

Resistividade do Solo em Relação a Umidade e Temperatura Ambiente

Fabrin Fransisco G. ^{a,*}, <http://orcid.org/0000-0002-0407-9786>, (engenheirofabrin@gmail.com)
Copetti Lima Diomar A. ^a, <http://orcid.org/0000-0001-7464-4579>, (diomarlima@gmail.com)
Rush Kieskich A. ^a, <http://orcid.org/0000-0002-4583-3538>, (alinekieslichrusch@gmail.com)

^a *Escola Técnica Estadual 25 de Julho (ETE 25 de Julho), Grupo de Estudos, Pesquisas e Elaboração de Projetos (GEPEP), Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil.*

Resumo

O conhecimento da resistência do solo onde será aplicado uma malha de aterramento e de fundamental importância para o circuito elétrico o qual será interligado, pois esse terá um papel fundamental na operação das proteções elétricas. O presente trabalho tem como objetivo apresenta uma análise em um período de 12 meses da resistência do solo comparando com a umidade e temperatura ambiente, para isso foi coletada dados semanalmente durante o período. Foi realizado um aterramento com 4 hastes do tipo Coperweld alinhadas em paralelo igualmente a uma distancia de 2 metros, o método de medição foi utilizado o de Queda de Potencial, conforme descrito na NB-15749, para a medição das resistências do solo foi utilizando o Terrômetro do modelo MRT-1520d. Com os resultados obtidos conclui-se que não há uma ligação direta da umidade e temperatura ambiente na resistência do solo.

Palavras Chave – Aterramento, resistência, segurança, medição, projeto elétrico, queda de potencial, qualidade de energia.

Abstract

The knowledge of the soil resistance where a grounding mesh will be applied is of fundamental importance for the electrical circuit to which it will be interconnected, as this will have a fundamental role in the operation of electrical protections. The present work aims to present an analysis over a 12-month period of soil resistance compared to moisture and ambient temperature, for this data was collected weekly during the period. A grounding was performed with 4 Coperweld-type rods aligned in parallel equally at a distance of 2 meters, the measurement method was used the Potential Drop, as described in NB-15749, for the measurement of the soil resistances using the MRT-1520d model thermometer. With the results obtained, it is concluded that there is no direct link between humidity and ambient temperature in the soil resistance.

Keywords – Grounding, resistance, safety, necessary, electrical design, potential drop, power quality.

1. Introdução

A maior preocupação quando se realiza um projeto elétrico ou mesmo a sua execução é a segurança das pessoas e o funcionamento adequado do sistema elétrico. Para que isso seja possível é de fundamental importância a existência de um sistema de aterramento em perfeitas condições e que atenda uma resistividade mínima possível para operação das proteções. Geralmente um aterramento é considerado desde uma única haste cravada no solo até uma complexa malha aterrada.

A realização de projetos elétricos em SEP, normalmente considerada um sistema ideal, principalmente quando utilizados programas de computador, porém a necessidade de o projetista ter o maior número de informações reais para a elaboração do projeto, faz com que se tenha maior confiabilidade ao executar o mesmo.

Este estudo é de fundamental importância para o profissional que busca confeccionar um projeto de alta confiabilidade, ou seja, um projeto que não se construa somente com dados ideais, mas sim, com dados mais próximo possível da realidade. Desta forma, é de suma importância o profissional conhecer o comportamento do sistema elétrico como um todo. O sistema elétrico de potência depende, de um potencial de referência com baixa resistividade durante todo o ano, para um correto funcionamento das proteções e garantir a qualidade de energia exigida pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, conforme exigido através do módulo 8 Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional -**PRODIST** [1].

Conforme Kindermann [2], os principais objetivos do aterramento são:

- 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 falta a terra;
- Fazer com que equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem as falhas à terra;
- Proporcionar um caminho de escoamento para a terra de descargas atmosférica;
- Usar a terra como retorno de corrente no sistema MRT;
- Escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos.

Ao confeccionar um sistema de aterramento deve-se fazer a medida da resistividade, a fim de garantir uma baixa resistência. No entanto, a medição é realizada uma única vez após a conclusão da execução do sistema, sem levar em consideração a possibilidade de variação da resistividade durante a vida útil do sistema.

Na bibliografia não encontramos valores pré-definidos para o valor da resistência em um aterramento, pois cada caso exige uma atenção especial, que difere uma das outras, porém deve-se ter a menor resistência possível.

Os potenciais de passo e toque toleráveis, para seres humanos, usualmente são considerados como parâmetros de referência na análise de malhas de terra em regime permanente (baixas frequências), entretanto, tais potenciais podem ser excedidos no período transitório de um impulso elétrico como na ocorrência de um raio. Desta maneira, a análise impulsiva durante o período transitório deve ser avaliada [3].

No sistema elétrico de potência, são utilizados aterramentos em todos os seus equipamentos: transformadores, religadores, chaves auto comandadas, etc. Sendo de grande importância não só para a proteção contra descargas elétricas mas para o correto funcionamento, na obtenção de uma referência terra que garanta nível de tensão 0V.

Kindermann [2] relata que, para um Sistema de Energia Elétrica opere corretamente, com uma adequada continuidade de serviço, com um desempenho seguro do sistema de proteção e mais ainda, para garantir os limites (dos níveis) de segurança pessoal, é fundamental que o quesito Aterramento mereça um cuidado especial.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise comparativa da resistência do solo em relação a temperatura e umidade ambiente, estes dois últimos itens obtidos pelo Clima Tempo [4], avaliando se há uma ligação direta entre eles, através da coleta de dados semanal durante 12 meses. Devido à falta destas informações em bibliografias e sendo de grande importância o conhecimento destes resultados para a realização de um projeto do aterramento, para que ocorra a proteção de forma correta, foi a principal motivação para a realização deste trabalho.

2. Materias e Métodos

O presente trabalho mostra 43 conjuntos de valores coletados semanalmente (conforme Tabela 2), sendo da resistência do solo, da umidade e temperatura ambiente, no período de 12 meses de leituras realizadas de um aterramento, os quais serão comparados com o propósito de averiguar se a uma ligação direta entre eles. As coletas realizadas com um aparelho Terrômetro do modelo MRT-1520d [5], pelo método Queda de Potencial, conforme descrito em norma NBR-15749 [6]. Sendo este aterramento um sistema composto por 4 hastes [7], tipo Copperweld de 2,00m de comprimento, 5/8", revestida por camada uniforme de cobre eletrolítico 254 microns, baixa, instaladas entre si a uma distância de 3,33 metros, interligadas com cabo de cobre nu 50mm² instalado a uma profundidade de 60cm, interligadas entre si, instalada de forma alinhada em paralelo, em um solo não tratado, solo virgem, obtendo assim todas os valores de resistência do solo nas diferentes estações climáticas (período úmido e período seco).

O aterramento objeto deste estudo, está em um local onde não possui circuitos elétricos subterrâneos próximos ou aterramentos. Os circuitos mais próximos do aterramento estão a uma distância superior a 50 metros, não atingindo a zona de interferência.

Existe muitos métodos de se realizar um aterramento, bem como métodos para realizar sua resistividade. Neste trabalho será adotado o método de Queda de Potencial para realizar a medição, devido ser um método muito utilizado pela maioria dos técnicos, por se tratar de um método simples e fácil de realizar na maioria das situações.

3. Método da queda de potencial

3.1. Princípio

O método da queda de potencial é recomendado para medição de resistência de aterramento através de equipamento específico (terrômetro) [6].

Conforme a NBR15749, consiste basicamente em fazer circular uma corrente através da malha de aterramento por intermédio de um eletrodo de corrente e medir a tensão entre a malha de aterramento e a terra de referência por meio de um eletrodo de potencial, conforme indicado na Fig. 1.

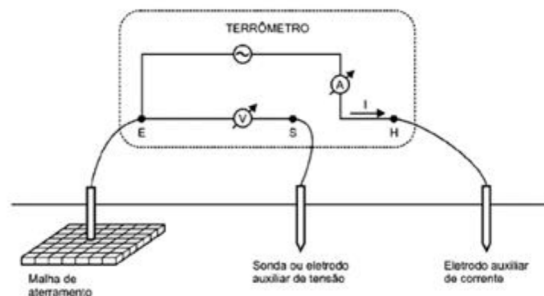


Fig. 1. Método de medição pelo Método Queda de Potencial. Fonte: NBR-15749, página 6.

Onde:

I - corrente de ensaio

S - borne para a sonda ou eletrodo auxiliar de potencial

H - borne para o eletrodo auxiliar de corrente

E - borne para a malha de aterramento sob medição

3.2. Circuito de corrente

O eletrodo de corrente é constituído de uma haste metálica e cravada no solo, a fim de garantir a menor resistência de aterramento do conjunto.

3.3. Circuito de potencial

O eletrodo de potencial é constituído de uma haste metálica cravada no solo, a fim de garantir a menor resistência de aterramento deste eletrodo.

“Dentro do campo de medida marcado ou estabelecido, o máximo erro de operação em valor percentual não deve exceder 30 % do valor medido (tido como valor convencional) e determinado segundo o estabelecido na Tabela.” [6]

3.4. Procedimento

No processo de medição, o eletrodo de potencial deve ser deslocado ao longo de uma direção predefinida, a partir da periferia do sistema de aterramento sob ensaio, em intervalos regulares de medição iguais a 5 % da distância d , Fig. 2. [6]

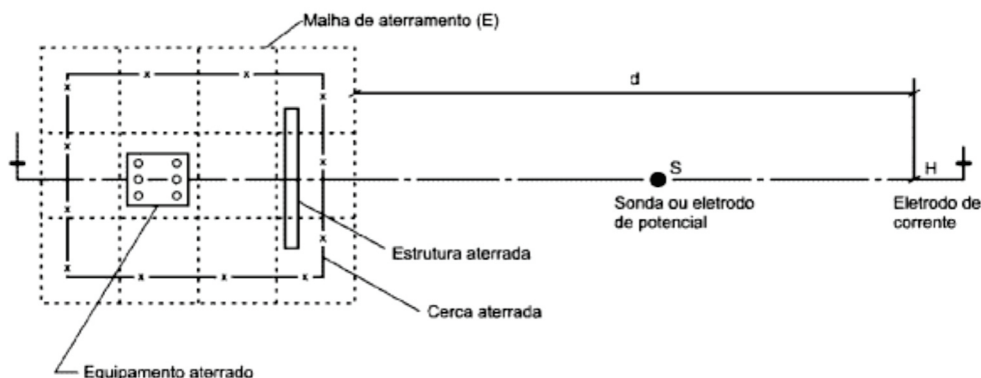


Fig. 2. Método de medição pelo Método Queda de Potencial. Fonte: NBR15749, página 4.

Fazendo-se a leitura do valor da resistência em cada posição, obtém-se a curva de resistência em função da distância conforme indicado na Fig. 3.

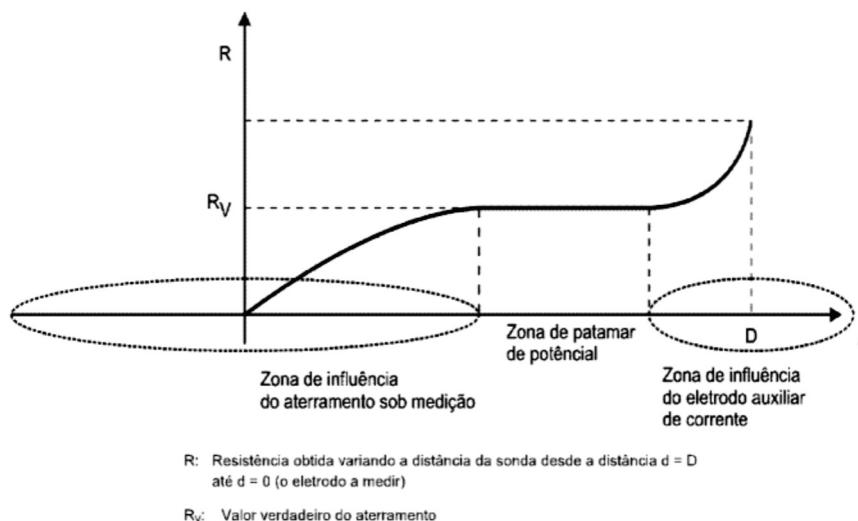


Fig. 3. Curva característica teórica da resistência de aterramento de um eletrodo pontual. Fonte: NBR-15749, página 7.

Conforme a NBR15749, para a verificação do trecho horizontal da curva quando da aplicação do método da queda de potencial, o eletrodo de corrente I (Fig. 1.) deve estar a uma distância d da periferia do sistema de aterramento sob ensaio E de pelo menos três vezes a maior dimensão deste sistema. No entanto, devem ser feitas verificações, mudando a posição do eletrodo de potencial S em 5 % de d para a direita $S1$ e para esquerda $S2$ da posição inicial S , para garantir que as medições

estão sendo executadas sem sobreposição das áreas de influência do sistema de aterramento sob ensaio e o eletrodo de corrente. Não há sobreposição entre as áreas de influência se a porcentagem entre a diferença dos valores medidos com o eletrodo de potencial em S1 e S2 e o valor medido em S não ultrapassar 10%.

3.5. Método de cálculo para definição da resistencia

Hastes alinhadas em paralelo e igualmente espaçadas, é um sistema simples, muito empregado em sistema de distribuição de energia elétrica, no aterramento de equipamentos isolados. Dentro de área urbana, efetua-se o aterramento ao longo do meio fio da calçada, o que é econômico e não prejudica o trânsito [2].

De acordo com Kindermann [2], o cálculo da resistência equivalente do aterramento de quatro hastes alinhadas em paralelas é feito usando as seguintes fórmulas:

$$R_{1hastes} = \frac{\rho a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) [\Omega] \quad (1)$$

ρa ($\Omega.m$)- Resistividade aparente, é a resistividade vista pelo sistema de aterramento em integração com o solo, considerada a profundidade atingida pelo escoamento das correntes elétricas.

Para o cálculo da resistência equivalente de hastes paralelas, deve-se levar em conta o acréscimo de resistência ocasionado pela interferência entre as hastes. A resistência elétrica que cada haste tem inserida no conjunto.

$$R_{1hastes} = \frac{\rho a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) [\Omega] \quad (2)$$

Onde:

R_h (Ω)- Resistencia apresentada pela haste “h” inserida no conjunto considerando as interferências das outras hastes.

n – número de hastes em paralelas

R_{hh} (Ω)- Resistência individual de cada haste sem a presença de outras hastes (adota-se equação 1).

R_{hm} (Ω)- Acréscimo de resistência na haste “h” devido à interferência mútua da haste “m”, dada pela expressão seguinte:

$$R_{hm} = \frac{\rho a}{4\pi L} \ln \frac{(b_{hm}+L)^2 - e_{hm}^2}{e_{hm}^2 - (b_{hm}-L)^2} \quad (3)$$

$$b_{hm} = \sqrt{L^2 + e_{hm}^2}$$

e_{hm} (m)- Espaçamento entre as hastes “h” e a haste “m”, em metros

L (m)– Comprimento da haste em metros.

Num sistema de aterramento emprega-se hastes iguais, o que facilita a padronização na empresa, e também o cálculo da resistência equivalente do conjunto.

Fazendo o cálculo para todas as hastes do conjunto (2) tem-se os valores da resistência da cada haste:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} \\
 R_2 &= R_{21} + R_{22} + R_{23} + R_{24} \\
 R_3 &= R_{31} + R_{32} + R_{33} + R_{34} \\
 R_4 &= R_{41} + R_{42} + R_{43} + R_{44}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Determinada a resistência individual de cada haste dentro do conjunto, já considerados os acréscimos ocasionados pelas interferências, a resistência equivalente das hastes interligadas será a resultante do paralelismo destas.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}
 \tag{5}$$

3.6. Índice de Aproveitamento ou Índice de Redução (K)

É definido como a relação entre a resistência equivalente do conjunto (R_{eq}) e a resistência individual de cada haste sem a presença de outras hastes.

$$K = \frac{R_{eq}}{R_{uma\ haste}}
 \tag{6}$$

A expressão indica que a resistência equivalente do conjunto de hastes em paralelo está reduzida de K vezes o valor da resistência de uma haste isoladamente.

4. Aplicação do Método

A seguir apresenta-se os cálculos para o aterramento em questão para fins de comparação com resultados obtidos com leitura através do terrômetro.

Como as hastes são todas do mesmo formato, e com base (4), temos:

$$R_{11} = R_{22} = R_{33} = R_{44}$$

$$\frac{\rho a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) = \frac{\rho a}{2\pi \cdot 2,0} \ln\left(\frac{4 \cdot 2,0}{\frac{5}{8} \cdot 2,54 \cdot 10^{-2}}\right) = 0,494\rho a$$

Devido à zona de bloqueio, as resistências mútuas de acréscimo são obtidas usando a (3).

$$R_{12} = R_{21} = R_{23} = R_{32} = R_{34} = R_{43} =$$

$$\frac{\rho a}{4\pi L} \ln \frac{(b_{12} + L)^2 - e_{12}^2}{e_{12}^2 - (b_{12} - L)^2}$$

$$b_{12} = \sqrt{L^2 + e_{12}^2} = \sqrt{4,0 + 11,09} = \sqrt{15,088} = 3,884m$$

$$R_{12} = \frac{\rho a}{4\pi \cdot 2,0} \ln \frac{(3,884 + 2,0)^2 - 3,33^2}{3,33^2 - (3,884 - 2,0)^2} = 0,045\rho a$$

$$R_{13} = R_{31} = R_{42} = R_{24}$$

$$= \frac{\rho a}{4\pi L} \ln \frac{(b_{13} + L)^2 - e_{13}^2}{e_{13}^2 - (b_{13} - L)^2}$$

$$e_{13} = 6,66m$$

$$b_{13} = 6,95m$$

$$R_{13} = \frac{\rho a}{4\pi \cdot 2,0} \ln \frac{(6,95 + 2,0)^2 - 6,66^2}{6,66^2 - (6,95 - 2,0)^2} = 0,023\rho a$$

$$R_{14} = R_{41} = \frac{\rho a}{4\pi L} \ln \frac{(b_{14} + L)^2 - e_{14}^2}{e_{14}^2 - (b_{14} - L)^2}$$

$$e_{14} = 9,99m$$

$$b_{14} = \sqrt{9,99^2 + 2,0^2} = 10,188m$$

$$R_{14} = \frac{\rho a}{4\pi \cdot 2,0} \ln \frac{(10,188 + 2,0)^2 - 9,99^2}{9,99^2 - (10,188 - 2,0)^2} = 0,016\rho a$$

Calculo de R_1 , R_2 , R_3 e R_4 , através de (4), teremos:

$$R_1 = 0,494\rho a + 0,045\rho a + 0,023\rho a + 0,016\rho a = 0,578\rho a$$

$$R_2 = 0,045\rho a + 0,494\rho a + 0,045\rho a + 0,023\rho a = 0,607\rho a$$

$$R_3 = 0,023\rho a + 0,045\rho a + 0,494\rho a + 0,045\rho a = 0,607\rho a$$

$$R_4 = 0,016 + 0,023 + 0,045 + 0,494 = 0,578$$

Devido à simetria, $R_1 = R_4$ e $R_2 = R_3$

Calcula-se a Resistência Equivalente de (5):

$$\frac{1}{R_{sq}} = \frac{1}{0,578} + \frac{1}{0,607} + \frac{1}{0,607} + \frac{1}{0,578} = 0,148 \Omega$$

Desta forma calcula-se o Índice de Redução (K) conforme (6):

$$K = \frac{0,148}{0,494} = 0,2995$$

Isto significa que a resistência de 4 haste é 29,95% menor se fosse utilizado somente uma haste.

Conforme Kindermann, no sistema de aterramento onde se utiliza hastes alinhadas em paralelo a diminuição da resistência tem um limite de 6 hastes, havendo uma saturação do valor da resistência com uma quantidade superior de haste, e principalmente economicamente não sendo viável.

4.1. Método do Aterramento in loco

Neste item será apresentado de forma explícita método aplicado para coleta das informações das resistências do solo realizadas semanalmente. Foram coletadas 43 leituras durante os 12 meses, nestas foram coletadas informações da umidade e temperatura do ambiente, bem como a resistência do solo. Teve início no mês de março do ano de 2019 até o mês de março de 2020. Utilizado terrômetro do modelo MRT-1520d [5] para a realização das leituras de resistência solo.

Foram utilizadas 4 hastes [7], tipo Copperweld de 2,00m de comprimento, 5/8", revestida por camada uniforme de cobre eletrolítico 254 microns, baixa, instaladas entre si a uma distância de 3,33 metros, interligadas com cabo de cobre nu 50mm² instalado a uma profundidade de 60cm, conforme figura 5, as conexões entre o cabo de cobre nu e as hastes foram realizadas com solda isométrica.

A figura 4, mostra que o eletrodo de potencial (S) está instalado a 5,50 metros do aterramento e a eletrodo de corrente (H) do terrômetro está a 11,0 metros, e o cabo (E) está conectado ao aterramento.

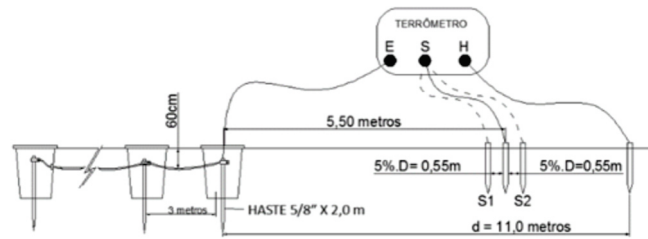


Fig. 4. Método aplicado para medição do aterramento in loco. Fonte: próprio autor.

Para constatar se a medição será realizada corretamente obteve-se a leitura com o eletrodo S na posição indicada na figura 4. Após realizar novamente a medição com o afastamento do eletrodo de potencial S em 5% da distância dos 5,50 metros (0,55cm) para o lado direito e após para o lado esquerdo, obteve-se a comprovação de que não há sobreposição entre as áreas de influência se a porcentagem entre a diferença dos valores medidos com o eletrodo de potencial em S1 e S2 e o valor medido em S não ultrapassar 10%. Conforme demonstra tabela 1, contendo os resultados das medidas do eletrodo S, a porcentagem foi inferior a 10%, ou seja, inferior a 1,93Ω. Conclui-se assim que não há sobreposição entre as áreas de influência.

Tabela 1. Medição nos eletrodos na posição S1, S e S2

S1	S	S2
19,3 Ω	19,3Ω	19,0Ω

A Tabela 2, apresenta as leituras coletadas semanalmente da resistência, Umidade e Temperatura [5], coletadas em cada leitura da resistência do solo.

Tabela 2: Valores coletados da Resistencia, Temperatura e Umidade

LEIT.	DATA	R (Ω)	T (°C)	Umidade
1	28/03/2019	19,30	24	75%
2	03/04/2019	18,00	23	82%
3	10/04/2019	15,50	22	58%
4	17/04/2019	15,71	23	56%
5	24/04/2019	13,04	26	54%
6	08/05/2019	12,45	23	97%
7	16/05/2019	13,20	22	65%
8	07/06/2019	14,14	19	60%
9	24/06/2019	12,40	12	55%
10	10/07/2019	15,17	11	50%
11	18/07/2019	16,44	12	53%
12	29/07/2019	13,97	20	87%
13	07/08/2019	13,82	19	72%
14	19/08/2019	13,50	8	51%
15	23/08/2019	17,70	12	50%
16	29/08/2019	18,00	27	46%
17	09/09/2019	13,70	29	50%
18	16/09/2019	12,90	20	32%

19	23/09/2019	12,90	19	56%
20	30/09/2019	14,00	33	28%
21	08/10/2019	12,30	23	63%
22	14/10/2019	12,90	22	76%
23	23/10/2019	12,68	18	62%
24	11/11/2019	11,50	23	72%
25	21/11/2019	13,58	30	48%
26	28/11/2019	9,66	22	46%
27	02/12/2019	13,67	22	38%
28	09/12/2019	14,33	26	61%
29	17/12/2019	15,01	26	60%
30	23/12/2019	13,71	21	52%
31	30/12/2019	13,30	30	38%
32	06/01/2020	14,30	28	63%
33	13/01/2020	14,34	26	70%
34	20/01/2020	11,70	25	73%
35	27/01/2020	12,32	27	65%
36	03/02/2020	14,00	28	65%
37	12/02/2020	14,24	22	81%
38	18/02/2020	14,52	28	82%
39	26/02/2020	14,73	20	60%
40	02/03/2020	15,04	23	59%
41	12/03/2020	16,10	25	57%
42	17/03/2020	17,20	27	67%
43	28/03/2020	16,40	27	64%

Onde:

LEIT. – Número da leitura realizada

R (Ω) – Resistencia do solo no dia da leitura

T($^{\circ}$ C) – Temperatura ambiente no dia da leitura

Umidade – Umidade ambiente no dia da leitura

Com base nas informações apresentadas na Tabela 2, foi construído a Fig. 5 e 6. Neste gráfico é possível realizar uma análise do comportamento da resistência do solo no período de 12 meses, e comparando a relação deste com a umidade e temperatura.

O esperado dos valores obtidos durante as medições, era de que a resistência tivesse valores menores no período de inverno em relação ao verão, pois se percebe que em dias quentes e com poucas chuvas, a umidade do solo pode ser considerada baixa, desta forma apresentando um valor de resistência maior.

Com base nas informações apresentadas na Fig. 5 e 6, pode-se visualizar que na leitura 1, o valor da resistência era de $19,3\Omega$, apresentando um decréscimo até a leitura 6, onde apresentou um valor $12,45\Omega$, ou seja, uma variação $6,85\Omega$. Verifica-se que neste período a temperatura permaneceu com pouca variação, aproximadamente de 2° C. Porém em relação a umidade a variação chega 43%.

Já nas leituras, leitura 07 a leitura 14, onde começa a baixar a temperatura, obteve-se uma variação de $4,04\Omega$. A temperatura apresenta variação de 14° C e umidade uma variação de 37%.

Percebe-se que neste intervalo ocorreu o contrário do primeiro intervalo de medições, onde a resistência teve uma variação considerada e a temperatura com pouca variação.

Uma situação inesperada ocorreu na comparação das leituras, 15 e 16, onde a leitura 15 apresenta $17,70\Omega$ e a leitura 16 apresenta $18,00\Omega$, com temperaturas de 12°C e 27°C respectivamente, e diferença de umidade de 4%.

No intervalo da leitura 17 à 35, percebe-se pouca variação da temperatura, teve uma variação $3,56\Omega$ no intervalo, com 48% de diferença da umidade no intervalo.

No último intervalo, medição 36 a 43, o valor da resistência apresenta uma variação de $3,2\Omega$ entre a maior e a menor resistência, com uma variação de 6°C .

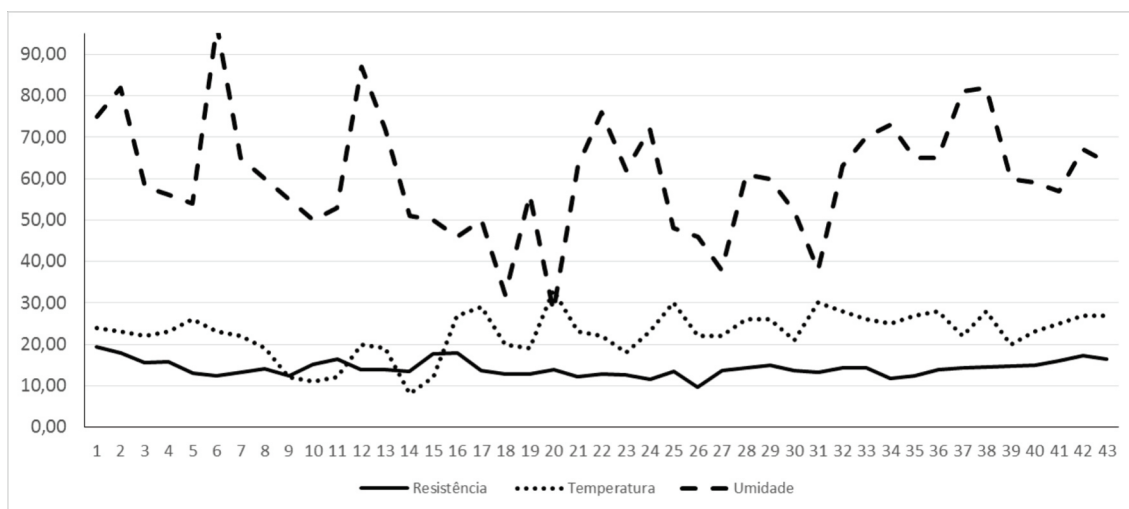


Fig. 5. No eixo Y, por unidade, as leituras Resistência do solo, Umidade e Temperatura. Para o eixo X, a quantidade de leituras realizadas. Fonte: próprio autor.

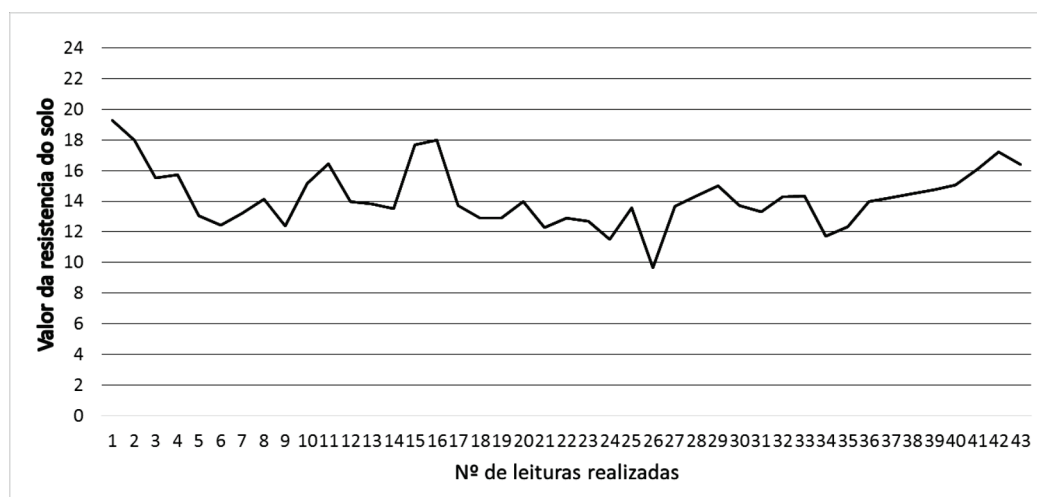


Fig. 6. Valores da resistência do solo em ohms (Ω), no eixo Y. Para o eixo X, a quantidade de leituras realizadas. Fonte: próprio autor.

Percebe-se que não há uma analogia direta da resistência do solo em relação a umidade e com a temperatura ambiente, isto se comprova na leitura 15 onde tem uma resistência $17,70\Omega$, 12°C e 50% de umidade, em relação a leitura 42 onde houve a resistência $17,20\Omega$, 27°C e 67% de umidade.

O mesmo ocorre nas leituras 14 com $13,50\Omega$ com 8°C e 51% de umidade, em relação a leitura 17 com $13,70$ com 29°C e 50% de umidade.

5. Conclusão

Conforme as informações obtidas e apresentadas na Tabela 2, é possível constatar que entre as leituras 1 ao 6, a temperatura ambiente não interfere na resistência do solo, pois nesse período de leitura houve apenas uma mudança de 2°C . Nas leituras 7 ao 14, onde obtive uma mudança de resistência do solo de 4Ω , apresenta uma variação de temperatura de 14°C , sendo o oposto ocorrido entre as leituras 1 ao 6. Em ambos os intervalos houve uma variação de umidade do ambiente próximos aos 40%.

Um fato relevante ocorrido durante as leituras, ocorrido nas leituras 15 e 16, onde as resistências são praticamente as mesmas, porém a temperatura teve uma variação de 15°C , já a umidade ambiente teve somente 4%.

No intervalo de leitura 17 a 35, onde a umidade chegou aos 48% de diferença entre as leituras, com uma variação de $3,56\Omega$.

Com base em todas as leituras realizadas e apontando as principais variações de leitura, é possível afirmar que não há uma ligação direta do valor da resistência do solo com a temperatura e umidade ambiente.

Desta forma constatamos que não há uma interferência direta do ambiente a malha de aterramento, mas a influência para alterar os valores da resistência do aterramento deve-se somente as características do solo.

Para a construção da malha de aterramento não se faz necessário uma análise das características da temperatura e umidade do ambiente externo ao aterramento, mas sim uma análise somente das características do solo.

Agradecimentos

Agradecemos a supervisão da Escola Técnica Estadual 25 de Julho pela disponibilidade do espaço e apoio para a realização deste trabalho, bem como os participantes do Grupo de Estudo Pesquisa e Elaboração de Projetos – GEPEP pela elaboração deste trabalho.

6. Referências

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, “Procedimento de Distribuição de Energia elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST”, Módulo 8, Dezembro, 2, 2020. pp. 10-43. [Online]. Disponível:

https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_12/342ff02a-8eab-2480-a135-e31ed2d7db47 .

- [2] Kindermann, G. Campagnolo, Jorge M. “Aterramento Elétrico”. 5º Edição. Publicação interna, Florianópolis - SC. Brasil: LabPlan. 2002.
- [3] M. A. Mattos, "Transients in Grounding Meshes," XVII SNPTEE, GES-16, Uberlândia-MG, Brazil, October 2003, pp. 36-37.
- [4] Clima tempo. Previsão do tempo agora. Ano da consulta: 2019 e 2020. Rio Grande do Sul. Ijuí. [Online]. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/>. Acesso conforme datas de leituras da resistência do solo.
- [5] MINIPA. “Terrômetro”. Dezembro 10, 2020. [online]. Disponível: http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MTR-1520d-1301-BR.pdf.
- [6] NBR-15749. “Medição de resistência de aterramento de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento”. Setembro 2009.
- [7] Grupo INTELLI. “Haste de aterramento”. Dezembro 10, 2020. [online]. Disponível: <https://www.intelli.com.br/produtos/hastes-de-aterramento/comuns/haste-de-aterramento-alta-camada/28>.