

Cálculo do Volume de Corte e Aterro usando Modelagem Numérica de Terrenos

SERGIO ROSIM¹
LAÉRCIO MASSARU NAMIKAWA¹

¹INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515, 12201 Sao Jose dos Campos, SP, Brasil
sergio@dpi.inpe.br
laercio@dpi.inpe.br

Abstract. This work describes the volume calculation of a geographical area. This volume is separated in two parts: embankment volume and section volume and the volume calculation uses the regular grid and the triangular irregular network to model the acquired data. A comparison between the results of this two models will be showed.

Keywords: regular grid, volume, triangular irregular network, digital elevation models.

1 Modelagem Numérica de Terrenos - MNT

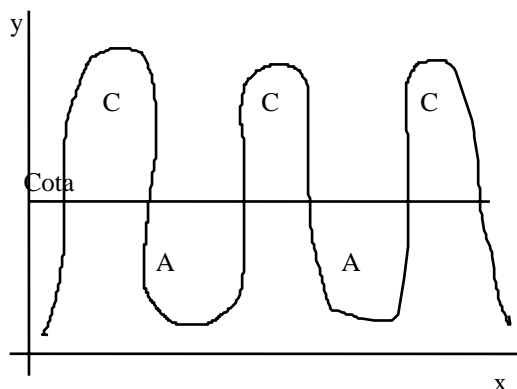
A modelagem numérica de terrenos tem por objetivo extrair informações qualitativas e quantitativas de fenômenos reais, a partir de uma amostragem desse fenômeno e o posterior agrupamento dessas amostras em um modelo numérico. Os fenômenos podem ser os mais variados mas devem apresentar as características de terem uma distribuição espacial e um valor de profundidade para cada amostra.

Os modelos mais usados são a grade regular e a grade irregular triangular, também conhecida simplesmente como triangulação. A grade regular é formada por um reticulado (cada reticulado será chamado de célula) com espaçamento uniforme na horizontal e espaçamento uniforme na vertical, embora entre as duas coordenadas o espaçamento possa ser diferente. Cada cruzamento do reticulado define um ponto da grade. O valor de profundidade de cada um desses pontos é determinado por um processo de interpolação a partir das amostras adquiridas. Na triangulação gera-se o modelo interligando-se as amostras três a três, obtendo-se, dessa forma, uma rede de triângulos. A triangulação em regra utilizada em MNT é conhecida como triangulação de Delaunay. Esse tipo de triangulação garante que os ângulos formados pelas arestas do triângulo são os mais equiangulares possível.

A triangulação produz, na maioria dos casos, resultados mais precisos embora apresente maior grau de dificuldade para a sua implementação. Outra sua característica é a facilidade de edição local, impossível quando se usa a grade regular.

2 Cálculo dos Volumes de Corte e Aterro

O cálculo do volume visa aplainar regiões segundo uma altura (cota) fornecida pelo usuário. Tal aplicação pode ser usada em áreas para cultivo de arroz ou na criação de patamares com o objetivo de prevenir erosões causadas pela chuva. A figura abaixo mostra um esquema do cálculo de volumes de corte e aterro.



O cálculo dos volumes de corte e aterro apresenta três componentes básicos, a saber: a cota de corte, o polígono definindo a área para o cálculo e a unidade básica para o cálculo.

A cota de corte é fornecida pelo usuário. Ela define um patamar, um plano que intercepta o relevo em estudo. O relevo que se encontrar acima dessa cota é considerado para o cálculo do volume de corte e o que estiver abaixo é considerado para o cálculo do volume de aterro.

O polígono define a área sobre a qual se deseja saber os volumes de corte e aterro. Todas as células da grade regular e todos os triângulos da triangulação que se encontrarem no interior da área definida por esse polígono são considerados para o cálculo dos volumes. O usuário tem a possibilidade de escolher um determinado polígono indo com o cursor na tela para selecioná-lo ou pode escolher todos os polígonos existentes.

A célula da grade regular (triângulo na triangulação) é a unidade básica sobre a qual se efetua o cálculo dos volumes, sendo que o volume total é a soma do volume de cada unidade.

Duas informações adicionais são fornecidas como resultado dessa aplicação. Uma refere-se a cota ideal. Tal cota define a cota onde há valores mais próximos entre o volume de corte e o volume de aterro. A outra refere-se a área definida por cada polígono.

3 Cálculo dos Volumes com Grade Regular

Para cada célula da grade regular pertencente a área definida por um polígono verifica-se, primeiramente, se o valor de elevação da célula se encontra abaixo ou acima da cota de corte. Estando abaixo, calcula-se o volume de corte como sendo a área da célula (constante) pela diferença da altura entre a cota de corte e o valor de elevação da célula da grade. No caso de se encontrar acima o volume é definido pela área da célula e a diferença entre o valor de elevação da célula e a cota de corte. O volume final é a soma dos volumes para cada célula com volume de corte e de aterro, separadamente.

Finalmente, calcula-se a cota ideal como sendo a razão entre o volume total (corte e aterro) e a soma da elevação de cada célula da grade regular.

4 Cálculo dos Volumes usando a Triangulação

O cálculo dos volumes de corte e aterro usando a triangulação segue os seguintes passos: alteração da triangulação pelo polígono, busca dos triângulos que se encontram no interior do polígono, cálculo do volume para cada triângulo e cálculo dos volumes de corte e aterro.

Os segmentos que formam cada polígono “cortam” um certo número de triângulos. Isso altera a triangulação localmente e novos triângulos são criados, como mostra Namikawa (1995). Assim, os segmentos de reta do polígono passam a ser arestas de triângulos. Isso permite que o cálculo do volume seja efetuado sobre a exata área desejada, contrariamente do que acontece com a grade regular que aproxima essa área.

No passo seguinte preocupa-se com a busca dos triângulos que se encontram no interior do polígono. Como resultado desse passo todos os triângulos que fazem parte da área de estudo se encontram em uma lista.

O cálculo do volume para cada triângulo mostra-se mais complexo que no caso da grade regular pois o triângulo não possui uma única altura como no caso da grade. No limite, as três elevações de um triângulo, uma para cada vértice, podem ser diferentes. Assim, algumas possibilidades para o cálculo de volumes podem ocorrer. O volume referente a um triângulo pode ser “cortado” abaixo da elevação de menor altura. Neste caso, o volume de corte é formado pelo volume que está acima da cota de corte. Outra situação possível é aquela onde a cota de corte se encontra acima da elevação máxima do triângulo. Agora, o volume da cota até o triângulo é o volume de aterro. Pode acontecer porém, que a cota “corte” uma parte do triângulo. Isso determina que uma sua parte é volume de corte e outra de aterro.

Finalmente, como no caso da grade regular, soma-se o volume de corte de referente a cada triângulo e o volume de aterro para obter-se os volumes finais.

Aqui também e com o mesmo raciocínio aplicado à grade regular, obtém-se a cota ideal e a área da aplicação.

5 Resultados

Os resultados desse trabalho mostrarão os volumes de corte e aterro para área teste e área real. Uma avaliação do erro médio será fornecida seja para grade regular que para a triangulação além de comparações entre a aplicação usando cada modelo numérico. Assim, pretende-se fornecer ao usuário a percentagem média de erro com a qual ele irá se debater usando este aplicativo.

Referências

L.M. Namikawa, Um método de ajuste de superfície para grades triangulares considerando linhas características”, Dissertação de Mestrado (Preliminar), INPE, 1995.