



# ESTUDO DA ELETRORESISTIVIDADE APLICADA A ANÁLISES DE SOLOS DO MEIO OESTE CATARINENSE

Silvestre José Curuca Volpato

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, Brasil, sil\_volpato@hotmail.com

Lucas Quiocca Zampieri

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, Brasil, lucas.zampieri@unoesc.edu.br

Fabiano Alexandre Nienov

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, Brasil, fabiano.nienov@unoesc.edu.br

Gislaine Luvizão

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, Brasil, gislaine.luvizão@unoesc.edu.br

José Carlos Bressan Junior

Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, Brasil, jose.cj@unoesc.edu.br

**RESUMO:** Esse trabalho objetiva analisar cinco diferentes solos das localidades de Joaçaba, Iomerê, Concórdia, Ouro e Campos Novos, no estado de Santa Catarina, quanto à eletrorresistividade e sua classificação, correlacionando essas características a fim de obter equações para facilitar a determinação da umidade natural e compactação com uso de um terrômetro. As avaliações entre as medidas de eletrorresistividade e a classificação dos solos resultaram em: solos de características arenosas demonstraram menores eletrorresistividades que os argilosos. Obteve-se uma equação de reta para a relação eletrorresistividade x umidade de um solo, onde a condição linear da equação ocorre devido às variações de umidades causadas pelo clima, alterando os valores de eletrorresistividade de forma inversamente proporcional. A relação eletrorresistividade x compactação resultou em uma equação exponencial, ao aumentar o grau de compactação do solo com mesma umidade, resultou em um decréscimo exponencial da eletrorresistividade conforme o seu grau de saturação se aproximava da estabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrorresistividade do solo. Umidade. Compactação. Mecânica dos solos.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural, o qual, desde os primórdios da humanidade vem sendo utilizado de diferentes maneiras, como as pinturas nas cavernas, desenvolvimento da agricultura até o seu uso como base para obras de engenharia.

A Engenharia Civil, assim como qualquer área de conhecimento técnico se subdivide em especializações. A mecânica dos solos é uma

dessas subdivisões, a qual estuda o comportamento dos solos quando tensões são aplicadas, como nas fundações, ou aliviadas, no caso de escavações, ou perante o escoamento de água nos seus vazios, constituiu-se numa ciência de Engenharia, na qual o engenheiro civil se baseia para desenvolver seus projetos (PINTO, 2006). Nesse caso, o solo é definido como todo material de construção ou mineração da crosta terrestre escavável por meio de pá,



picareta, escavadeira, etc., sem necessidade de explosivos (LEPSCH, 2010).

A formação do solo por sua vez depende de vários fatores, sendo que todos eles originam-se de uma rocha constituinte da crosta terrestre que se decompõe. Essa decomposição, por sua vez, ocorre devido a fatores físicos, como temperatura e pressão, e químicos como a presença de água, da fauna e da flora que promovem ataques químicos de várias maneiras (hidratação, hidrólise, lixiviação, troca de cátions, carbonatação, etc.). Esse conjunto leva a formação de solos, que se diferenciam por sua composição química e física (PINTO, 2006).

Do ponto de vista da física, o solo é um meio poroso, não rígido, trifásico (ar, água e solo), formado de partículas que apresentam complexidade de forma, tamanho e estrutura mineralógica, morfológica e biológica (CALIXTO et al., 2010). Essa diferença faz com o solo possua uma alta diversidade e diferentes reações quanto ao seu manejo.

Quanto à condutividade elétrica do solo, trata-se da capacidade do mesmo de conduzir uma corrente elétrica (SILVA FILHO, 2015). Os valores de condutividade elétrica do solo podem ser relacionados a vários fatores, como o teor de água, o teor de argila, a composição química do solo, os íons trocáveis e a interação entre íons trocáveis e não trocáveis (NADLER; FRENKEL, 1980).

Dessa maneira, com o intuito de agilizar a coleta de dados do solo, será realizado ensaios em campo para obtenção de valores de eletrorresistividade do solo e através de amostras, correlacionar em laboratório tais valores com os índices físicos de cinco solos da região do meio-oeste do estado de Santa Catarina, propondo alterações de umidade e pH das amostras e verificando sua eletrorresistividade, e por fim, criar um método de cálculo desses índices (umidade e pH do solo) utilizando a eletrorresistividade do solo como variável.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Resistividade do solo

Segundo Rhoades e Prates (1976 apud SILVA FILHO, 2015) A condutividade elétrica,  $\sigma_a$ , é influenciada por diversos fatores do solo como a porosidade, concentração de eletrólitos dissolvidos, textura, quantidade e composição dos coloides, matéria orgânica, teor de umidade, teor de argila e compactação.

Pacheco (2004 apud AQUINO, 2010) afirma que quando se realiza a medição da resistividade do solo, obtém-se uma medida que é o resultado da sobreposição de diversos fenômenos de condução. A resistividade do solo depende de características do meio, como a condutividade do fluido intersticial, da porosidade, da irregularidade dos canalículos, da superfície específica e da capacidade de troca iônica e mineralogia das partículas sólidas, entre outras.

Dentre os fatores que interferem na eletrorresistividade do solo, destacam-se os seguintes:

#### 2.1.1 Tipo de Solo

Segundo Weemes (1990 apud AQUINO, 2010), o tipo de solo tem influência sobre a resistividade elétrica do material, e este fato está associado à forma dos grãos. Ao diminuir-se o tamanho das partículas muda-se também a forma dos grãos presentes, que passam de uma forma arredondada para uma lamelar, o que aumenta a superfície de contato entre as partículas e altera o comportamento resistivo.

Segundo Aquino (2010), espera-se que as areias tenham menores valores de resistividade elétrica, visto que as mesmas são formadas por partículas de quartzo, consideradas elementos isolantes dentro de um condutor, enquanto as argilas por possuir um índice de vazios menor que as areias possuem sua eletrorresistividade mais elevada.



### 2.1.2 Compactação

Ao elevar o peso específico do solo, através da compactação, ocorre no solo a diminuição do seu índice de vazios. Dessa maneira, ocorre um aumento na eletroresistividade do solo. No entanto, quando se considera essa relação para um grau de umidade constante, essa queda do valor de índice de vazios acarreta em um crescimento do grau de saturação do solo, o que segundo ABU-HASSANEIN et al. (1996) faz a eletroresistividade do solo diminuir.

### 2.1.3 Umidade

Sabendo que a condutividade elétrica ocorre em grande parte pela fase líquida do solo, mesmo em condições não saturadas o aumento da umidade de compactação diminui a resistividade do solo (WEEMES, 1990 apud AQUINO, 2010).

Após a realização de ensaios, ABU-HASSANEIN et al. (1996), observaram que, para umidades acima da ótima, a variação da umidade não resulta em diferenças expressivas no resultado da resistividade. Em contrapartida no ramo seco, pequenas mudanças na umidade resultaram em variações significativas de resistividade. De acordo com o relato dos autores, isso se deve à existência de ar contido nos vazios do solo, que é um elemento isolante.

### 2.1.4 pH

Segundo Alves (2018), o pH consiste num índice que indica acidez, neutralidade ou alcalinidade do solo. Os valores de pH variam de 0 a 14, sendo que de 0 a 7 os solos são considerados ácidos e de 7 a 14 alcalinos ou básicos, e próximos a 7 neutros.

O pH pode variar de acordo com sua composição (rocha de origem), concentração de sais, metais, ácidos, bases e substâncias orgânicas que são adicionadas aos solos. O aparelho que permite medir o pH de solos é

denominado de phmetro (ALVES, 2014).

## 2.1 Terrômetro

O terrômetro é um instrumento utilizado para medir a resistência do solo, podendo medir tanto a resistência do aterramento quanto as tensões que são geradas por correntes parasitas no solo. Ele é normalmente utilizado em áreas industriais, edifícios, residências e outros tipos de construção, para a verificação do nível de aterramento do terreno e suas condições para construção e utilização.

### 2.1.1 Medição de aterramento com um terrômetro

O instrumento mais comum para fazer a medição de um aterramento é o terrômetro.

Os componentes necessários para fazer as medições de resistividade incluem uma fonte de energia, equipamentos para medir corrente e tensão (que podem ser combinados com os para medir resistência), além de eletrodos e cabos (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990).

Segundo Capelli (2000), o equipamento possui 2 hastes de referência que servem como divisores resistivos, como mostra a Figura 1.

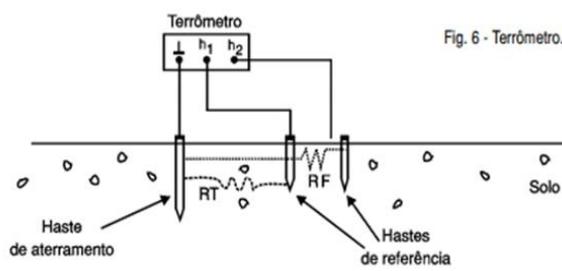


Figura 1: Esquema de medição com terrômetro. (Capelli, 2000)

Capelli (2000) descreve o funcionamento do aparelho como uma “injeção” de uma corrente elétrica pela terra que é transformada em quedas de tensão pelos resistores formados pelas hastes, a partir disso o equipamento é calibrado para informar o valor ôhmico da resistência do solo.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item se apresentam os materiais utilizados na pesquisa, bem como, os métodos aplicados para obtenção dos resultados.

#### 3.1 Ensaios de campo e coleta das amostras de solo

Para essa pesquisa foram coletadas amostras de 5 cidades do meio-oeste de Santa Catarina: Joaçaba (1), Campos Novos (2), Concórdia (3), Ouro (4) e Iomerê (5). Além da coleta de solo nesses locais, foram realizados ensaios de eletrorresistividade do solo com o auxílio do aparelho Terrômetro Minipa MTR-1520D (201-?).

O aparelho em questão é composto pelo terrômetro digital, três cabos de teste (com 5, 10 e 15 metros), duas estacas auxiliares, pilhas e maleta para transporte.

A medição da eletrorresistividade do solo foi feita fixando uma estaca no solo (a qual denomina o ponto a ser medido) e outras duas estacas a 5 e 10 m respectivamente da primeira. Cada um dos cabos de teste foi conectado a uma estaca, sendo o de 5 m na estaca a ser avaliada, e os de 10 e 15 m nas estacas espaçadas em relação à primeira com 5 e 10 m respectivamente.

Vale ressaltar que as estacas foram cravadas e medida a resistividade do solo a uma profundidade de 20 cm e 70 cm com relação ao nível do terreno.

#### 3.2 Caracterização dos solos

A caracterização das amostras de solos coletadas foi feita no Laboratório de Materiais e Asfalto da Unoesc – Campus Joaçaba. Para isso, foram feitos os seguintes ensaios: umidade natural, granulometria, limites de consistência, peso específico real dos grãos e pH. Todos os ensaios foram realizados respeitando a suas normas vigentes.

#### 3.3 Eletrorresistividade e umidade do solo

Para o ensaio de eletrorresistividade em relação à umidade do solo, foi tomado como base um solo no município de Joaçaba – SC (Solo 1), e foram feitas medições consecutivas durante vários dias com o aparelho Terrômetro Minipa MTR-1520D (201-?).

Destaca-se que durante os ensaios, o solo analisado estava suscetível a mudanças climáticas, logo para cada análise de eletrorresistividade, eram tiradas amostras de solo para cálculo de umidade natural.

#### 3.4 Eletrorresistividade e compactação do solo

O ensaio de eletrorresistividade em relação à compactação do solo tomou como base o mesmo solo do ensaio anterior. Neste caso, os ensaios foram feitos no mesmo dia, em laboratório, mantendo a umidade igual em todos as medições, e assim como anteriormente o ensaio foi realizado com o mesmo equipamento Terrômetro Minipa MTR-1520D (201-?).

A cada medição com o terrômetro, utilizou-se um compactador de madeira manual, o qual dava-se golpes sobre uma área de 50 x 50 cm de solo, a fim de aumentar a compactação daquela parcela. O compactador era manejado de maneira a cair sobre o solo numa altura aproximadamente igual (cerca de 60 cm).

### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse item, serão apresentados os resultados de caracterização dos solos e os ensaios de eletrorresistividade realizado em campo.

#### 4.1 Caracterização dos Solos

Apresenta-se no Quadro 1 um resumo das características e classificação dos cinco solos analisados:



Quadro 1: Tabela resumo das características dos solos

Solo	LL	LP	IP	Gs	pH	Classificação
1	60	42	18	2,23	5,49	Argila
2	43	32	11	2,88	5,98	Argila Siltosa
3	56	44	12	2,65	4,79	Argila Siltosa
4	46	35	11	2,55	6,51	Argila
5	67	46	21	2,01	5,94	Argila Arenosa

#### 4.2 Análise visual dos solos

Descreve-se nesse item a classificação do solo quanto a sua coloração. Na Figura 2 observa-se cada um dos solos.



Figura 2: Análise visual da coloração dos solos.

Os solos 1 (Joaçaba) e 2 (Iomerê) tem uma coloração mais clara que os demais, apresentam uma coloração mais amarelada, o que indica presença de óxidos hidratados de goethita. O solo de Concórdia apresenta cor avermelhada, essa coloração pode indicar a alta presença de minerais de ferro, como a hematita. Enquanto isso, os solos de Campos Novos e Ouro apresentam coloração escura, o que indica muita presença de matéria orgânica no solo.

#### 4.3 Ensaio de eletrorresistividade e umidade natural

Em campo, foram medidas as eletrorresistividades de cinco solos distintos, de

cinco municípios do meio oeste catarinense: Joaçaba (Solo 1), Iomerê (Solo 2), Campos Novos (Solo 3), Ouro (Solo 4) e Concórdia (Solo 5).

Foram medidas as eletrorresistividades em duas camadas do solo (20 e 70 cm de profundidade), na Tabela 1 encontram-se os resultados obtidos em campo, bem como a umidade natural das amostras de solo.

Tabela 1: Eletrorresistividade dos solos *in loco* e umidade natural.

Solo	20 cm		70 cm	
	ER (Ohms)	w (%)	ER (Ohms)	w (%)
Solo 1	844	41,65	924	49,58
Solo 2	917	41,54	1023	47,96
Solo 3	1036	51,57	529	46,01
Solo 4	193,1	39,88	441	31,45
Solo 5	233	47,19	147	59,98

ER: Eletrorresistividade

Relata-se que os dados para a camada mais profunda (70 cm), os solos 1 e 2 se mostraram com uma maior eletrorresistividade, vale ressaltar que ambos não possuíam vegetação sobre eles e visualmente não pareciam conter grande quantidade de matéria orgânica.

Em contrapartida, os solos de Concórdia e Ouro, que apresentaram eletrorresistividades menores, eram solos com uma alta quantidade de vegetação sobre eles, além de serem solos com alta presença de matéria orgânica.

Ressalta-se que a matéria orgânica contribui e influencia nas características do solo, o que sendo um dos fatores que pode interferir nos valores de eletrorresistividade de um solo.

#### 4.4 Análise conjunta da eletrorresistividade e características do solo

Para análise dos dados em campo, foi preferível analisar os valores na profundidade de 70 cm, visto que 20 cm é uma camada superficial que pode sofrer alterações com maior facilidade, enquanto numa profundidade maior é possível obter uma informação mais precisa sobre a real situação do solo.



Verifica-se que solos argilosos possuem eletrorresistividade maior do que solos arenosos, em uma umidade similar, dessa maneira pode-se aferir essa situação ao analisar que os solos 1 e 2 (mais argilosos), apresentaram os maiores valores de eletrorresistividade (1023 e 924 ohms, respectivamente), enquanto que o solo 3 (mais arenoso) demonstrou um valor de 529 ohms para uma umidade próxima a dos solos citados anteriormente.

Ainda, os índices de plasticidades dos solos 1 e 5, 18% e 21% respectivamente, demonstraram as condições de solo altamente plástico, enquanto os demais, com índice de plasticidade de 12 para o solo 4 e 11 para o solo 1 e 3, considerados de média plasticidade. Tal característica pode ser relacionada à eletrorresistividade, visto que ela segue a situação de quanto maior a plasticidade, maior a eletrorresistividade.

Nos solos 4 e 5, por sua vez, além do conteúdo de areia ser superior aos de Iomerê e Joaçaba, obteve-se valores de umidade superiores, o que faz diminuir ainda mais a resistividade elétrica do solo, visto que os mesmos demonstraram os menores valores durante a coleta de dados em campo (441 e 147 ohms, respectivamente para os solos 4 e 5). Sendo o solo 5 o mais úmido e com menor eletrorresistividade.

É importante destacar novamente, que os solos de Concórdia e Ouro foram coletados em locais com quantidade expressiva de vegetação sobre ele, enquanto os demais apresentavam pouca ou nenhuma vegetação. Isso infere na quantidade de matéria orgânica presente no solo, de tal maneira que a mesma pode interferir nas características físicas e químicas do mesmo. Para essa situação, uma análise mineralógica do solo poderia gerar maiores informações.

#### 4.5 Eletrorresistividade e compactação do solo

Esse ensaio avaliou a relação entre a eletrorresistividade e a compactação do solo. Os

resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados de eletrorresistividade para diferentes compactações.

GOLPES	ER (ohms)
0	1154
10	1158
25	1095
40	1079
80	1054
105	965
130	946
155	895
180	869
205	830
230	828
255	825
280	823

ER: Eletrorresistividade

A partir desses dados foi elaborado um gráfico com linha de tendência linear, o qual integra os dados obtidos no ensaio, conforme se observa na Figura 3. O gráfico demonstra um comportamento de proporções inversas entre as duas variáveis, visto que com menores compactações o solo apresentou maiores valores de eletrorresistividade.

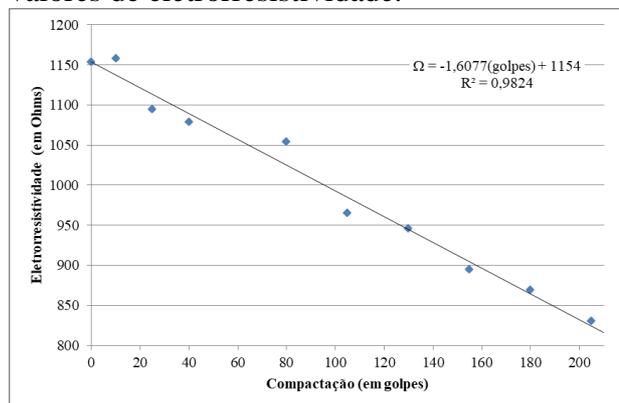


Figura 3: Gráfico compactação x eletrorresistividade.

Segundo Abu-Hassanein et al. (1996) esse comportamento pode ser explicado, pois quando se mantém a mesma umidade e altera-se o grau de compactação, o solo tem o seu grau de saturação aumentado, visto que o seu número de vazios é diminuído.



Portanto, essa situação é coerente, visto que os autores afirmam que o grau de saturação de um solo alto faz com que a eletrorresistividade do mesmo diminua, pois a umidade contida nesse solo acaba se concentrando nessa porção de solo, resultando em um solo de peso específico real maior.

Logo, solos com um peso específico real maior, com umidade constante, tendem a obter valores maiores de resistividade elétrica.

#### 4.6 Eletrorresistividade e umidade do solo

Considerando que a redução da resistividade representa o aumento no conteúdo de umidade do solo. Observa-se com este resultado a grande aplicabilidade deste método na visualização da variação da umidade do solo.

A resistividade dos solos e das rochas normalmente diminui em duas situações, quando o conteúdo de água ou a umidade aumenta ou quando o conteúdo de sólidos dissolvidos na água intersticial aumenta (BENSON, 1982).

Nesse ensaio avalia-se a eletrorresistividade de um único solo durante vários dias, variando de maneira natural (ação climática) a umidade do solo. Na Tabela 3 encontram-se os resultados obtidos para esse ensaio.

Tabela 3: Variação da eletrorresistividade e umidade natural de um solo.

Data	w (%)	ER (ohm)
01 de nov	58,85	545
05 de nov	43,49	548
06 de nov	33,72	550
07 de nov	32,84	588
08 de nov	31,32	609
09 de nov	28,49	680
12 de nov	25,09	765
13 de nov	23,76	789
21 de nov	30,43	625
26 de nov	24,33	776

A partir desses valores foi possível gerar um gráfico (Figura 4), o qual fornece uma equação de reta que permite ter o conhecimento da

umidade natural do solo através da eletrorresistividade.

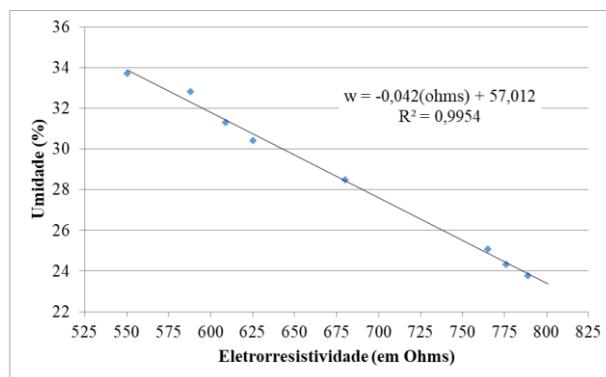


Figura 4: Gráfico eletrorresistividade x umidade.

Ressalta-se que no dia 31 de outubro de 2018 houve uma precipitação de 41,4 mm, no dia 01 de novembro de 2018 11,6 mm e no dia 03 de novembro de 2018 32,2 mm, essas precipitações influenciaram na umidade do solo, que como pode ser observado, do dia 01 ao dia 05 de novembro de 2018 as umidades naturais estavam altas. Após um período do dia 04 ao dia 14 de novembro de 2018, onde não houve precipitações, a umidade foi relativamente baixando, por fim no dia 14 de novembro, voltou a chover 23,4 mm e sequencialmente outra precipitação significativa ocorreu no dia 18 de novembro de 2018 com 47,6 mm sendo possível notar o aumento da umidade do solo nas medições subsequentes a essa última precipitação.

A partir desses resultados é possível analisar que conforme a umidade do solo diminuía, a eletrorresistividade aumentava. Isso condiz com os estudos de Abu- Hassanein et al. (1996), onde ambos dissertam que com o aumento da umidade do solo a resistividade elétrica do mesmo diminui, além de que no ramo seco, o solo apresenta grande variação de eletrorresistividade em decorrência de pequenas variações de umidade, ocorridas devido ao alto teor de ar incorporado nos poros dessa amostra.

Portanto, essa reta define uma equação aproximada do comportamento eletrorresistivo



desse solo em relação aos câmbios de umidade sofridos naturalmente.

## 5 CONCLUSÃO

Através da análise da eletrorresistividade dos solos, foi possível confirmar que há uma relação entre esses valores e a umidade e compactação de um solo, ou seja, confirma-se que a resistência elétrica do solo tem uma variação significativa ao câmbio de umidade ou compactação.

Dessa maneira, o estudo das medidas de eletrorresistividade pôde ser correlacionado também com a classificação dos solos, visto que os solos com características arenosas apresentaram eletrorresistividades menores para umidades similares, como no caso do solo 3 que apresentou 529 ohms. Já os solos predominantemente argilosos como os de 1 e 2, apresentaram eletrorresistividades de 924 e 1023 ohms.

Ao avaliar somente a umidade natural das amostras in loco percebeu-se que para umidades altas a eletrorresistividade apresentou valores menores, pois a água como bom condutor de eletricidade permite que a resistência diminua. Essa situação foi visível em 4 dos 5 solos, onde as duas amostras mostraram diferentes umidades e eletrorresistividades coerentes com o descrito anteriormente. Somente o solo 5 não seguiu esse padrão.

Ainda, verificou-se que os solos de coloração mais escura, com teores de matéria orgânica maiores, apresentaram os menores valores de eletrorresistividade (Solo 5 = 441 ohms; Solo 4 = 147 ohms), logo, pode-se afirmar que o fator matéria orgânica influencia diretamente nas características do solo e de eletrorresistividade do mesmo.

Quanto ao ensaio controlado em laboratório, referente à compactação, foi obtido uma relação linear do número de golpes dados com a eletrorresistividade do solo. Quando mantida a umidade de um solo e alterado o grau de

compactação, o grau de saturação do solo muda proporcionalmente à compactação, logo a eletrorresistividade diminui visto que a mesma umidade está concentrada num volume menor de vazios.

Sobre o ensaio de umidade natural e eletrorresistividade, foi possível estabelecer uma relação linear entre as duas variáveis, de maneira que a diminuição da umidade natural proporcionou um aumento na eletrorresistividade. Isso ocorre, pois um solo ao entrar no seu ramo seco possui um número de vazios maior preenchidos por ar, o qual é um elemento isolante.

Por fim, pode-se dizer que ambos, umidade e compactação, se relacionam cada um de uma maneira, com a eletrorresistividade do solo. Sendo que esse estudo é válido para o solo analisado.

## REFERÊNCIAS

- ABU-HASSANEIN, Z.S.; BENSON, C.H. & BLOTZ, L.R. *Electrical Resistivity of Compacted Clays*. *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 122, nº 5, 1996.
- ALVES, Taise. *pH e Condutividade Elétrica do Solo*, 2018. Disponível em: <<https://prezi.com/cvvl5dtwl84b/ph-e-condutividade-eletrica-do-solo/>> Acesso em: 26 nov 2018.
- AQUINO, Fernando Rodrigo de. *Estudo comparativo entre a resistividade elétrica e características geotécnicas de um solo argiloso compactado*. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- BENSON, R., Glaucum, R. A. e Noel, M. R. *Geophysical Techniques for Sensing Buried Wastes and Waste Migration*. National Ground Water Association. Dublin, EUA, 1982.
- CALIXTO, W. P.; NETO, L. M.; WU, M.; KLIEMANN, H. J.; CASTRO, S. S.; YAMANAKA, K. *Calculation of Soil Electrical Conductivity Using a Genetic Algorithm*. Computers and Electronics in Agriculture, 2010.
- CAPELLI, Alexandre. *Aterramento elétrico*. Saber eletrônica, 2000. Disponível em: <[http://www.lissandro.com.br/eletrica/Aterramento\\_capelli.pdf](http://www.lissandro.com.br/eletrica/Aterramento_capelli.pdf)> Acesso em: 26 nov 2018.



LEPSCH, I. F. *Formação e Conservação dos Solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MINIPA. *Manual de instruções MINIPA – Terrômetro digital MTR – 1520D*, 201-?. Disponível em: <<http://www.multcomercial.com.br/pdf/minipa/MTR-1520D-1102-BR.pdf>> Acesso em: 26 nov 2018.

NADLER, A.; FRENKEL, H. *Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method*. Soil Science Society of America Journal, v.44, n.5, 1980.

PINTO. Carlos de Souza. *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

SILVA FILHO, Antônio Marcelino. *Metodologia para correlacionar a umidade, compactação e a condutividade elétrica aparente do solo*. Goiânia, 2015.

TELFORD, Willian Murray; GELDART, L. P.; SHERIFF, Robert. E. *Applied Geophysics*. 2nd Ed. Cambridge University Press, 1990.