

AValiação dos Métodos de Cálculo de Terraplenagem

Maria Teresa Françaço
João Gustavo do Amaral Souza

mteresa@fec.unicamp.br; jogustavo1988@hotmail.com

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO - FEC
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA E TRANSPORTES,
CAMPINAS



Apoio: Bolsa Pesquisa CNPQ

Palavras-chave: 1. Terraplenagem 2. Cálculo de Volume 3. Movimentação de Terra

1. Introdução

Em quase toda obra de engenharia civil é necessário se fazer terraplenagem visando adequar o terreno à mesma. Antes de começar um projeto de construção que envolva movimentação de terra precisa-se conhecer a superfície do terreno para se determinar os volumes de materiais a serem adicionados (aterros) ou removidos (cortes). As quantidades de cortes e aterros são, frequentemente, de tal magnitude que correspondem a uma porcentagem apreciável do custo total da obra. Dessa forma, imprecisões nos cálculos dos volumes de terra podem acarretar em erros, o que gera perda de material ou atraso na obra e, por consequência, pode inviabilizar o projeto. Diante do exposto, esta pesquisa avaliou os principais métodos de cálculo de volumes de corte e aterro encontrados na literatura, ou seja, comparou-se os métodos do Tronco de Prisma, Tronco de Pirâmide e Prismoidal com um modelo virtual desenvolvido a partir de recursos de CAD (Computer-Aided Design).

2. Metodologia

Utilizando-se o software AutoCAD pode-se elaborar um modelo virtual da superfície a partir de curvas de nível com o comando Drape. A obtenção do volume deu-se com o comando List. Para obtenção do modelo a partir de pontos cotados há necessidade de se associar os recursos do AutoCAD com o TopTec.

Após a obtenção do volume do modelo virtual da superfície, lançou-se sobre o mesmo uma plataforma simulando uma situação real com corte, aterro ou ambos. Caso haja corte, para se calcular o volume de terra removida ($V_{REMOVIDA}$) é necessário subtrair o volume de corte (V_C) do volume inicial da superfície do relevo (V_I), obtendo o volume de terra removida.

$$V_{REMOVIDA} = V_I - V_C$$

Caso haja aterro, é necessário subtrair o volume inicial da superfície do relevo (V_I) do volume de aterro (V_A), obtendo o volume de terra colocada ($V_{COLOCADA}$):

$$V_{COLOCADA} = V_A - V_I$$

Para análise dos volumes obtidos pelas fórmulas teóricas foi necessário subdividir a superfície do modelo virtual em várias seções. Em seguida, pode-se calcular as cotas e as áreas de cada seção e, por último, o volume o qual foi comparado com o do modelo virtual.

As comparações foram embasadas no erro relativo dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Erro Relativo} = (\text{Volume do Modelo Virtual} - \text{Volume Experimental}) / (\text{Volume do Modelo Virtual})$$

3. Exemplo de Modelo Virtual

No projeto, foram feitos quatro modelos virtuais de forma a abranger vários tipos de relevo possíveis em uma terraplenagem. Apresenta-se a seguir um exemplo dos modelos virtuais.

Foi gerado um relevo a partir de curvas de nível, como mostrado na Figura 01. Em seguida, simulou-se uma movimentação do terreno visando a construção de uma plataforma, como mostra a Figura 02.

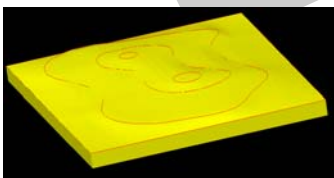


Figura 01: Modelo virtual

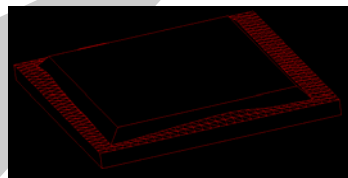


Figura 02: Relevo após a implantação da plataforma do modelo virtual

Para a utilização das fórmulas de cálculo de volume, são necessários os valores das cotas. Assim, foi sobreposta uma malha quadrada sobre o relevo (Figuras 03 e 04) e, em seguida, determinou-se as cotas dos nós da malha. Com isso, pode-se calcular as áreas por seção e em seguida os volumes.

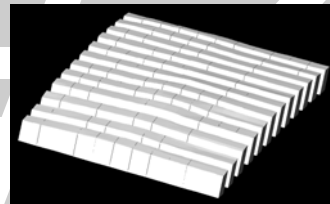


Figura 03: Destaque das seções transversais

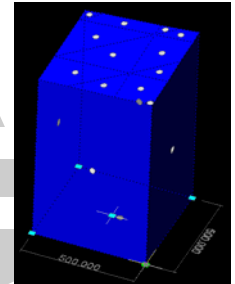


Figura 04: Detalhe de um elemento da malha quadrada

4. Resultados Obtidos

Comparando-se os resultados obtidos pelas fórmulas Tronco de Prisma, Tronco de Pirâmide e prismoidal com os valores obtidos nos modelos virtuais pode-se calcular os erros relativos (tabela 1).

Tabela 01: Erros Relativos

	Modelo Virtual 1	Modelo Virtual 2	Modelo Virtual 3	Modelo Virtual 4
Tronco de Prisma	5,00%	5,44%	3,01%	3,94%
Tronco de Pirâmide	5,02%	5,45%	2,66%	0,21%
Prismoidal	6,27%	5,73%	3,09%	3,82%

5. Conclusões

Os resultados mostraram que o maior índice de erro ocorreu com a utilização da Fórmula Prismoidal, pois nos três primeiros casos o erro deste foi superior aos demais.

Comparando as fórmulas do Tronco de Prisma e do Tronco de Pirâmide nota-se que, nos dois primeiros casos, os erros são próximos porém, nos outros dois, o Tronco de Pirâmide possui um erro inferior, o que indica que este modelo é melhor para as configurações de relevo utilizadas. Tal resultado pode ser explicado pois esta fórmula considera um valor intermediário entre as duas áreas, tornando-a mais próxima do real.

Tendo em vista que os valores obtidos são pequenos e considerando a facilidade de utilização da fórmula Tronco de Prisma, acredita-se que a mesma possa ser utilizada se estiver de acordo com a acurácia exigida no trabalho.