Artigo Técnico

Uma análise da evolução da norma ABNT NBR 7117 para projeto de aterramentos elétricos do ponto de vista da geofísica

An analysis of the evolution of the ABNT NBR 7117 standard for electrical grounding design from a geophysics perspective

Vinícius Cardoso Monteiro de Souza[a],
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo[b*]

[a] Empresa Brazilian RockHounds

[b] Laboratório de Riscos, Investigações e Gestão Ambiental, Unidade Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

*e-mail: vrizcardoso@gmail.com
*e-mail: gandolfo@ipt.br

Palavras-chave: ABNT NBR 7117; geofísica; método da eletrorresistividade; projetos de aterramento; resistividade elétrica do solo.

Keywords: norethisterone acetate; estradiol; immediate release; wet granulation; fluidized bed.

Resumo

Este artigo apresenta uma análise das três diferentes versões da norma ABNT NBR 7117, publicadas em 1981, 2012 e 2020, avaliando suas principais diferenças no que diz respeito à aplicação de métodos geofísicos elétricos. Para tanto, foram delineados os principais tópicos abordados, abrangendo os conceitos teóricos do método da eletrorresistividade, as técnicas de investigação (planejamento e execução) e os parâmetros de interesse. Realizou-se uma avaliação crítica das alterações ocorridas na norma ao longo de suas três versões. Tais modificações foram benéficas, pois introduziram melhorias e aperfeiçoaram as técnicas de processamento e análise dos dados geofísicos, impulsionadas pelos avanços instrumentais e computacionais verificados ao longo dos anos.

Abstract

This article presents an analysis of the three different versions of the ABNT NBR 7117 standard published in 1981, 2012, and 2020, evaluating their key differences regarding the application of electrical geophysical methods. To this end, the main topics addressed were outlined, covering the theoretical concepts of the electrical resistivity method, investigation techniques (planning and execution), and parameters of interest. A critical assessment of the changes that occurred in the standard in its three different versions was carried out. These modifications were beneficial, as they introduced improvements and refined geophysical data processing and analysis techniques, driven by the instrumental and computational advancements that have occurred over the years.

1 Introdução

A geofísica é o conjunto de técnicas físicas e matemáticas utilizadas na investigação da subsuperfície com as quais é possível obter diversos parâmetros do subsolo, sendo utilizado métodos com ensaios efetuados na superfície do terreno, no interior de furos e em levantamentos aéreos (ORELLANA, 1972). A aplicação destes métodos está fundamentada nos contrastes existentes entre as propriedades físicas dos tipos de materiais geológicos, presença de possíveis contaminantes, corpos estranhos, dentre outros.

Um projeto de aterramento elétrico conecta equipamentos à terra por meio de eletrodos e condutores de aterramento para fornecer um caminho de baixa impedância para correntes de falha, de descargas atmosféricas, correntes espúrias, protegendo pessoas e máquinas contra riscos elétricos, sendo que um dos parâmetros a ser analisado é a resistividade elétrica do solo ( ), parâmetro que pode ser determinado pelo método geofísico da eletrorresistividade. Este parâmetro é fundamental para o correto dimensionamento desses sistemas, permitindo verificar sua compatibilidade com as características do subsolo local.

Na engenharia elétrica, o método da eletrorresistividade é amplamente utilizado no desenvolvimento e na inspeção de projetos de aterramento e de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). O aterramento consiste na ligação elétrica de elementos condutivos à terra, por meio de condutores apropriados. No SPDA, ele assegura que a eletricidade captada pelos subsistemas de captação e transmitidas pelo subsistema de descidas seja guiada de forma regulada, diminuindo a possibilidade de surgimento de faíscas, picos de tensão e prejuízos às estruturas. Em sistemas de energia, o aterramento é fundamental para manter os circuitos seguros e operacionais, garantindo que os mecanismos de segurança, como interruptores, fusíveis e protetores contra surtos, atuem de forma eficaz. Dessa forma, constitui um elemento indispensável à segurança de pessoas e sistemas, sendo o conhecimento da resistividade elétrica do solo e o adequado dimensionamento do aterramento, fatores determinantes para a eficiência e confiabilidade das instalações elétricas, segundo a NBR-15749 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

2 Projetos de aterramentos elétricos

A ligação proposital de componentes condutores ao solo, conhecida como aterramento elétrico, possibilita o desvio seguro de correntes anormais e raios, protegendo tanto pessoas quanto os equipamentos e certificando a operação adequada dos dispositivos de proteção. Para a proteção contra descargas atmosféricas tem-se quatro tipos de eletrodos

de aterramento: aterramento natural pelas fundações; condutores em anel; hastes verticais ou inclinadas e condutores horizontais radiais, conforme as NBR 5410 e NBR 5419 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004; 2026).

O aterramento natural diz respeito à utilização das próprias armaduras estruturais das construções como sistema de aterramento. Contudo, deve ser realizado um estudo específico para tal de forma a verificar se as condições de resistividade elétrica e disponibilidade de pontos de aterramento (local onde dissipará a corrente no solo) do sistema natural de aterramento serão suficientes para se adequar ao tipo de estrutura.

Os demais eletrodos de aterramento poderão ser utilizados individualmente ou em conjunto. Em geral, adota-se um sistema de malha de aterramento, constituído por condutores horizontais interligados às hastes de aterramento.

As hastes de aterramento são elementos destinados a conduzir a corrente elétrica para as camadas mais profundas do solo. Sua instalação, assim como a do anel de aterramento, deve observar os critérios estabelecidos em projeto, considerando a profundidade e o afastamento em relação às paredes da edificação. O anel e as hastes de aterramento são soluções complementares regulamentadas pela norma NBR 5419 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2026).

A elaboração de um projeto eficiente de aterramento não deve se limitar à definição da geometria dos dispositivos ou à escolha dos materiais utilizados. É importante o conhecimento das propriedades elétricas do solo, pois solos aparentemente semelhantes podem apresentar comportamentos elétricos distintos, afetando o desempenho do aterramento.

3 O método da eletrorresistividade

3.1 Resistividade elétrica

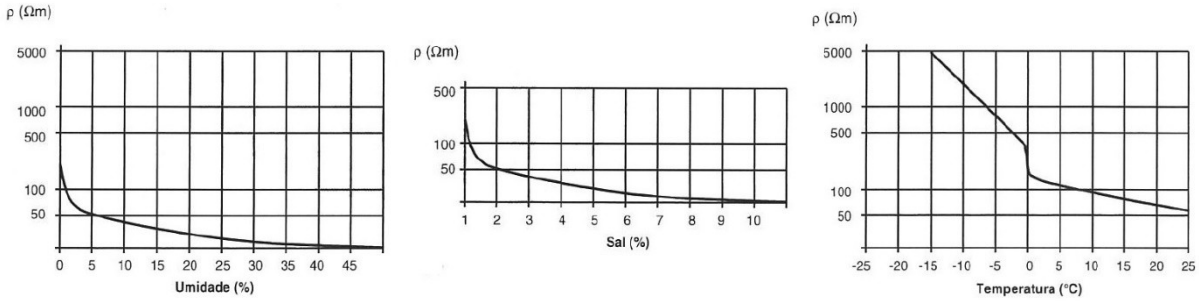
O parâmetro físico medido pelo método da eletrorresistividade é a resistividade elétrica (ρ), que consiste na dificuldade de uma corrente elétrica de se propagar em um determinado meio, expressa em unidades de ohm.m (Ωm).

O solo é um meio heterogêneo constituído por argila, silte, areia e pedregulho (em ordem crescente de granulometria). O valor de sua resistividade varia no tempo e no espaço, tanto

vertical como horizontalmente. Essa variação ocorre devido a alguns fatores como: tipo de solo, teor de umidade, composição mineralógica, profundidade das camadas, idade de formação geológica, grau de compactação, temperatura, salinidade e outros como, por exemplo, a eventual presença de um contaminante. Em função de todos estes condicionantes, o parâmetro resistividade elétrica varia dentro de uma extensa faixa de valores, desde 150 Ωm para solos alagadiços até 8.000 Ωm para areias não saturadas ou, superiores à 10.000 Ωm, para rochas sãs (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

A **Figura 1** apresenta os gráficos da variação da resistividade elétrica (ρ) em função da umidade, salinidade e temperatura.

Figura 1 - Variações da resistividade elétrica (ρ) em função da umidade, salinidade e temperatura.



Fonte: NBR - 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

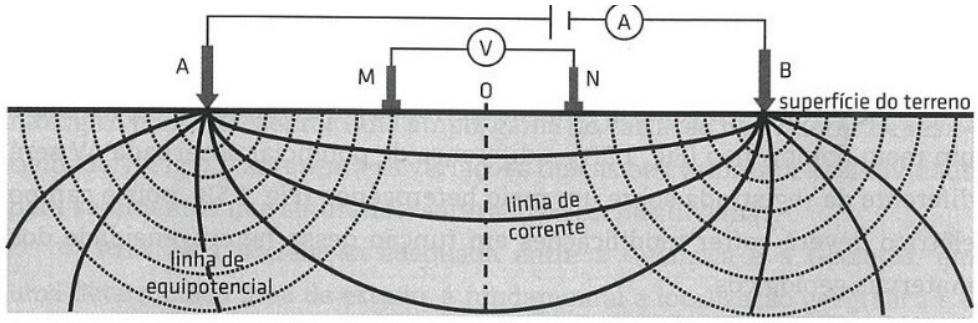
Os valores da resistividade elétrica do solo podem ser assim classificados em três categorias: baixa (ρ < 250 Ωm); média (250 Ωm < ρ < 1.000 Ωm) e alta (ρ > 1.000 Ωm). Do ponto de vista da engenharia elétrica, o solo pode ser subdividido em uma estrutura básica de três camadas: 1) solo superficial, não saturado, com matéria orgânica e resistividade média; 2) solo saturado (abaixo do nível d´água), resistividades mais baixas; 3) embasamento rochoso, com resistividade média (no caso de rochas porosas ou fraturadas, saturadas com água) ou elevada (no caso de rochas sãs) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Os equipamentos utilizados para as medições em campo são denominados de terrômetros e resistivímetros.

3.2 Medições de resistividade elétrica

O método da eletrorresistividade utiliza eletrodos cravados no solo a pequenas profundidades. O procedimento para realizar a medição consiste na injeção de uma corrente elétrica (I) no solo por meio de um par de eletrodos, denominados de A e B, e a leitura da diferença de potencial (ΔV) gerado pela circulação da corrente injetada, por meio de outro par de eletrodos, denominados de M e N (**Figura 2**).

Figura 2 - Princípio do método da Eletrorresistividade.



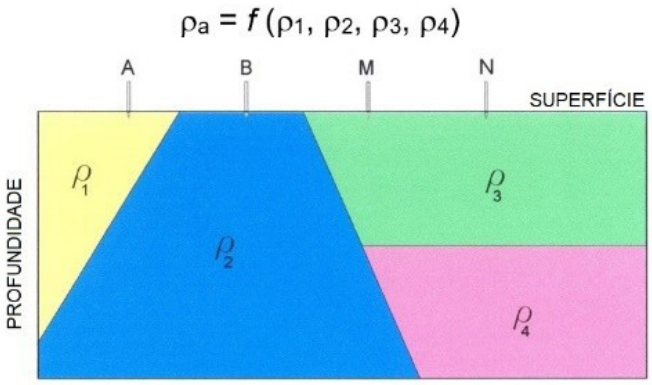
Fonte: Braga (2016).

A resistividade elétrica aparente (ρ_a) é obtida pela equação (1), onde K representa um fator geométrico conhecido e que depende apenas das distâncias entre os quatro eletrodos de medição na superfície do terreno.

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \qquad (1)$$

As medições realizadas são volumétricas, ou seja, o valor da resistividade medido na superfície sofre a influência de todos os materiais em subsuperfície existentes no volume abrangido pelos eletrodos situados na superfície do terreno. A **Figura 3** ilustra o conceito de resistividade aparente do solo (ρ_a), que é uma medida resultante da contribuição de todas as resistividades (ρ_1, ρ_2, ρ_3 e ρ_4) presentes no volume da subsuperfície compreendida entre os quatro eletrodos de medição.

Figura 3 - O conceito de resistividade elétrica aparente (ρ_a).



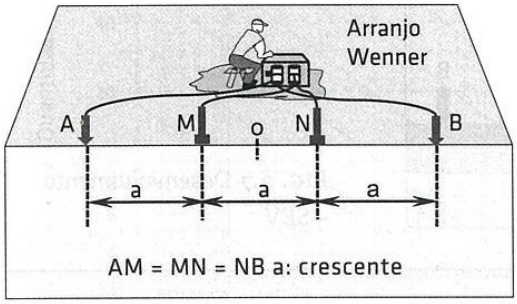
Fonte: modificado de Gallas (2000).

Para as medições de ρ_a podem ser utilizadas diferentes configurações no modo de disposição dos eletrodos no terreno. Tais configurações são denominadas de arranjos, como por exemplo os arranjos de Wenner e o de Schlumberger. Cada arranjo de eletrodos, apresenta certas características, vantagens e desvantagens, no que se refere à resolução, sensibilidade e razão sinal/ruído. Os arranjos Wenner e Schlumberger são os que fornecem a melhor resolução vertical, o que os tornam eficientes para identificar camadas dispostas horizontalmente no subsolo (WARD, 1990) e, assim sendo, são os arranjos comumente utilizado para a execução de uma técnica de medição em campo denominada de sondagem elétrica vertical (SEV).

3.3 Arranjo Wenner

No arranjo Wenner, os quatro eletrodos são dispostos em linha e as medidas são efetuadas mantendo-se uma distância constante entre eles (“a”) no decorrer de todo o ensaio, quando são simultaneamente movidos simetricamente em relação à um ponto fixo (“O”) correspondente ao centro do arranjo, que é o ponto de medição (**Figura 4**).

Figura 4 - Arranjo Wenner.



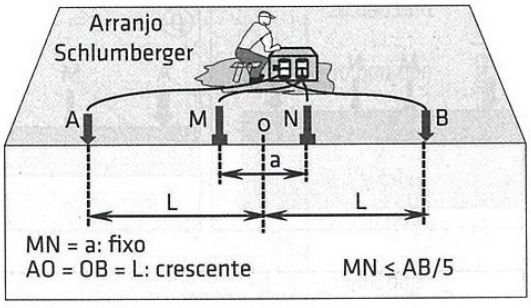
Fonte: Braga (2016).

O arranjo Wenner fornece uma melhor razão sinal/ruído em comparação ao arranjo Schlumberger, porém é mais suscetível a erros interpretativos devido às heterogeneidades laterais.

3.4 Arranjo Schlumberger

No arranjo Schlumberger os quatro eletrodos são dispostos em linha de modo que o espaçamento ("a") entre os dois eletrodos de potencial, M e N, permanece fixo e pouco distante entre si (geralmente em torno de 1 m). No decorrer das medições, os eletrodos de corrente, A e B, são distanciados simetricamente em relação ao ponto central por uma distância "L" (**Figura 5**). Pelo fato de "L" ir se tornando muito maior que "a", é necessário que o equipamento tenha uma alta sensibilidade de medição dos potenciais, principalmente se a fonte de alimentação do equipamento for de baixa potência. Se ocorrer a leitura de valores de potenciais a níveis abaixo da sensibilidade do equipamento, o espaçamento entre eletrodos de potencial deve ser aumentado, com repetição da medição sem o deslocamento dos eletrodos de corrente, operação conhecida no meio técnico como "embreagem".

Figura 5 - Arranjo Schlumberger.

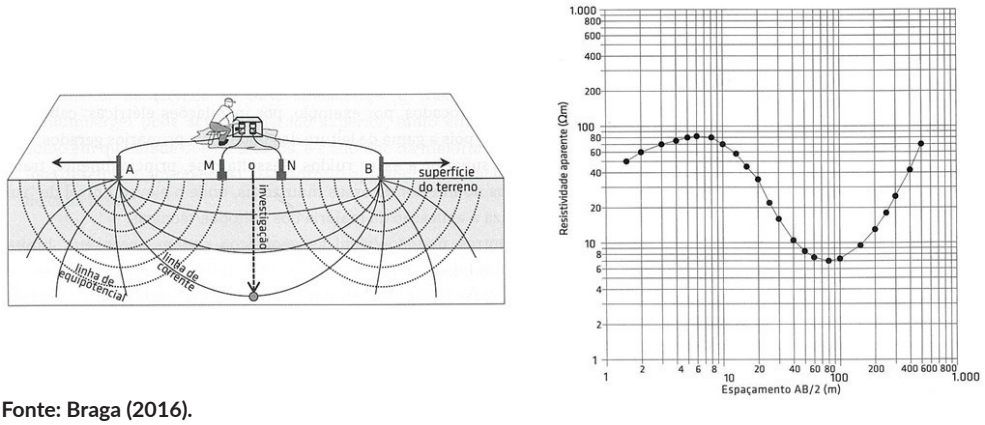


Fonte: Braga (2016).

3.5 Sondagem elétrica vertical (SEV)

A sondagem elétrica vertical (SEV) é uma técnica de medição do método da eletrorresistividade que é realizada utilizando um alinhamento simétrico de eletrodos e variando o espaçamento entre eles, conforme o arranjo de medição adotado (Wenner ou Schlumberger, em geral). A SEV investiga a distribuição vertical da resistividade elétrica no subsolo, abaixo de um ponto situado no centro do arranjo. As medidas realizadas em campo são apresentadas na forma de curvas de resistividades aparentes plotadas em um gráfico log-log (ρ_a versus metade do espaçamento entre eletrodos de corrente, A e B) que, passando por processos matemáticos de inversão e devidamente interpretadas, fornecem um modelo geoelétrico de subsuperfície (1D) atribuído ao ponto central do arranjo de eletrodos (**Figura 6**).

Figura 6 - Sondagem elétrica vertical (SEV).



Fonte: Braga (2016).

Este modelo, como será visto posteriormente, é constituído de camadas horizontais, plano e paralelas, onde cada camada apresenta um valor de resistividade elétrica e de espessura (modelo geoelétrico 1D de subsuperfície). Apesar de constituir uma solução que atende matematicamente ao problema da inversão, o modelo geoelétrico determinado pode não corresponder à estrutura geoelétrica que efetivamente ocorre no subsolo da área investigada, pois o processo de inversão tem a característica de admitir múltiplas soluções em termos de modelos geoelétricos para uma mesma curva de ρ_a, problema conhecido na geofísica como "não unicidade da solução".

A SEV é a técnica recomendada para as medidas de resistividade elétrica para projetos de aterramento elétrico na NBR-7117 em todas as suas versões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1981; 2012; 2020).

4 ABNT NBR 7117 (1981) - Medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos (Wenner)

Em sua primeira publicação, a norma NBR 7117 orienta a aplicação do arranjo Wenner, até então conhecido como método dos quatro pontos, na determinação de parâmetros essenciais de projetos elétricos e de aterramento: resistência de terra; gradientes de potencial; tensão de passo e tensão toque (potenciais perigosos); e parâmetros de linha de transmissão.

A norma apresenta condutas relacionadas às precauções de segurança durante as medições, tais como evitar a realização de medições sob condições atmosféricas adversas, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e evitar que pessoas e animais se aproximem do equipamento de medição e dos eletrodos. Estas recomendações foram corretamente mantidas nas versões de 2012 e de 2020 da ABNT NBR-7117.

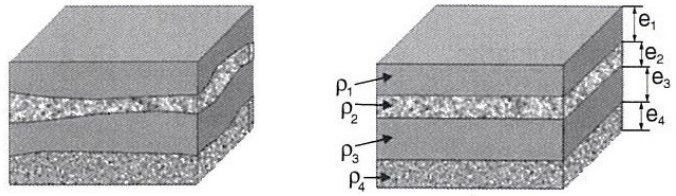
A NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1981) apresenta recomendações quanto ao número de pontos onde devem ser realizadas as medições em função da dimensão do terreno e uma descrição da aparelhagem utilizada para a realização do ensaio. Pode ser constatado uma notável evolução nos equipamentos utilizados, desde a publicação desta primeira versão até as duas versões mais recentes (2012 e 2020), em decorrência de todo avanço tecnológico eletrônico/digital da instrumentação ocorrido neste período.

Por fim, a norma NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1981) não estabelece nenhuma metodologia para a determinação de um modelo de subsuperfície com as camadas identificadas, constando os seus respectivos valores de resistividade elétrica e espessuras (estratificação real do solo). Apenas é apresentado, por meio de cálculos simplificados, o procedimento para a apresentação dos resultados, na forma de uma tabela, sem a elaboração da curva de resistividade elétrica aparente. Além disso, a norma nesta versão limita-se a apresentar o Wenner como a única opção de arranjo de eletrodos a ser utilizado para se realizar as medições.

5 ABNT NBR 7117 (2012) - Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo

Uma primeira mudança inovadora desta versão da norma foi a inclusão do conceito de estratificação do solo, para a melhoraria da precisão dos projetos. O volume do solo formado por camadas distribuídas heterogeneamente é aproximado por um modelo de camadas horizontais, plano e paralelas, onde cada camada possui um valor de resistividade (ρ) e de espessura (e) (Figura 7).

Figura 7 - Solo na sua configuração real (a) e o modelo unidimensional (1D) correspondente (b), estratificado em camadas horizontais, planas e paralelas.



Legenda	
ρ_1, e_1	Resistividade e espessura da camada de número 1;
ρ_2, e_2	Resistividade e espessura da camada de número 2;
ρ_3, e_3	Resistividade e espessura da camada de número 3;
ρ_4, e_4	Resistividade e espessura da camada de número 4.

Fonte: NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

O conceito de modelo de solo estratificado muito se aproxima do resultado do processamento de dados de uma SEV, há muito tempo já praticado pelos profissionais geofísicos para diversas aplicações nas áreas da geologia, hidrogeologia e geotecnia.

A norma NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) possui 64 páginas e apresenta uma descrição detalhada de diversos arranjos utilizando-se quatro eletrodos (além dos dois arranjos comumente mais utilizados - Wenner e Schlumberger): do eletrodo central; de Lee (ou das cinco hastes, pois utiliza um eletrodo adicional) e o de Schlumberger-Palmer.

A NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) também apresenta um grande volume de informações na forma de anexos (A, B e C) sobre alguns métodos gráficos de estratificação do solo (Anexo A), exemplos de estratificação do solo (Anexo B) e especificações dos equipamentos para a medição de resistividade do solo (Anexo C). Outros dois anexos informativos (D e E) abordam o método dos dois eletrodos (Anexo D) e a amostragem física do solo (Anexo E).

Nos procedimentos de medição são apresentadas recomendações quanto ao número de medidas e o posicionamento (direção) da linha de eletrodos em função das dimensões do terreno.

Na norma encontram-se dois itens que tratam sobre uma modelagem matemática do solo para duas camadas e sobre a estratificação do solo, seja por métodos gráficos (atualmente não praticada pelo meio técnico) ou por métodos computacionais (realizada por softwares, muitos deles disponíveis na Internet, de utilização livre para os usuários). Há um terceiro item que mostra exemplos de curvas de resistividade elétrica aparente e as respectivas quantidades de camadas no solo. Há uma relação entre o número de camadas da estratificação do solo com o número de inflexões da curva de resistividade: um solo homogêneo tem como curva uma reta; um solo de duas camadas tem uma curva com um ponto de inflexão e assim por diante.

Embora a utilização de softwares para o processamento e a interpretação dos dados seja recomendada, a norma NBR 7117 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) reforça que a análise física dos resultados é indispensável por parte do projetista, não sendo regulamentados tratamentos estatísticos ou ajustes posteriores, como pode ser constatado no seguinte trecho da norma: "a utilização de programas computacionais não exime o projetista da interpretação física dos resultados, para verificar a aplicabilidade da modelagem obtida do solo".

Para uma boa conduta técnica, deve-se ter em mente que geralmente um software não interpreta os dados e sim, os processa. Quem interpreta os dados é o ser humano, o usuário, o especialista, que domina o assunto e conta com toda a sua vivência prática e experiência.

6 ABNT NBR 7117-1 (2020) - Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos. Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica

A ABNT NBR 7117-1 de 2020, norma atual e vigente, cancelou e substitui a norma ABNT NBR 7117 de 2012. Sob o título geral "Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos", a norma passou a ser estruturada em partes e tem a previsão de conter posteriormente os seguintes adendos: a) Parte 2: Medição dos parâmetros térmicos e b) Parte 3: Medição da permissividade elétrica e da permeabilidade magnética.

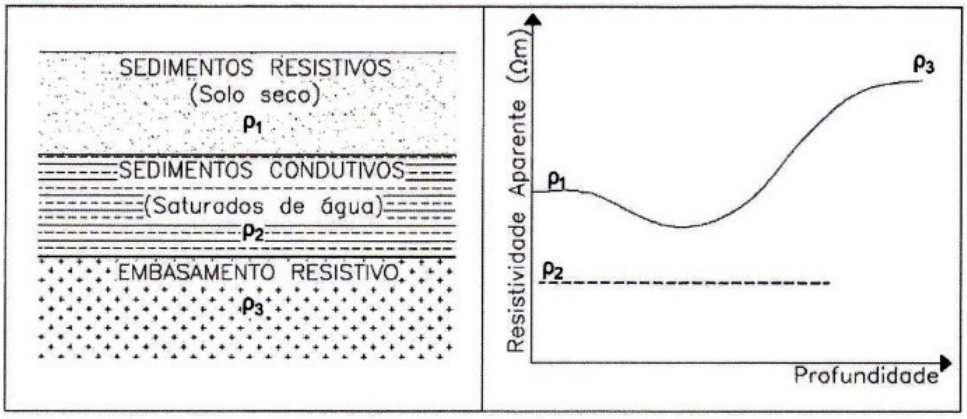
Esta parte da ABNT NBR 7117-1 apresenta os métodos de sondagem geoelétrica e as técnicas de determinação do modelo geoelétrico 1D correspondentes, não se aplicando às estruturas geoelétricas complexas, associadas aos modelos 2D ou 3D.

Em virtude da necessidade de técnicas de inversão para a elaboração dos modelos geoelétricos, a norma recomenda a atuação de um profissional qualificado na área de geofísica para que seja fornecido o devido suporte técnico, principalmente para sistema de aterramento de instalações de grande porte ocupando extensas áreas (parques eólicos, sistemas fotovoltaicos, complexos hidrelétricos, plantas industriais e subestações com área superior a 20.000 m2).

Conceituando-se, a inversão pode ser definida como o processo matemático que, a partir de uma curva de resistividades elétricas aparentes (ρ_a), infere a estrutura de subsuperfície, resultando em um modelo geoelétrico estratificado em camadas horizontais, planas e paralelas, denominado "modelo 1D" no jargão técnico geofísico.

Segundo Raggi (2009), um modelo estratificado com mais de três camadas possui pouco interesse prático. A **Figura 8** mostra um modelo geoelétrico típico de três camadas (duas inflexões da curva), composto por solo não saturado (superior), solo saturado com água (intermediária) e rocha (inferior).

Figura 8 - Modelo estratificado de um solo com três camadas geoelétricas e a curva de resistividade elétrica aparente correspondente.



Fonte: NBR 7117-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020).

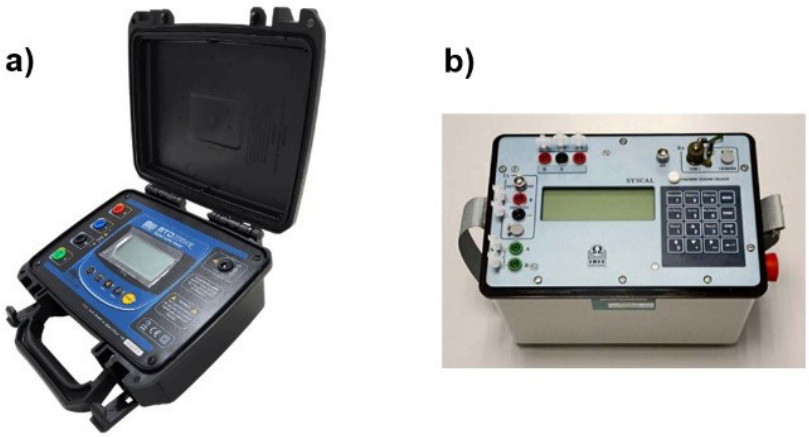
A norma NBR 7117-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) é bem detalhada no que se refere ao tratamento dos dados (análise e inversão da curva de ρ_a), sendo enfatizada a importância de que, no processo de inversão sejam incorporadas informações complementares sobre o estudo do subsolo, tais como sondagens e o conhecimento das formações geológicas presentes na área, para a obtenção de um modelo geoelétrico mais compatível com a estrutura do solo existente no local.

Dentre os diversos arranjos apresentados na versão da norma de 2012, os dois únicos tratados na ABNT NBR de 2020 são os arranjos de Wenner e de Schlumberger de utilização já consolidada no meio técnico geofísico.

No anexo A da norma ABNT NBR 7117-1 são apresentadas as técnicas geofísicas de sondagens eletromagnéticas que podem complementar a investigação por eletrorresistividade, no caso de projetos de aterramento que necessitam de modelos geoelétricos mais profundos, devido à alta resistividade do solo ou a uma malha de aterramento com mais de 20.000 m. É ainda recomendado o uso de outro método geofísico, a perfilagem de poços, que utilizam sondas que descem dentro de um furo perfurado até a profundidade de interesse, medindo-se diretamente ρ na coluna de solo perfurada.

No anexo B são apresentados os equipamentos utilizados para as medições pelo método da eletrorresistividade citando, além do já conhecido terrômetro, o resistivímetro (**Figura 9**).

Figura 9 - Terrômetro (a) e resistivímetro (b).



Fonte: Megabras (2026) e Iris Instruments (2026).

As informações sobre o número de pontos, a localização e as direções das linhas de medição das SEVs, também constam nesta versão da norma.

7 Conclusão

A norma ABNT NBR 7117 passou por várias revisões desde sua primeira publicação em 1981, sendo atualizada para incorporar os avanços tecnológicos e científicos que aprimoraram os métodos de medição e o processamento dos dados.

A versão de 2012 introduz o conceito de estratificação do solo, enfatizando a importância para um processamento de dados mais adequado, sejam eles por métodos gráficos ou computacionais.

A versão mais recente da norma NBR 7117-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), juntamente com seus anexos, oferece orientações para o correto processamento dos dados, com procedimentos matemáticos de inversão e modelagem, contribuindo para uma melhor qualidade dos resultados. Os dois arranjos recomendados, Wenner e Schlumberger são, de fato, reconhecidamente eficazes para execução das medições nos ensaios de campo. A norma também recomenda a utilização de uma instrumentação adicional além do terrômetro, o resistivímetro. Em situações de maiores complexidades do subsolo, acertadamente a norma recomenda a utilização de técnicas de investigação 2D (que permitem uma boa avaliação horizontal e vertical do parâmetro ρ em subsuperfície), como por exemplo a tomografia de resistividade elétrica - ERT. A investigação pode ainda ser complementada pelas técnicas eletromagnéticas e de perfilagem de poços.

Ressalta-se que os resultados desses procedimentos de investigação por meio de ensaios indiretos, utilizando o método da eletrorresistividade, interessam não só aos projetistas elétricos, mas também a outros profissionais da área da engenharia civil, pois oferecem uma pré-avaliação do terreno a um custo/benefício atrativo, se comparado as investigações diretas e destrutivas (sondagens). Porém, nunca prescindindo deste tipo de informação, otimizando o tempo e economizando recursos, além de fornecerem os locais mais adequados para o posicionamento de furos de sondagens que eventualmente poderão ser realizados na investigação da área.

Enfim, sob o ponto de vista da geofísica, a ABNT NBR 7117 evoluiu ao longo destes anos, partindo de medições pontuais da resistividade elétrica para uma modelagem geoelétrica mais aprimorada e multidisciplinar.

8 Referências

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7117: Medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos (Wenner)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7117: Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7117-1: Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos - Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BRAGA, Antonio Celso de Oliveira. **Geofísica aplicada: métodos geoelétricos em hidrogeologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GALLAS, José Domingos Faraco. **Principais métodos geoelétricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

IRIS INSTRUMENTS. **Consulta geral na homepage.** Disponível em: https://www.iris-instruments.com/. Acesso em: 25 mar. 2026.

MEGABRAS. **Consulta geral na homepage**. Disponível em: https://www.megabras.com/. Acesso em: 25 mar. 2026.

ORELLANA, Ernesto. **Propeccion geoelectrica en corriente continua**. Madrid: Paraninfo, 1972.

RAGGI, Luiz Márcio Rodrigues. **Projeto de malhas de aterramento: contribuição ao cômputo da estratificação do solo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

WARD, Stanley H. **Resistivity and induced polarization methods**. In: Geotechnical and Environmental Geophysics. Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 1990. v. 1, p. 147-189.

XXXXXXXXXXXXXXXX

CC BY