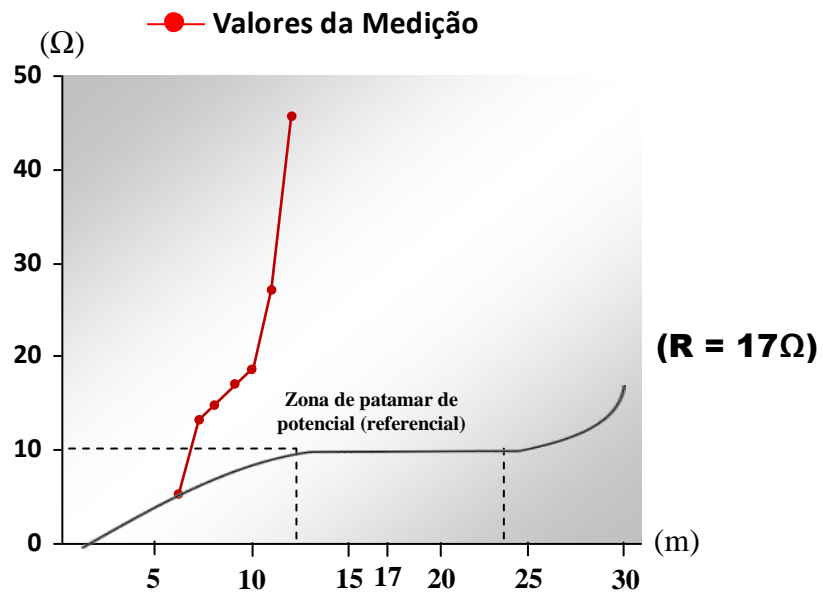


Gráfico 5 - Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 06 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 6 situada no bairro do **Barro**, no eletrodo de aterramento da Betoneira, figura 37, cuja unidade geológica é das **Bacias Sedimentares Cretáceas** denominadas **formação Cabo (Kc)**. Que é constituída por depósitos de conglomerados, arenitos feldspáticos (arcósios) e argilitos, que se originaram de fragmentos do próprio embasamento cristalino (bairro Monteiro)

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO			TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
BETONEIRA		LATITUDE:	LONGITUDE:	Kc	Aterro:	Sim	x	Vertical	55%
		S8.09197	O32.94860			Não			
Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$									
	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419					
Y	X								
29	16	13,1		Não conformidade					
29	17	12,3		Não conformidade					
29	18	24,5		Não conformidade					
29	19	24,3		Não conformidade					
29	20	24,5		Não conformidade					
29	21	24,4		Não conformidade					
29	22	24,4		Não conformidade					

Quadro 06 - Resultados das medições da resistência de aterramento na **formação Cabo (Kc)**.



Figura 37- eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 15 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
16	13,1
17	12,3
18	24,5
19	24,3
20	24,5
21	24,4
22	24,4

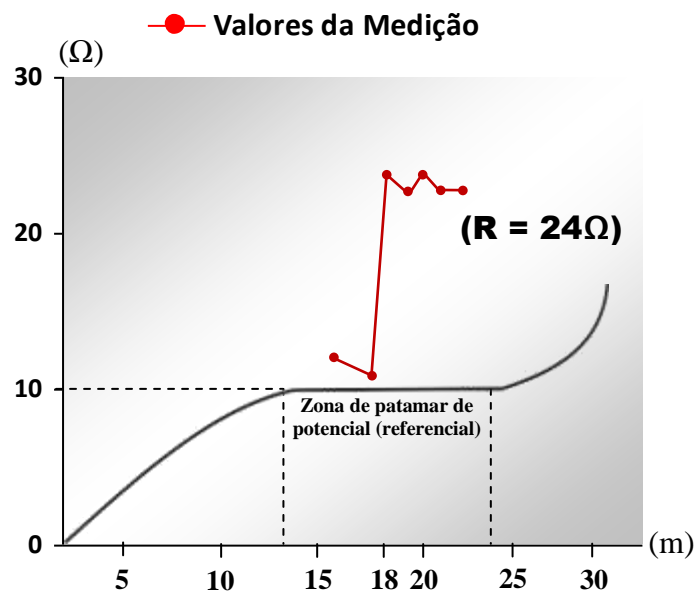


Gráfico 6 - Pontos da medição e valores obtidos

O Quadro 07 apresenta os resultados das medições da resistência de aterramento na obra 7 situada no bairro da Várzea/Cosme e Damião, no eletrodo de aterramento no Quadro de Distribuição Secundário, Figura 38, cuja unidade geológica é **Embasamento Cristalino (P_e)**. São gnaisses, cataclasitos e granitos ricos em quartzo e feldspatos, contendo ainda grande quantidade de minerais escuros (ferromagnésianos), os quais juntamente com os feldspatos, apresentam forte tendência de argilização durante o processo de formação do seu solo residual sob as condições climáticas locais.

EQUIPAMENTO A SER MEDIDO		LOCALIZAÇÃO		UNIDADE GEOLÓGICA	DADO DO SOLO			TIPO DE OBRA	UMIDADE RELATIVA DO AR
QUADRO DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIO		LATITUDE:	LONGITUDE:	P	Aterro:	Sim	x	Horizontal	58%
		S8.03611	O32.98811			Não			
				Valor de referência conforme NBR 5419 $\leq 10\Omega$					
	PONTOS DE MEDIÇÃO(m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)		NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419					
Y	X								
32	17	22,4		Não conformidade					
32	18	22,5		Não conformidade					
32	19	22,7		Não conformidade					
32	20	22,4		Não conformidade					
32	21	22,8		Não conformidade					
32	22	23,0		Não conformidade					
32	23	23,1		Não conformidade					

Quadro 07 - Resultados das medições da resistência de aterramento **Embasamento Cristalino (P)**.

Obs.: solo aterrado e não compactado



Figura 38 - eletrodo de aterramento sob medição

Tabela 16 - Pontos da medição e valores obtidos

PONTOS DE MEDIÇÃO (m)	VALOR DA MEDIÇÃO (Ω)
17	22,4
18	22,5
19	22,7
20	22,4
21	22,8
22	23,0
23	23,1

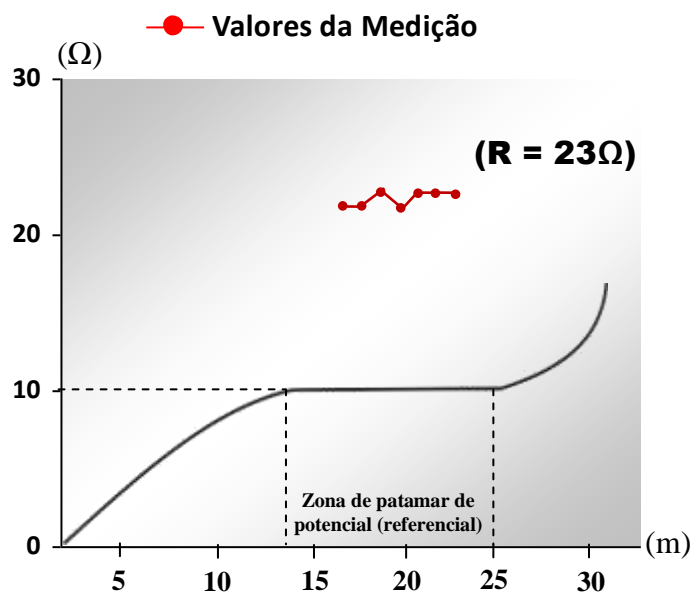


Gráfico 7 - Pontos da medição e valores obtidos

8 PROPOSTA E RESULTADOS DA PESQUISA

A proposta da pesquisa foi avaliar o comportamento da resistência de aterramento temporário e a elaboração de ferramenta/formulário para coleta de dados, que contribuirá de forma consistente para a padronização dos procedimentos utilizados durante a medição por profissionais habilitados.

8.1 Proposta: Ferramenta/Formulário para a Medição da Resistência de Aterramento

Com base no referencial teórico estudado e na pesquisa de campo realizada, propõe-se o uso do formulário no procedimento operacional, que visa uniformizar a coleta de informações para elaboração do laudo de aterramento elétrico, atendendo os critérios e métodos de medição da resistência de aterramento estabelecidos pela NBR 15749 (2009), tendo em vista, a deficiência observada em formulários inseridos em laudos de aterramento elétrico.

O Formulário para Execução das Medições da Resistência de Aterramento, Fig. 39, consta de três fases:

- na primeira fase definem-se as características da obra, o mapeamento das condições do tempo, as coordenadas geográficas do equipamento onde será realizada a medição da resistência de aterramento e as características do instrumento de medição da resistência de terra que permitirá avaliar a qualidade do sistema de aterramento, e a calibração do instrumento, que é função importante para a qualidade no processo produtivo, permitindo a confiança nos resultados medidos.
- na segunda fase, define-se o planejamento para medição da resistência de aterramento temporário, pelo método da queda de potencial, e as condições geológicas do solo, a umidade relativa do ar que podem trazer influências nos valores da resistência de aterramento medida.

- a terceira fase consiste na medição da resistência de aterramento propriamente dita, iniciando-se a sistematização do inventário dos valores obtidos, onde será levantada a curva da resistência de aterramento em função da distância, sendo que no trecho da curva em que o valor da resistência for constante, constituindo um patamar, será o valor real da resistência de aterramento (ver figura 28).

As três fases devem ser aplicadas por profissional legalmente habilitado, de acordo com suas atribuições, conforme a Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005 do CONFEA, que dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema CONFEA/CREA.

OBRA: _____

TIPO DE OBRA: _____ Nº DE PAVIMENTOS: _____

ENDEREÇO: _____

DATA DA MEDIÇÃO: _____ UMIDADE RELATIVA DO AR: _____

TEMPERATURA AMBIENTE: _____ DATA DA ÚLTIMA CHUVA: _____

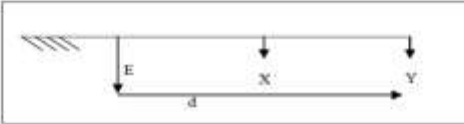
HORÁRIO DA MEDIÇÃO: _____

LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO: _____

MODELO: _____ DATA DE CALIBRAÇÃO: _____

MONTAGEM PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MEDIÇÃO PELO MÉTODO DA QUESDA DE POTENCIAL – HASTE ÚNICA



Y = maior distância (haste auxiliar instalada maior comprimento do terreno)

X = 0,62Y (haste de potencial)

E = haste de ensaio

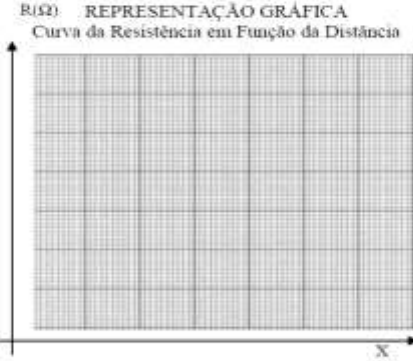
Equipamento	Unidade Geológica	Dados do solo		
		Úmido	Seco	Aterrado

TABELA DE MEDIÇÕES		
Y	X (m)	R (Ω)
	X-3	
	X-2	
	X-1	
	X=0,62Y	
	X+1	
	X+2	
	X+3	

R= _____ (Ω)

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Curva da Resistência em Função da Distância



Eng. (*) Responsável – CREA Nº _____

Figura- 39 – Ferramenta/Formulário para Execução da Medição da Resistência de Aterramento.

8.1.1 *Especificação da Ferramenta/Formulário para coleta de dados da Medição da Resistência de Aterramento*

Todos os campos do formulário deverão ser obrigatoriamente preenchidos para a perfeita identificação da instalação e para anotação das Medições da Resistência de Aterramento.

1- FINALIDADE

Coletar os dados de campo sobre a resistência ôhmica de aterramento elétrico

2- EMISSÃO

Será preenchido na obra, durante a medição, para que nenhuma informação verificada no local seja esquecida.

3- PROCESSO DE EMISSÃO

Manuscrito

4- DADO DE PREENCHIMENTO

4.1 Nome da Obra

4.2 Tipo de obra: Vertical ou horizontal

4.3 N. de Pavimentos / andares : incluir outros pavimentos

4.4 Endereço: rua/avenida/bairro/município

4.5 Data da medição : dia /mês/ano

4.6 Umidade Relativa do Ar/Temperatura: medir com termo - higrômetro (temperatura e umidade do ar)

4.7 Anotar quando foi último dia que choveu

4.8 Anotar horário da Medição

4.9 Com o GPS localizar a latitude e longitude do equipamento a ser medido

4.10 Modelo do Terrômetro

4.11 Data da Calibração do terrômetro

4.11 Identificação do equipamento em que será executada a medição da resistência de aterramento.

4.12 Identificação da unidade geológica (de acordo com a Carta Geotécnica da Cidade do Recife)

4.13 Anotar os dados do solo (Úmido, Seco ou Aterrado)

5- TABELA DE MEDIÇÕES

Com as medições realizadas através do equipamento Terrômetro, inserir na tabela, os valores da resistência obtidos.

6- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA:

Com os dados coletado da resistência de aterramento, traça-se a curva da resistência em função da distância.

7- PROFISSIONAL LEGALMENTE HABILITADO

O laudo técnico deverá ser assinado por profissional legalmente habilitado, com as atividades devidamente registradas com Anotação de Responsabilidade Técnica – ART. no CREA local.

8.2 Análises dos Resultados para melhoria das Condições de Trabalho

Com os dados obtidos na pesquisa realizada em sete canteiros de obras de diferentes padrões, comprovou-se que: em 85,5% dos canteiros de obras os valores obtidos da resistência de aterramento estão acima do valor de referencia, conforme NBR 5419; 57% dos canteiros de obras não possuem trabalhador capacitado a intervir em instalações elétricas; também em 71,5% dos canteiros de obras, o sistema de aterramento não utiliza conectores entre fio terra e haste de aterramento; em 28,5% dos canteiros obras o sistema de aterramento não utiliza terminais entre fio terra e equipamento (massa); também constatou que em 85,5% dos canteiros de obras não existem caixa de inspeção e o solo é constituído de aterro não estabilizado; por fim em 100% dos canteiros de obras não possuem projeto de aterramento elétrico, bem como, laudo de aterramento elétrico.

Dentre os resultados mais significativos da pesquisa, cabe destacar alguns fatores técnico-administrativos envolvendo o aterramento temporário visando à proteção contra choque elétrico em canteiros de obras. Observou-se que um dos fatores importantes diz respeito à ausência de projetos de aterramento elétrico que garanta a proteção necessária contra choques elétricos, seja o risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, seja a falhas que possam colocar uma massa acidentalmente sob tensão, sendo projetado por profissional legalmente habilitado, com registro no CREA, seguindo todos os preceitos das normas técnicas da ABNT. Outro fator que mereceu destaque é a ausência de laudos de aterramento elétrico, necessário para a aferição dos valores de admissibilidade ôhmica do solo, garantindo que os equipamentos estejam

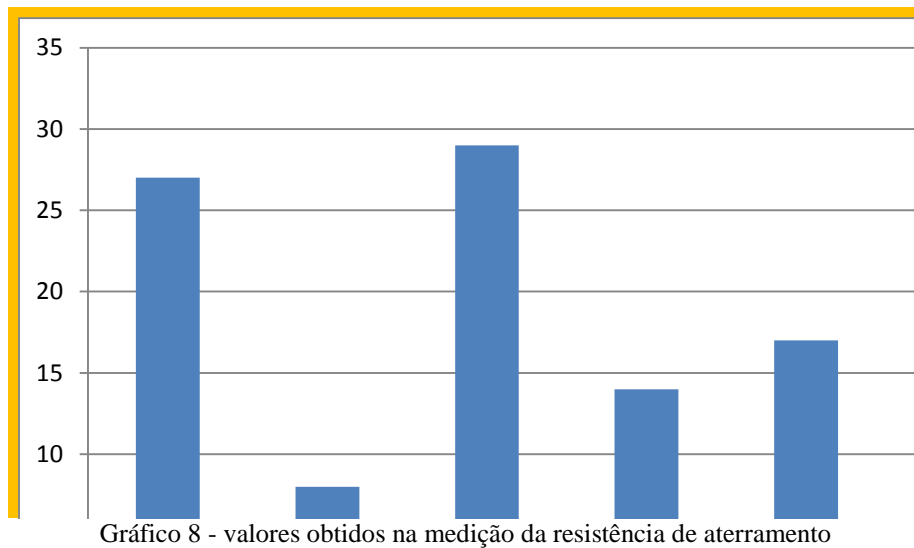
protegidos pelo sistema de aterramento de acordo com as recomendações da NBR 5419 e NBR 5410. Por fim a baixa formação e capacitação dos eletricitistas tornam-se insuficientes para a melhoria do desempenho das atividades profissionais.

O resultado é que um aterramento deficiente pode causar o choque elétrico no trabalhador ou usuário, como também uma resposta lenta ou ineficácia dos sistemas de proteção (fusíveis, disjuntores/relés etc.). A ausência de um projeto destas instalações, elaborado por profissional legalmente habilitado, pode ocasionar danos irreversíveis para toda a equipe envolvida nesta obra direta ou indiretamente.

A dificuldade de se aplicar a legislação nacional relativa às instalações elétricas temporárias nos canteiros de obras pode ter razões de implicações culturais, além da falta de formação, tendo em vista que o gerenciamento de obras tem enfatizado a produtividade. Além disso, como descrito anteriormente, o eletricitista muitas vezes não é um trabalhador realmente capacitado para intervir nas instalações elétricas dos canteiros de obras.

8.2.1 *Análise Comparativa entre as Empresas Avaliadas*

O gráfico 8 apresenta os valores obtidos na medição da resistência de aterramento em todas as obras. A linha em vermelho mostra o limite estabelecido pela NBR 5419; observou-se que apenas a obra 2 está em conformidade com a norma NBR 5419, com valor da resistência de aterramento abaixo de 10Ω . Nas demais obras, os valores medidos estão acima de 10Ω , significando uma deficiência na proteção contra choques elétricos, podendo causar danos irreversíveis aos trabalhadores, máquinas ou instalações físicas.

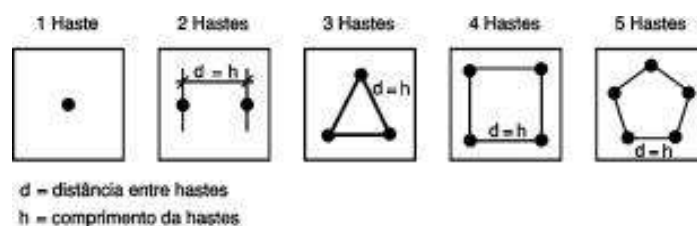


Nas obras 1 e 3 não existe conector interligando a haste de aterramento ao fio terra. Isso faz que a resistência seja alta, deixando o aterramento elétrico de cumprir seu objetivo.

Quando já se tem um aterramento com um único eletrodo, mas o mesmo está apresentando um alto valor de resistência, podem-se tomar como regras práticas, as seguintes medidas:

- aumentar o número de eletrodos (hastes) para garantir um bom aterramento, deve se colocar quantos mais forem necessários, até que a resistência do sistema de terra esteja adequada ($\leq 10\Omega$). O posicionamento dos eletrodos deve garantir uma distância mínima, conforme comprimento da haste de aterramento, entre cada parte deles.

A Figura 40 representa a distribuição das hastes de aterramento que podem ser feitas em linha, em triângulo, no contorno de um quadrado ou ainda numa conjunção dos sistemas.

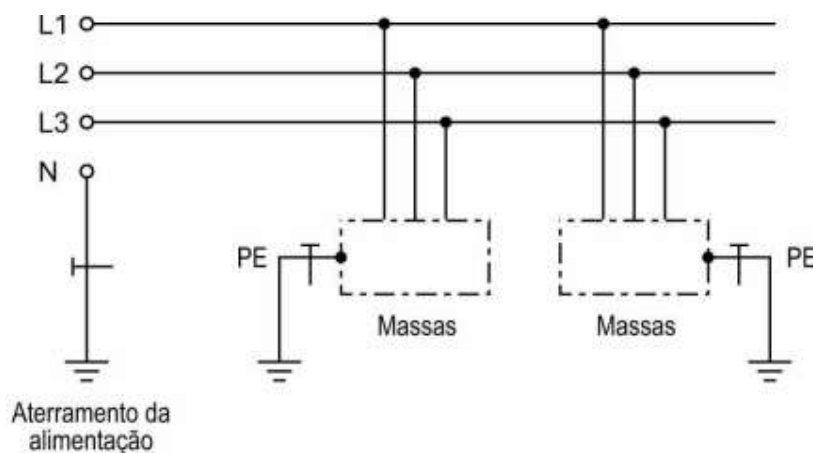


Fonte: CAPELLI (2000)

Figura 40 – Desenho esquemático da distribuição das hastes de aterramento

- A outra medida para reduzir o valor da resistência, é através do tratamento químico do solo. Pode-se adicionar sais na terra que circunda o eletrodo para reduzir a resistência do aterramento. Não é aconselhável adicionar tais sais em contato com o eletrodo, para evitar sua corrosão. Outra forma de reduzir a resistência de aterramento, por exemplo, é a aplicação de betonita (para preencher o solo em torno do eletrodo). Ela tem baixa resistividade e é higroscópica, absorvendo água para a região em torno do eletrodo (que é a região crítica, onde apresenta maior resistividade (é fácil notar isso, pois apenas tratando quimicamente a região em torno do eletrodo, já se observa uma queda no valor da resistência de aterramento)).

Foi observado que em todas as instalações de aterramento temporário nos canteiros de obras se utilizou eletrodo de aterramento convencional, que é instalado unicamente para este fim através de hastes verticais. Também se constatou que o sistema de aterramento é o TT, (Fig. 42), ou seja, o neutro é aterrado logo na entrada e segue (como neutro) até a carga (equipamento). A massa do equipamento é aterrada com uma haste própria (convencional), independente da haste de aterramento do neutro.



Fonte: ABNT (2004).

Figura 41 – Desenho esquemático do sistema de aterramento do tipo TT.

Os resultados das medições da resistência de aterramento foram influenciados também pelo tipo do solo, na pesquisa, identificou-se que os solos que foram depositados para a construção de um aterro, estavam num estado relativamente fofo e heterogêneo. Além disso, os solos tinham pouca resistência e eram muito deformáveis, mostrando que não houve estabilização e melhoria através de processo manual ou mecânico, ou seja: a não compactação influenciou nos resultados das

medições da resistência de aterramento. Como recomendação: as hastes de aterramento sejam instaladas em solos de aterro compactados ou aumentar o número de hastes de aterramento.

8.2.2 Roteiro Mínimo para Execução de Aterramento Elétrico Temporário, Sistema TT, em Canteiros de Obras.

Segue um roteiro mínimo que um trabalhador qualificado deve seguir, na execução de um aterramento elétrico temporário e especificação de materiais, para canteiros de obras, conforme Quadro 08.

MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
	<p>Caixa de Inspeção de Concreto, PCV ou Manilha</p>
	<p>Hastes de Aterramento Copperweld As hastes de aterramento atendem perfeitamente a todos os requisitos das normas mundiais mais rigorosas, 5/8" em 2,4m</p>
	<p>Grampos de Aterramento Fabricados em liga de cobre de alta resistência mecânica, garantem a força de aperto nominal necessária entre os elementos de fixação</p>
	<p>Conector Parafuso Fendido com Sapata Terminal em liga de cobre de alta resistência mecânica, para instalação por pressão de fios e cabos de cobre.</p>
	<p>Terminal a Compressão de Cobre para cabos flexíveis Os terminais a compressão são fabricados em cobre e estanhados para obterem maior resistência à corrosão. Projetado para facilitar a introdução de condutores flexíveis de cobre.</p>



Fio ou cabo de bitola entre 2,5mm² à 6mm²; Na cor verde ou verde –amarelo



Terrômetro Digital

Quadro 08 – Especificação de materiais para sistema de aterramento elétrico TT

1º Passo: Instale a caixa de inspeção no solo aplicando terra ao seu redor de modo a deixá-la totalmente firme e encaixada no chão e, internamente preencha o fundo com brita (a brita ajudará a manter a umidade do solo próximo à haste).

2º Passo: Cravar a haste cobreada no centro do diâmetro da caixa de inspeção (evitar bater com a marreta diretamente na haste).

3º Passo: A haste deverá estar com a parte superior exposta no interior da caixa de inspeção

4º Passo: O condutor de aterramento (fio terra) deverá chegar até a caixa de inspeção através de eletroduto e ser conectado através do parafuso fendido com sapata, com a haste de aterramento.

5º Passo: Finalize fechando a caixa de inspeção com a tampa.

6º Passo: Faça a conexão do condutor de aterramento já com terminal a compressão de cobre para cabos flexíveis à massa.

7º Passo: Recomenda-se um valor máximo da resistência de aterramento de 10 ohms, comprovando-se através de laudo de aterramento elétrico, elaborado por profissional legalmente habilitado.

8º Passo: Caso a resistência de aterramento seja $\leq 10 \Omega$, o aterramento atende a Norma Brasileira, caso contrário $\geq 10\Omega$, refazer a partir do 2º passo, tomando como regra prática, aumentar número de eletrodos (hastes) até que a resistência do sistema de terra esteja adequada, garantindo um bom aterramento.

8.3 Validação da Ferramenta/Formulário para a Medição da Resistência de Aterramento Elétrico

O instrumento/formulário para coleta de dados da medição da resistência de aterramento, foi elaborado com intuito de sistematizar o procedimento operacional de coleta de dados em campo. Para tanto, um teste prévio foi realizado em uma obra no município de Jaboatão dos Guararapes, a partir do qual foram realizados ajustes que resultou no modelo final utilizado na pesquisa. Cabe ressaltar que os dados coletados estão relacionados ao objetivo geral da dissertação, que pretende avaliar o comportamento da resistência de aterramento temporário, de acordo com o valor de referencia da NBR 5419, em canteiros de obras na cidade do Recife.

8.3.1 Resumo dos resultados da resistência de aterramento obtidos nas obras avaliadas

A tabela 17 apresenta o resumo dos resultados das medições da resistência de aterramento nas obras avaliadas de acordo com a localização, unidade geológica, característica do solo, nível de conformidade de acordo com a NBR 5419 e apresentação de uma proposta prática para redução da resistência de aterramento.

Tabela 17 - resumo dos resultados das medições da resistência de aterramento

OBRA	LOCALIZAÇÃO	UNIDADE GEOLOGICA	CARACTERISTICA DO SOLO	RESISTENCIA DE ATERRAMENTO R(Ω)	NIVEL DE CONFORMIDADE DE ACORDO COM A NBR5419 ($\leq 10\Omega$)	PROPOSTA PARA REDUÇÃO DA RESISTENCIA DE ATERRAMENTO
OBRA 1	Apipucos	Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl)	Aterro	27,5	Não conformidade	Aumentar o numero de eletrodos (haste) de aterramento, podendo ser instaladas várias opções de distribuição das hastes (vide Fig.41)
OBRA 2	Boa Viagem	Terraço Marinho Holocênico (Qh)	Sem aterro	7,0	Em conformidade	
OBRA 3	Rosarinho	Terraço Marinho Pleistocênico Modificado (Qpm)	Aterro	29,0	Não conformidade	
OBRA 4	Jardim São Paulo	Terraço Marinho Pleistocênico (Qp)	Aterro	14,0	Não conformidade	
OBRA 5	Casa Amarela	Formação Barreiras (Tb)	Aterro	17,0	Não conformidade	
OBRA 6	Barro	Formação Cabo (Kc)	Aterro	24,0	Não conformidade	
OBRA 7	Várzea/Cosme e Damião	Embasamento Cristalino (Pe)	Aterro	23,0	Não conformidade	

9 CONCLUSÕES

Considera-se que a presente pesquisa alcançou os objetivos propostos de avaliar o comportamento da resistência de aterramento temporário, de acordo com o valor de referência da NBR 5419 e a aprovação da ferramenta/formulário para sistematizar o procedimento operacional de coleta de dados em campo. Os resultados obtidos identificaram as principais falhas relativas à proteção dos trabalhadores contra choques elétricos por contato indireto, em canteiros de obras na cidade do Recife, pelo não cumprimento das exigências legais, a pouca relevância por parte dos gestores com relação ao quesito segurança no trabalho, a falta de eletricitistas competentes do ponto de vista legal e técnico. Fatos estes, evidenciaram também a falta de critérios/métodos por parte dos profissionais, durante as avaliações da resistência de aterramento. Considera-se, como contribuição de maior relevância na pesquisa, a proposta da ferramenta/formulário elaborada, para coleta de dados nas medições da resistência de aterramento.

9.1 Recomendações

- Que todos os sistemas de aterramento temporários, nos canteiros de obras, estejam de acordo com o estabelecido pelas Normas - NBR 5410/2004, NBR 5419/2005 e NR 10;
- Que a Segurança e Saúde no Trabalho - SST seja parte integrante do sistema de gestão da empresa;
- A capacitação, por parte da empresa, dos eletricitistas que intervêm em instalações elétricas;
- A necessidade do uso da ferramenta/formulário elaborada nesta pesquisa, por profissionais legalmente habilitados, na execução de avaliações de aterramento elétrico.

9.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Com os resultados obtidos na presente pesquisa, assim como o conhecimento adquirido no desenvolvimento do estudo, pode-se sugerir estudos complementares, como:

- Análise da estratificação e da resistividade dos solos da cidade do Recife;
- Avaliação do comportamento da resistência de aterramento em instalações elétricas permanentes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL . **Resolução n.º 456**, de 29 de novembro de 2000: estabelece, de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf> > Acesso em: 19 maio 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15749**: medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR ISO/IEC 17025**: Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.

_____. **NBR NM 61008-1**: Interruptores e/ou disjuntores a correntes diferenciais e residuais sem Proteção Contra Sobrecorrentes – Parte 1: Regras Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

_____. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 5419**: sistema de proteção de descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 7117**: medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos - Wenner. Rio de Janeiro: ABNT, 1981.

ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. G. V.; LIMA FILHO, M. F. **Mapa geológico do Recife**. Recife: Convênio FINEP/ LSI-DEC-UFPE, 1995.

BARKOKÉBAS, Béda et al. **Estudo dos riscos elétrico**: análise dos sistemas de proteção de acidentes com terceiros na região metropolitana do Recife: canteiros de obras. Recife: EDUPE, 2007. v. 2. (Relatório técnico-científico. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – POLI/UPE. Laboratório de Segurança e Higiene do Trabalho – LSHT, 2007).

BRASIL. Lei Nº 11.337, de 26 de julho de 2006. Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 jul. 2006. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Previdência e Assistência Social. **Anuário estatístico de acidentes do trabalho 2011**: quantidade de acidentes registrados, por motivo, segundo o cadastro nacional de atividades econômicas (CNAE). Disponível em: <<http://www.previdenciasocial.gov.br/anuarios/aeat-2008>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 04**, de 04 de julho de 1995. Art. 1 Aprova o novo texto da Norma Regulamentadora nº 18 – Obras de construção, demolição e reparos, que passa a ter o seguinte título: NR-18 – Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/portaria-n-04-de-4-07-1995.ht>>. Acesso em: 19 maio 2011.

_____. **Normas regulamentadoras de segurança e medicina do trabalho – NR 10:** Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em:< <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm> >. Acesso em: 29 set. 2011a.

_____. **Normas regulamentadoras de segurança e medicina do trabalho – NR 18:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. MTE. Disponível em: Disponível em:< <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm> >. Acesso em: 29 set. 2011b.

CAMINHA, A. C. **Introdução a proteção dos sistemas elétricos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

CAPELLI, A. Aterramento elétrico. **Saber Eletrônica**, São Paulo, n. 329, p. 56-59, jun. 2000.

CARNEIRO, E. F. **O eletrocardiograma**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1998.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA - CONFEA. **Resolução nº 1010 de 22 de agosto de 2005:** dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=1196>> Acesso em: 29 set. 2011

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.

_____. **Instalações elétricas**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2010.

DOCA, Geralda. Governo vai apertar fiscalização e ampliar prevenção nas empresas. **O Globo**, Rio de Janeiro, 27 mar. 2011, p.36.

FUNDACENTRO. **Introdução à engenharia de segurança do trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1981.

_____. **Recomendações técnicas de procedimentos - RTP 05:** Instalações elétricas temporárias em canteiros de obras. São Paulo: Fundacentro. 2007. 44 p. Disponível em: < <http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/1/RTP%2005.pdf> > Acesso em: 29 set. 2011.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2000.

_____. São Paulo: Editora Sarvier, 2002. 387p.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Koogan, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção, 2011**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000013563206122013325228785540.pdf>> Acesso em: 28 jun. 2012.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC-60479-1: Effects of current passing through the human body. Part 1: general aspects, publication 479-1. 4. ed.** Geneva: International Electrotechnical Commission, 1984.

_____. _____.: effects of current on human beings and livestock: part 1: general aspects, publication 479-1. 4. ed. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2005.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, J.M. **Aterramento elétrico**. 6. ed. Florianópolis, 2011. 226 p.

LABORATÓRIO DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO -LSHT. **Identificação**. Recife: UPE: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, maio 2010.

LEITE, C. M.; PEREIRA FILHO, M. L. **Técnicas de aterramento elétricos: cálculos, projetos e softwares para aterramentos elétricos**. 4. ed. São Paulo: Officina de Mydia, 1996.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **OSHA 3075: Controlling Electrical Hazards**. Washington, D.C. : OSHA, 2002.

RECIFE. Prefeitura da Cidade. **Atlas do desenvolvimento humano: bairros da cidade do Recife**. 2005. Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2005/mapas.html>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

SCHNEIDER-ELECTRIC. **Dispositivos de proteção contra choques elétricos e esquemas de aterramento**. São Paulo: Schneider-Electric, 2003. Disponível em:<http://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/apostila_procobre_choques.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2012.

SIEMENS. **Proteção contra choques elétricos e incêndios: dispositivos DR: proteção contra correntes de fuga à terra em instalações elétricas de baixa tensão**. São Paulo: Siemens, 2009. Disponível em:<<http://www.industry.siemens.com.br/buildingtechnologies/br/pt/produtos-baixa-tensao/protecao-eletrica/saiba-mais/Documents/Take%20One%20DR%20SIEMENS%202009.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

VIANA, Mauricio José, et.al. **Instalações elétricas temporárias em canteiros de obras**. São Paulo: Fundacentro, 2007. 44 p.: il. (Recomendação técnica de procedimentos. RTP ; 05).

VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnica e medição e instrumentação, filosofias de aterramento**. São Paulo: Artliber, 2010. 159 p.

ZORZAL, Loercyo Guisso. **Aplicação da NR10 a subestações prediais**: estudo de caso. 94 f. 2008. Projeto de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008. Disponível em: <http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2008_2/loercyoguissozorzal.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2013.

GLOSSÁRIO

Apresentamos alguns conceitos e definições complementares de terminologias, utilizadas neste trabalho. Salientamos que as terminologias aqui empregadas foram extraídas das Normas Regulamentadoras - NR/MTE e da Associação Brasileira de normas Técnicas - ABNT

Aterramento Elétrico Temporário: ligação elétrica efetiva confiável e adequada intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica

Baixa Tensão (BT): tensão superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Barreira: dispositivo que impede qualquer contato com partes energizadas das instalações elétricas

Circuito de distribuição: circuito que alimentar um ou mais quadros de distribuição.

Circuito terminal: circuito ligado diretamente a equipamentos de utilização e/ou tomadas de corrente.

Condutor de aterramento: condutor de baixa impedância ligado a um eletrodo de aterramento.

Condutor de proteção: condutor destinado a interligar eletricamente massas, elementos condutores estranhos à instalação, terminal ou barra de aterramento principal, eletrodo de aterramento e/ou pontos de alimentação ligados à terra ou a um neutro artificial.

Condutor fase: condutor de um circuito polifásico, exceto o condutor neutro.

Condutor neutro: condutor ligado ao neutro do sistema de alimentação externo e capaz de contribuir para o transporte de energia elétrica.

Corrente diferencial-residual: soma algébrica dos valores instantâneos das correntes que percorrem todos os condutores vivos de um circuito, em um dado ponto de uma instalação elétrica.

Equipamento de Proteção Coletiva (EPC): dispositivo, sistema, ou meio, fixo ou móvel de abrangência coletiva, destinado a preservar a integridade física e a saúde dos trabalhadores, usuários e terceiros.

Equipotencialização: procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão, a própria rede de elementos interligados resultante.

Influências Externas: variáveis que devem ser consideradas na definição e seleção de medidas de proteção para segurança das pessoas e desempenho dos componentes da instalação

Instalação Elétrica: conjunto das partes elétricas e não elétricas associadas e com características coordenadas entre si, que são necessárias ao funcionamento de uma parte determinada de um sistema elétrico.

Invólucro: envoltório de partes energizadas destinado a impedir qualquer contato com partes internas.

Isolação: conjunto de materiais isolantes utilizados para isolar eletricamente.

Isolamento Elétrico: processo destinado a impedir a passagem de corrente elétrica, por interposição de materiais isolantes.

Isolação básica: isolação aplicada às partes vivas para assegurar o mínimo de proteção contra choques elétricos.

Isolação suplementar: isolação adicional e independente da isolação básica, destinada a assegurar proteção contra choques elétricos no caso de falha da proteção básica.

Massa (elemento ou parte condutiva acessível ou parte condutiva exposta): parte condutiva ou condutora que pode ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode tornar-se viva em condições de falta ou defeitos.

Obstáculo: elemento que impede o contato acidental, mas não impede o contato direto por ação deliberada por ação deliberada.

Proteção: é a ação automática provocada por dispositivos sensíveis a determinadas condições anormais que ocorrem num circuito, no sentido de evitar danos a pessoas e animais e/ou a um sistema ou equipamento elétrico.

Proteção básica: meio destinado a impedir contato com partes vivas perigosas em condições normais.

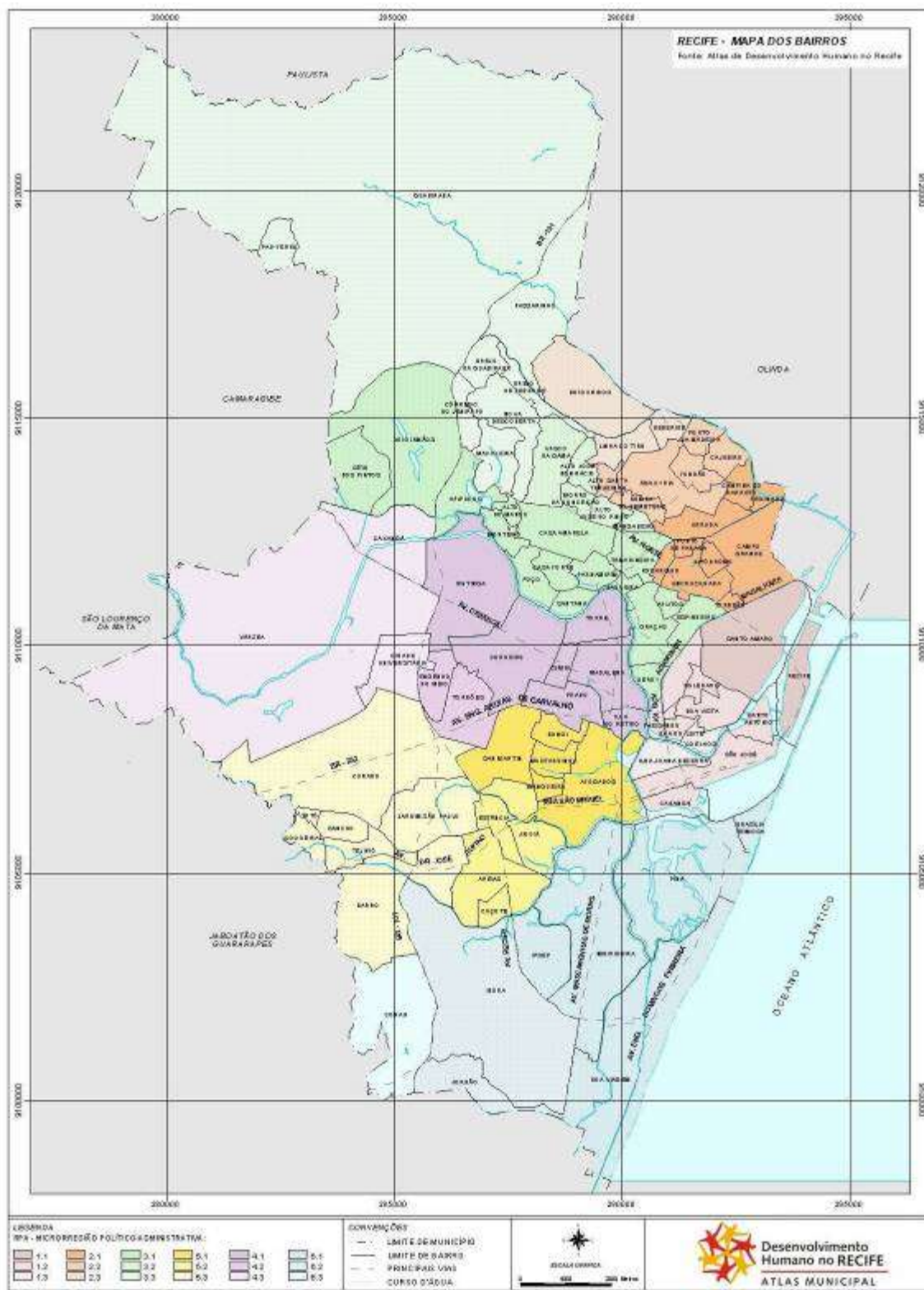
Proteção supletiva: meio destinado a suprir a proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se acidentalmente vivas.

Quadros de distribuição: destinam-se a receber energia de uma ou mais alimentações distribuí-las a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, comando e/ou medição.

Seccionamento: é a ação de desligar completamente um equipamento ou circuito de outros equipamentos ou circuitos, provendo afastamentos adequados que garantam condições de segurança especificadas.

Separação elétrica: é a proteção que se caracteriza pelo uso de um transformador de separação, cujo circuito secundário é isolado (nenhum condutor vivo aterrado, inclusive neutro).

ANEXO A – Mapa dos Bairros da Cidade do Recife



Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife (2012)

ANEXO B – Certificado de Calibração do Terrômetro MTD-20KWe



MEGABRAS INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO
 Rua Gibraltar 172 – São Paulo – SP - Brasil

Terrômetro
 MTD-20KWe

Certificado Nº 35491

Data: 29/02/2012

Nº de série: MU 6171 B

Página 1 de 3.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO.

Solicitante: Maurício José Viana

Equipamento testado: Terrômetro

Descrição do produto: Terrômetro digital MEGABRAS® modelo MTD-20KWe, nº de série **MU 6171 B**

Numero de Patrimônio:

Data de execução da calibração: 29/02/2012

NOTAS:

DOCUMENTO ORIGINAL

1. Procedimento de calibração

O procedimento de calibração utilizado foi baseado na Instrução técnica PQ GQ 01, nas recomendações da norma NBR ISO/IEC 17025 e nos manuais de operação dos instrumentos envolvidos.

A calibração do voltímetro foi efetuada aplicando tensão simultaneamente ao instrumento testado e ao voltímetro padrão, sendo o resultado da calibração a comparação de ambas leituras.

A calibração do medidor de resistência resulta da medição direta de resistências padrões, comparando o valor indicado pelo instrumento ensaiado com o valor verdadeiro convencional das resistências.

2. Padrões utilizados

Década de resistência marca Yokogawa Modelo 2786-20, série nº 01017, com certificado de calibração nº 112034-101, emitido pelo IPT(1), dentro da RBC(2), em 01/09/2011, com validade de 2 anos.

Caixa padrão de resistências marca Megabras, modelo CPR-10K, série nº 8.900.102, cód. patr. CPR030, calibrada internamente em 03/02/2011, com certificado de calibração nº 10065 Int, com validade de 2 anos. calibrada com multímetro digital marca Picotest, modelo M3500A, descrito abaixo.

Multímetro digital de 6 ½ dígitos, marca Picotest, modelo M3500A, série nº TW00001175, calibrado em 29/04/2010, com certificado de calibração nº 101942-101, emitido pelo IPT(1), dentro da RBC (2), com validade de 2 anos.

3. Incertezas

Os valores verdadeiros convencionais das tensões estão afetados por uma incerteza total expandida de $\pm 0,5\%$

Os valores verdadeiros convencionais das resistências estão afetados por uma incerteza total expandida de $\pm 0,5\%$

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência **K=2**, para um nível de confiança de aproximadamente **95%**.

A REPRODUÇÃO DESTES DOCUMENTOS SÓ PODERÁ SER INTEGRAL.



MEGABRAS INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO
Rua Gibraltar 172 – São Paulo – SP - Brasil

Terrômetro
MTD-20KWe

Certificado Nº 35491

Data: 29/02/2012

Nº de série: MU 6171 B

Página 2 de 3.

4. Condições ambientais

Os ensaios foram realizados num ambiente climatizado, com temperatura de:

24 ± 2 °C

E umidade relativa do do ar:

58 ± 5%

5. Calibração do Voltímetro

Erro máximo segundo especificação técnica do equipamento: ± (2% do valor medido + 1% do fundo de escala)

Valor verdadeiro convencional (V)	Valor medido (V)	Erro absoluto (V)	Erro máximo admissível (V)
50,95	50,7	-0,25	± 3,02
100,21	100,4	0,19	± 4,00
173,62	174,5	0,88	± 5,47

Resultado: CUMPRE com a especificação técnica.

DOCUMENTO ORIGINAL

6. Calibração das escalas de resistências

Erro máximo segundo especificação técnica do equipamento: ± (2% do valor medido + 1% do fundo de escala)

Escala	Valor verdadeiro convencional (*)	Valor medido (*)	Erro absoluto (*)	Erro máximo admissível (*)
20,00 Ω	3,04	3,10	0,06	± 0,26
	10,03	10,11	0,08	± 0,40
	15,05	15,15	0,10	± 0,50
200,0 Ω	30,0	30,2	0,2	± 2,6
	100,0	100,4	0,4	± 4,0
	150,0	150,3	0,3	± 5,0
2000 Ω	300	301	1	± 26
	1000	1006	6	± 40
	1500	1508	8	± 50
20,00 kΩ	3,00	3,12	0,12	± 0,26
	10,00	10,04	0,04	± 0,40
	15,00	14,64	-0,36	± 0,49

(*) Os valores são indicados na mesma unidade da escala utilizada na primeira coluna.

Resultado: CUMPRE com a especificação técnica.

A REPRODUÇÃO DESTES DOCUMENTOS SÓ PODERÁ SER INTEGRAL.



MEGABRAS INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO
Rua Gibraltar 172 – São Paulo – SP - Brasil

Terrômetro
MTD-20KWe

Certificado N° 35491

Data: 29/02/2012

N° de série: MU 6171 B

Página 3 de 3.

7. Ensaio de tensão aplicada.

Aplicou-se 1,5 kV (ac.), durante 1 minuto e não detectou-se corrente de fuga ($I=0$).

8. Rastreabilidade

Este certificado possui rastreabilidade ao Sistema Internacional de Medidas através dos padrões nacionais do INMETRO.

9. Terminologia utilizada

Valor verdadeiro convencional: Valor atribuído ao padrão de referência que representa ao *valor verdadeiro* com a incerteza indicada.

(1)IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

(2)RBC: Rede Brasileira de Calibração

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia; é possuidor de um conjunto de laboratórios primários e o gestor da RBC (Rede Brasileira de Calibração), RBLE (Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios) e RNML (Rede Nacional de Metrologia Legal)

DOCUMENTO ORIGINAL

10. Observações

- a) Os resultados expressados neste Certificado são válidos unicamente para a unidade ensaiada, não sendo extensivos a outras unidades ainda quando forem do mesmo tipo e lote.
- b) Toda reprodução deste documento deverá ser integral e sem nenhuma alteração.

Calibração realizada por:


Geraldo de Medeiros Junior

Supervisada por:


Alexandre Manente Pinto

A REPRODUÇÃO DESTES DOCUMENTOS SÓ PODERÁ SER INTEGRAL.

ANEXO C – Cartela de Especificação do Termo - Higrômetro

Cód.: 7666.02.0.00



TERMO - HIGRÔMETRO

temperatura interna/externa

Instrumento para medição da temperatura interna e externa, temperaturas máxima e mínima, umidade interna. Botão seletor da unidade °C/°F, botão Int/Ext.

Especificações Técnicas

Dimensões	35x27mm
Peso	85g
Material	Plástico ABS
Comprimento do cabo	± 2,4m
Pilhas	1,5 Volts - Tamanho AAA

Temperatura

Faixa de temperatura interna	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Faixa de temperatura externa	-50°C ~ -70°C (-58°F a 158°F)
Resolução int/ext	0,1°C/°F
Precisão int/ext	±1°C/°F

Umidade

Faixa de umidade	15% a 95% UR
Resolução	1% UR
Precisão	±5% UR

VALIDADE INDETERMINADA



A INCOTERM garante a qualidade deste produto e firma o compromisso de atendimento em garantia e assistência técnica, bem como, a troca incondicional do mesmo caso sejam detectados e comprovados defeitos de fabricação. Esta garantia é válida pelo período de 06 (seis) meses a partir da data da compra e mediante apresentação de nota fiscal. Qualquer intenção de reparo por pessoas não autorizadas implicará na perda da garantia.



Importado por: Incoterm Indústria de Termômetros LTDA

Av. Eduardo Prado, 1670 - Porto Alegre/RS | CEP: 91751-000 - CNPJ: 87.156.352/0001-19
Tel.: 51 - 3245.7100 | Fax.: 51 - 3248.1470 - vendas@incoterm.com.br

www.incoterm.com.br

São Paulo

Rua Machado Bittencourt, 361 - sala 1505 - São Paulo/SP
Tel.: 11 - 5574.5757

Origem: Cotronic Technology Ltd/China