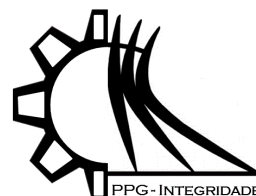




SSN 2447-6102



Article

Súmula sobre Terraplanagem dentro de Projetos de Estruturas Viárias

Baratto, P., F., B.

Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil

Correspondence: pablofbaratto@gmail.com

Received: 22/04/2019; Accepted: 16/12/2019; Published: 17/02/2020

Resumo: Devido ao aumento de projetos de rodovias no Brasil e no mundo, o termo terraplanagem tem sido amplamente utilizado em qualquer projeto que envolva terra e, movimento desta. Porém não há muito material confiável disponível para consulta online. Uma das alternativas é basear-se na literatura impressa e paga. Devido à falta de material disponível de forma gratuita, a divulgação em revistas científicas torna-se uma alternativa, pela sua confiabilidade. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi trazer um material referente ao assunto, de forma concisa, permitindo aos leitores e profissionais interessados no tema, uma base de consulta confiável para os principais pontos referentes a terraplanagem e movimentos de terra, dentro de projetos de estruturas viárias.

Palavras-chave: mecânica dos solos; projetos de estruturas viárias; terraplanagem.

Summary about Earth Movement in Roads Structural Projects

Abstract: Due to the increase of highway projects in Brazil and in the world, the term earthmoving has been widely used in any project that involves land and its movement. But there is not much reliable material available for online consultation. One alternative is to rely on printed and paid literature. Due to the lack of available material for free, the dissemination in scientific journals becomes an alternative, for its reliability. In this sense, the objective of this work was to bring a material related to the subject, in a concise way, allowing readers and professionals interested in the subject, a reliable reference base for the main points referring to earthworks and earth movements, roads.

Key-words: soil mechanics; road infrastructure projects; earthworks.

1. Introdução

Partindo de uma definição difundida (NICHOLS & DAVID, 2010), a terraplanagem ou movimentos de terra pode ser entendida como o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado. Todas as obras de engenharia civil, direta ou indiretamente, apoiam-se sobre o solo, muitas delas utilizam o próprio solo como elemento de construção, como exemplo das barragens e os aterros de estradas (LETURCQ, 2016; RAMIREZ & ZARATE, 2018). Laconicamente, as obras de terras fazem parte da engenharia civil (CONFEA-CREA, 1933). Segundo Marangon (2009), para que sejam asseguradas as condições de conforto, segurança e economia na construção de uma rodovia, são necessárias além das condicionantes geométricas de traçado, investigações de natureza geológica e geotécnica da região a atravessar. Estes estudos precisam compreender os fundamentos de drenagem, estabilidade dos cortes e aterros, seus terrenos de suporte, fundações e dimensionamento dos pavimentos (FURRIER & CUERVO, 2018). Os problemas de fundações de aterros para estradas surgem, em geral, na construção de aterros sobre argilas moles ou terrenos pantanosos (COGO; LEVIEN & SCHWARZ, 2003; HAN & GABR, 2002), quando então é de se prever o aparecimento de grandes recalques ou, até mesmo, a ruptura da fundação. Situações como estas em projeto de estradas possuem uma grande influência no decorrer das obras, pois solos moles, possuem baixíssima resistência ao cisalhamento, baixa permeabilidade e alta compressibilidade (FILHO, 2017). Devido à falta de trabalhos teóricos sobre

terraplanagem e movimentos de terra, tornaram-se escassas literaturas disponíveis online sobre o tema. Nesse sentido, o presente trabalho é uma tentativa de contornar esta situação, através de um texto simples e conciso sobre o assunto, permitindo uma fácil compreensão dos leitores.

2. Revisão de Literatura

Embora os estudos referentes a terraplanagem não integrem o projeto geométrico de rodovias (LEE, 2013), são incluídos nos trabalhos realizados com a definição de geometria das rodovias, pois possuem influência na determinação dos movimentos de terra previstos para implementação do corpo da estrada projetado.

2.1. Equações Básicas

A execução de uma terraplanagem envolve a escavação, retirada de material de um local de origem e, transporte ao local de destino. A deposição de material poderá ser espalhada e compactada pela aplicação de uma energia de compactação (ALMEIDA, 2017).

A terraplanagem envolve material homogêneo, sabendo disto, podemos definir os seguintes elementos (LEE, 2013):

- Volume individual de Terraplanagem (v), medido em m^3 , que representa a quantidade de material retirado do local de origem.
- Distância individual de transporte (d), medido em metros ou em quilômetros, que expressa a extensão horizontal, ao longo da qual o volume individual correspondente do material foi transportado do local de origem até o local de destino.
- Movimento individual de transporte (m), dado pelo produto do volume individual (v) com a distância individual de transporte (d), ou seja, o movimento individual de transporte é:

$$m_i = v_i \cdot d_i \quad (1)$$

Conforme Lee (2013), a distância média do transporte de terraplanagem corresponde a distância entre o centro de gravidade dos volumes escavados, e o centro de gravidade dos volumes aterrados.

Já o volume total (V) de terraplanagem é dado pelo somatório dos volumes individuais.

$$V = \sum v_i \quad (2)$$

Logo, por analogia o momento total de transporte (M), será dado pelo somatório do produto de cada volume e distância individual, descrito como:

$$M = \sum m_i = \sum v_i \cdot d_i \quad (3)$$

Sendo a distância média de transporte da terraplanagem (D), expressa em metros ou quilômetros, a mesma representa a distância entre o centro de massa dos volumes escavados e o centro de massa dos volumes aterrados, assim é possível utilizar a (eq. 2) de forma diferente (LEE, 2013).

$$M = V \cdot D \quad (4)$$

Tratando de volumes de terraplanagem, as distâncias médias podem ser calculadas sem a necessidade do volume do material selecionado, devido este ser retirado do mesmo local e distribuído uniformemente sobre a extensão da rodovia, sendo assim os cálculos das distâncias de transportes são efetuados, independentemente dos volumes em questão (LEE, 2013).

2.2. Terraplanagem: volumes de corte e aterro

Projetos de rodovias que estão relacionados com movimentações de terra, trabalham com terraplanagem. A terraplanagem trabalha com transversais de seções de corte e aterro, as quais possuem formatos irregulares, acarretando em estudos de caso para realização do movimento de terras (SHIMIZU, 2002). Todavia, não basta apenas calcular os volumes de terraplanagem, momentos e distâncias de transportes, mas é necessário estimar a quantidade exata dos volumes de corte e aterro (LEE, 2013), pois cada projeto demanda um estudo diferente (FALCÃO; PRATA & NOBRE JUNIOR, 2016). Na prática, é calculado cada par de seções transversais, para posteriormente encontrar os volumes referentes ao corte e aterro (VEIGA, 2007).

Por convenção os volumes de corte são positivos, os de aterros negativos (VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2007), pois no corte você retira o volume já existente naquele local e, no aterro deposita material que falta para ser feito a terraplanagem, conforme Figura 1 (VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012).

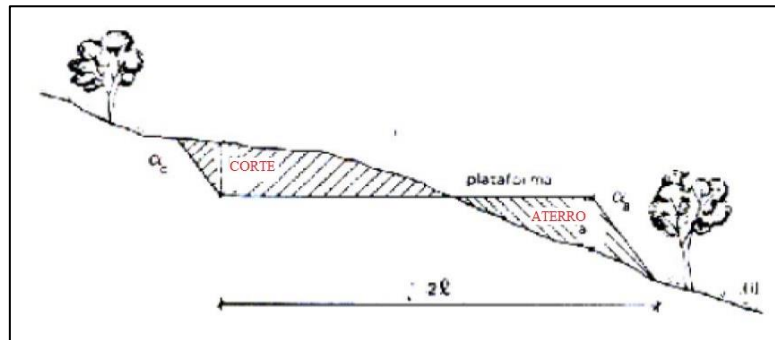


Figura 1. Perfil misto de corte e aterro. Fonte: Shimizu (2002).

Os volumes podem ser calculados usando conforme seus formatos geométricos sólidos (FONTANA, 2007). Somando as seções (que são áreas), e multiplicando pela extensão dos trechos (distância de transporte), obteremos os volumes (PASTANA, 2010; VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012). Dentro do projeto de estruturas viárias, os cálculos para os volumes podem estar relacionados com as estacas que determinam a pista de tráfego, conforme descreve Lee (2013). Desta forma a distância que multiplica as seções transversais pode ser metade da distância entre a seção anterior e a próxima, neste caso hipotético, cada estaca está distante 20 metros, utilizando estacas inteiras, a distância que multiplica as seções transversais será 10 metros (LEE, 2013).

Logo, a área das seções transversais está relacionada com o estaqueamento feito para orientar o eixo do projeto da rodovia (LEE, 2013), desta forma, as seções transversais são definidas pelos estaqueamentos (Figura 2). Facilitando o trabalho topográfico, ao relacionar a plotagem da pista no terreno com os cálculos das áreas das seções transversais, conforme descreve Lee (2000), concedendo maior precisão ao trabalho e um melhor controle dos pontos que formam cada seção transversal (LEE, 2000). O cálculo para a área de cada seção transversal (individual) ao eixo do projeto da rodovia não tem a mesma importância que o produto final (VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012), ou seja, o que realmente interessa são os volumes de corte e aterro, porém, é necessário conhecer a área de cada seção transversal primeiramente (PEREIRA, et al., 2010). Nesse sentido, o volume total de corte e aterro obtidos por meio de nivelamentos realizados *in loco*, é o que importa para produto final (terraplanagem) (PASTANA, 2010). Pois é a partir deste volume que serão calculadas as quantias exatas de retirada e deposição de material, para que seja planado o terreno na estação da rodovia (FALCÃO; PRATA & NOBRE JUNIOR, 2016).

Com o aumento da tecnologia, é possível calcular o volume de corte e aterro para cada seção transversal presente no projeto (VEIGA, 2007), apenas com os dados de nivelamento do terreno e, algum software especializado. O que facilita e muito a execução e entrega do projeto de rodovias (SOUZA, 2014).

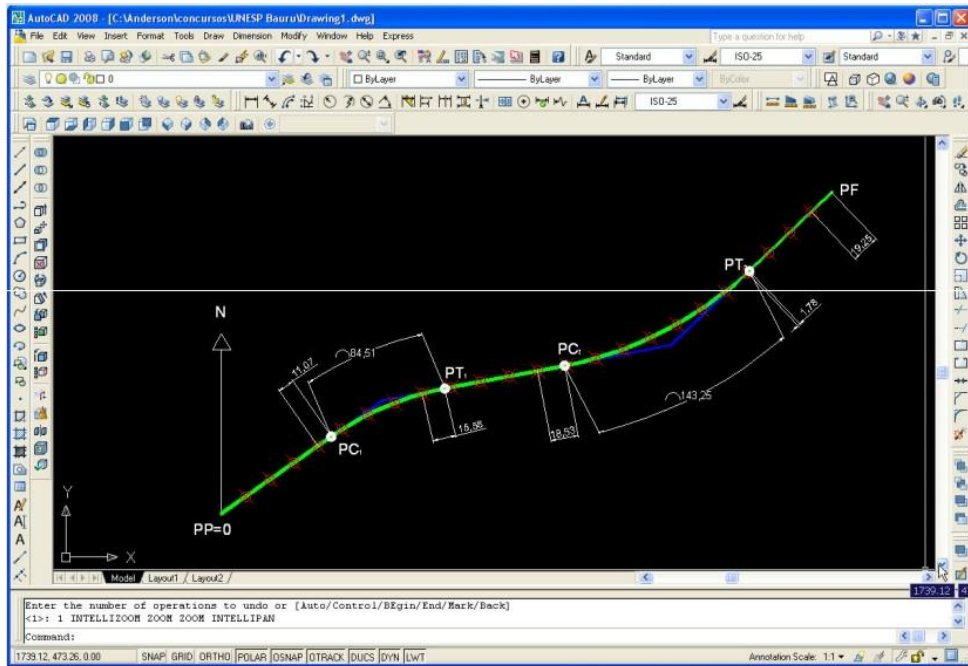


Figura 2. Estaqueamento de estrada. Fonte: Manzoli (2014).

2.3. Cálculo da Inclinação Transversal da Via

Um termo comumente utilizado é a cota vermelha, que pode ser definida como a diferença entre a cota do greide do projeto da rodovia e a cota natural do terreno (SANTOS, 2016). A cota vermelha também será considerada algebricamente positiva para corte (quantidade material sobrando) e, negativa para aterro (quantidade de material faltando), conforme Figura 3 (VEIGA, 2007).

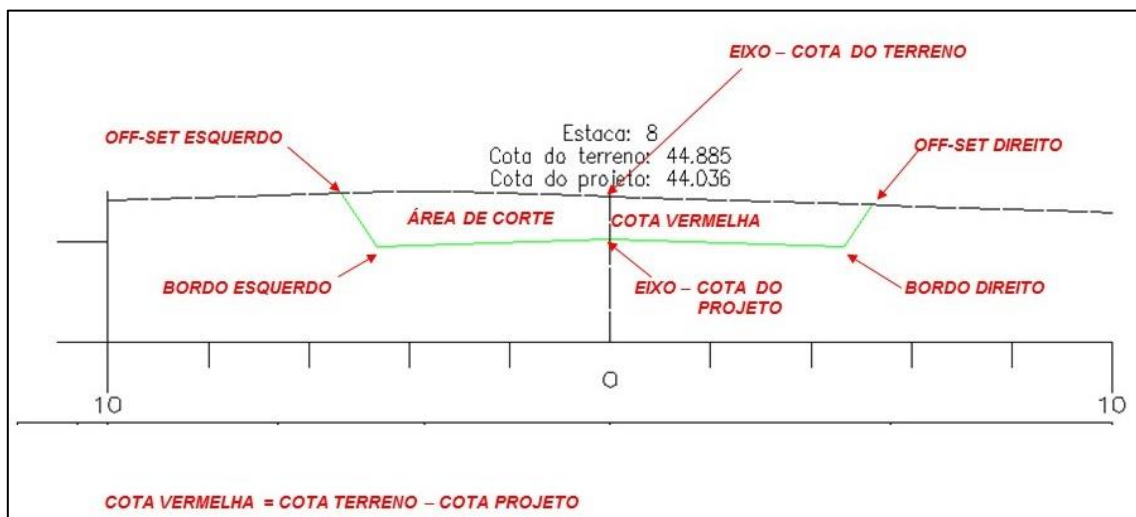


Figura 3. Representação Gráfica da cota vermelha. Fonte: Venescau (2017).

Para simplificar o cálculo das áreas das seções transversais de corte e aterro, é possível utilizar apenas duas variáveis: a cota vermelha e a inclinação transversal do terreno (LEE, 2013). A inclinação transversal do terreno pode ser calculada de forma simples, encontrando na planta planialtimétrica onde está plotado o eixo da rodovia (ABNT, 1994) e, conhecendo o número de curvas de nível contidas em determinada largura (PANCHER, 2012). Como exemplo tomado é de 40m ao longo de uma linha paralela ao eixo do estaqueamento, terá 20 metros à frente e atrás da estaca em questão. O cálculo da declividade exprime a proporção entre altura e distância (OLIVEIRA & LIMA, 2011). Em projetos de rodovias, a diferença altimétrica entre as curvas de nível no terreno pode ser de 2 metros, com equidistância horizontal de 40 metros. Logo, a inclinação transversal expressa em porcentagem pode ser calculada conforme eq. (5) (VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012):

$$\Delta_N = \frac{DN}{EH} = \frac{2m}{40m} = 0,05 \times 100\% = 5\% \quad (5)$$

onde DN: diferença de altitude entre cada curva de nível e, EH: equidistância horizontal.

3. Metodologia Generalizada

A metodologia do presente trabalho segue três pontos essenciais para realizar a terraplanagem da seção transversal em uma estrada qualquer.

Primeiro ponto a ser levado em consideração: para estabelecer o volume de corte e aterro sendo iguais, é necessário estabelecer uma cota média do terreno (VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012). O que não traz dificuldades para qualquer engenheiro que esteja familiarizado com o termo “nivelamento” (SILVA, 2003). Porém, a verdadeira problemática é que nem sempre a cota necessária para o projeto de rodovia é a cota média do terreno, dificilmente será (DNIT, 2006). É necessário levar em consideração que a cota onde o eixo da rodovia encontrar um perfil diferente, do que já está sendo elaborado, a pista poderá receber terra das encostas, ou ainda ser alagada em qualquer intempérie que favorecer a precipitação, devido sua inclinação (LIMA; OLIVEIRA & MELO, 2010).

Segundo ponto a ser considerado: mesmo que seja utilizado e realizado o projeto da rodovia sobre a cota média do terreno e, o volume de corte e aterro forem iguais. Ainda assim, o volume de terra escavado não será igual ao depositado, pois quando se realiza projetos de engenharia com terra, é necessário somar ao volume de deposição uma porcentagem a mais, referente à compactação da terra (CAMARGO & ALLEONI, 2006).

Terceiro ponto a ser considerar: é que para realização de terraplanagem, o material utilizado deverá ser homogêneo (ALVES; SUZUKI & SUZUKI, 2007). O que significa que o volume retirado em um determinado perfil deverá ser utilizado no mesmo perfil para deposição de material no aterro (FALCÃO; PRATA & NOBRE JUNIOR, 2016). Pois o uso do mesmo material tornará o perfil homogêneo, se fosse utilizado material de outra localidade, haveria a possibilidade de tornar heterogêneo o perfil da terraplanagem. Nesse sentido, utilizando o material no mesmo perfil de origem, ainda será possível diminuir os custos da compra integral de material para o aterro.

4. Discussões

Mesmo que já pareça ser difícil conhecer e colocar todos os pontos abordados na metodologia em um projeto de terraplanagem, na prática, estes projetos são ainda mais complexos, conforme descreve Lee (2013). Pois é necessário levar em consideração a distribuição do material, explícito no anteprojeto. O estudo geotécnico sobre o eixo da rodovia, a identificação de matérias subjacentes (materiais nas cotas mais inferiores), podendo caracterizar a necessidade de um rebaixamento dos fundos dos cortes, visando um aterramento sobre o fundo do corte com materiais selecionados, afim de homogeneizar o perfil de corte e aterro até os níveis de cotas que interferem no projeto da rodovia (LEE, 2013). Enfatizando a importância da delimitação adequada das seções transversais.

Ainda haverá a necessidade de estudar o volume de empolamento do solo (BRANDELERO; ARAUJO & RALISCH, 2014). Pois, se a quantia do volume de material retirado por escavação do solo for maior que o seu volume normal (estado compactado), esse aumento visual de volume, ocorre pela ruptura da estrutura interna original do solo, tal estrutura conhecida como plastificação (KRAINER, 2016).

Nesse sentido, este volume de material quando posto no solo e compactado, resultará em um volume menor, ou seja, seu volume é reduzido novamente, resultado da densificação do solo (RICHART, 2005), podendo resultar em divergências quando comparado ao volume do solo em seu estado original, dificultando a quantificação de energia necessária para recompactar este solo escavado (ALMEIDA, 2017). Todavia, este grau de variação pode ser calculado pelos coeficientes de empolamento, definido pela densidade do solo, expressa por sua massa específica seca (LEE, 2013). Deste modo os estudos dos coeficientes de empolamento resultam em uma compensação dos volumes de terraplanagem. Permitindo utilizar o material escavado para deposição em um local próximo ao de sua origem (FALCÃO; PRATA & NOBRE JUNIOR, 2016).

5. Considerações Finais

Com o aumento no número de obras de estruturas viárias no Brasil e no mundo, estudos referentes a terraplanagem e movimentos de terra são fundamentais para engenheiros que trabalham na área de mecânica dos solos e geotecnia (SERRANO & AYALA, 2015). Pois o estudo realizado por este profissional é o fator determinante para a vida útil do solo, que sustentará a carga da rodovia e dos veículos. Todavia, estudo mal feito nesse tipo de projeto pode ocasionar grandes prejuízos e, influenciar na segurança e durabilidade da rodovia.

Concluindo, a importância da terraplanagem desde o anteprojeto até o projeto, pode não parecer essencial a priori, entretanto, seu estudo é imprescindível em qualquer projeto de estruturas viárias.

Referências

1. ABNT. NBR 13.133: **Execução de levantamento topográfico**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo, 1994.
2. ALMEIDA, F. M. **Energias para compactação de solos destinados a estruturas de pavimentos asfálticos**. 2017. 101f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
3. ALVES, M. C.; SUZUKI, G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n 4, p 617-625, 2007.
4. BRANDELERO, E. M.; ARAUJO, A. G.; RALISCH, R. Mobilização do solo e profundidade de semeadura por diferentes mecanismos para o manejo do sulco de semeadura em uma semeadora direta. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.2, p.254-262, 2014.
5. CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm>. Acesso em 15 abr. 2019.
6. COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.27, n.4, p. 743-753, 2003.
7. CONFEA-CREA. DECRETO FEDERAL Nº 23.569, DE 11 DEZ 1933. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23569.htm>. Acesso em 15 abr. 2019.
8. DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006.
9. FALCAO, V. A.; PRATA, B. A.; NOBRE JUNIOR, E. F. N. Modelo de roteirização para a distribuição de materiais de terraplanagem baseado em programação inteira. **Journal of Transport Literature**, v.10, n.3, p.20-24, 2016.
10. FILHO, R. G. **Obras sobre solos moles e suas respectivas soluções: um exemplo prático Da obra de um Complexo de Vacinas em Santa Cruz, RJ**. 2017. 151f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
11. FONTANA, C. R; LIMA, W. P; FERRAZ, S. F. B. Remoção de sedimentos pelo nivelamento de estradas florestais. **Scientia Forestalis**, n. 76, p. 103-109, 2007.
12. FURRIER, M.; CUERVO, G. M. Geomorfologia estrutural, morfotectônica e morfometria da folha Cartagena 1:100.000-Colômbia. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v.27, n.1, p.67-86, 2018.
13. HAN, J., GABR, M. A., Numerical Analysis of Geosynthetic-Reinforced and Pile Supported Earth Platforms over Soft Soil, **American Society of Civil Engineers**, 2002.
14. KRÄINER, C. W. M. **Notas de aula: Conceito de Plasticidade**. Curitiba: UFPR, 2016.
15. LEE, S. H. **Apostila da disciplina: Projeto Geométrico de Estradas**. Florianópolis: UFSC, 2000.
16. LEE, S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. Editora UFSC, Florianópolis, 2013.
17. LETURCO, G. Differences and similarities in Impacts of Hydroelectric dams between north and south of Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v.19, n.2, p.265-286, 2016.
18. LIMA, J. M.; OLIVEIRA, G. C.; MELO, C. R. **NOTAS DE AULAS PRÁTICAS: Conservação do solo e da água**. Lavras: UFLA, 2010.
19. MANZOLI, A. **NOTAS DE AULAS: Projeto de Estradas**. Bauru: Unesp, 2014.

20. MARANGON, M. **Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra**. 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid02.1GeotFund-AterroSolosMoles.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.
21. NICHOLS, H.; DAVID, D. **Moving the Earth: The workbook of escavation**, 6th ed. McGraw-Hill Professional, 2010.
22. OLIVEIRA, G. C.; LIMA, J. M. NOTAS DE AULAS: **Declividades de Terrenos**. Lavras: UFLA, 2011.
23. PANCHER, A. M. **Cartografia Sistemática: Representação Cartográfica**. São Paulo: Unesp, 2012.
24. PASTANA, C. E. T. **Topografia I e II**. Marília: UNIMAR, 2010.
25. PEREIRA, D. M.; RATTON, E.; BLASI, G. F.; PEREIRA, M. A.; FILHO, W. K. **Projeto Geométrico de Rodovias**. Curitiba: UFPR, 2010.
26. RAMIREZ, T.; ZARATE, C. Uma análise dos problemas socioambientais criados pela construção de túneis rodoviários na Colômbia: estudo de caso. **DYNA**, v.85, n.205, p.211-218, 2018.
27. RICHART, A.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
28. SANTOS, A. G. **Topografia II**. Florianópolis: UFSC, 2016.
29. SERRANO, J. A. G.; AYALA, I. A. Inestabilidad de laderas e infraestructura vial: análisis de susceptibilidad en la Sierra Nororiental de Puebla, México. **Investigaciones geográficas**, n.88, p.122-145, 2015.
30. SHIMIZU, J. Y. **Movimento de Terra: Tecnologia da construção de Edifícios I**. USP, 2002.
31. SILVA, J. L. B; et al. **Nivelamento Geométrico**. UFRGS – Departamento de Geodésia e Topografia. Porto Alegre, 2003.
32. SOUZA, F. B. R. **Controle Tecnológico Aplicado a obras de Terraplenagem**. 2014. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
33. VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba: UFPR, 2007.
34. VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba: UFPR, 2012.
35. VEIGA, L. A. K. **NOTAS DE AULA: Levantamentos Topográficos II**. Curitiba: UFPR, 2007.
36. VENESCAU, R. **Curso de Vicinais: Estradas Vicinais**. 2017. Disponível em: <<http://engenhariarodoviaria.com.br/curso-de-vicinais/>> Acesso em 18 abr. 2019.