

Correção no Traçado

Para a maioria dos dispositivos gráficos, o retângulo de visualização não é quadrado, e as densidades de pixels na horizontal e na vertical são diferentes. Ou seja, a razão de aspecto física raramente é igual a 1, e a consequência é uma distorção visível no traçado. Por exemplo, um quadrado (especificado em coordenadas do usuário) pode ser deformado num retângulo ao ser convertido em coordenadas do dispositivo, ou uma circunferência pode ser distorcida numa elipse.

A forma mais simples de corrigir esta deformação é através de uma transformação de escala dos dados que definem a curva a ser traçada. Ou seja, no caso da circunferência, bastaria converter os pontos que definem a circunferência em pontos que na verdade definem uma elipse, mas que, como existe a deformação, aparecem na tela como uma circunferência.

As diferenças de densidades representam de fato uma operação de escala não homogênea realizada pelo dispositivo. Para corrigí-la basta aplicar-se aos parâmetros das curvas a serem traçadas uma transformação de escala inversa, que compense a do dispositivo. Por exemplo, se a densidade horizontal é o dobro da densidade vertical, então as abscissas dos pontos extremos de cada segmento a traçar devem ser dobradas para que mantenham a mesma proporção em relação às ordenadas. Essa manipulação dos pontos das curvas deve ser feita pelo programa que efetua a interface entre os programas do usuário e os dispositivos gráficos de saída - os chamados Pacotes gráficos de interfaceamento, ou Ambientes Gráficos.

Outra questão complexa é a eliminação do efeito de "serrilhado" (aliasing) observável nas imagens geradas por métodos de conversão matricial. Este efeito é mais pronunciado nos trechos de arcos com inclinações próximas da horizontal ou vertical. As técnicas usualmente aplicadas para a correção desse efeito são "caras" (do

ponto de vista computacional), e exigem que se faça um controle de intensidade do traço.

As técnicas de anti-serrilhado (antialiasing) traçam não só os pixels calculados pelo procedimento de conversão matricial, mas também os pixels vizinhos, acima e abaixo, com intensidades variáveis, que serão tanto maiores quanto mais próximos os pixels estiverem do centro da reta. O cálculo das intensidades dos pixels e a determinação das suas coordenadas são processos não triviais, e requerem um número bem maior de operações do que o efetuado pelos algoritmos de conversão estudados.

Antialiasing

As primitivas geradas apresentam o problema da aparência "serrilhada", ou "efeito escada". Este efeito indesejável é o resultado da abordagem "tudo ou nada" adotada no processo de conversão matricial, no qual cada pixel recebe a cor associada à primitiva ou mantém a sua cor original. Esse efeito é apenas uma das várias manifestações visíveis do fenômeno conhecido como aliasing. A aplicação de técnicas que reduzem (ou eliminam) o efeito de aliasing é denominado antialiasing, e primitivas ou imagens geradas utilizando tais técnicas são ditas antialiased.

Considere o algoritmo do ponto médio para traçado de segmentos de reta sendo usado para traçar uma linha preta de um pixel de espessura, com inclinação entre 0 e 1, em um fundo branco. Em cada coluna de pixels interceptada pela linha o algoritmo seta a cor preta ao pixel que está mais perto do ponto ideal pertencente à linha. A cada vez que se passa para a próxima coluna e o pixel mais próximo da linha ideal é o que está a nordeste (NE), e não à leste (E), ocorre um "efeito escada". O mesmo acontece em outros tipos de primitivas. Uma forma de reduzir o problema (em termos visuais) é aumentar a resolução do dispositivo (usar mais pixels) (ver Figura 8.1) . Esta é uma solução cara em termos de memória e

tempo gasto no processo de conversão matricial, e que não resolve o problema. Alternativas menos custosas são descritas a seguir.

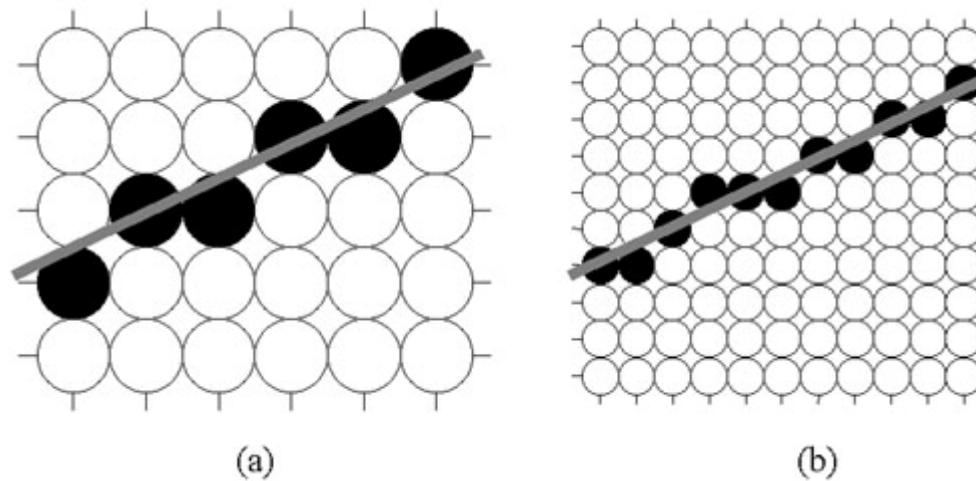


Figura 8.1 - (a) segmento de reta redenrizado com algoritmo do ponto médio em um display. (b) segmento de reta redenrizado em um display com resolução maior.

1 - Amostragem de Áreas não Ponderada

O fato é que, apesar da primitiva ideal, como um segmento de reta, ter espessura zero, a primitiva sendo traçada tem espessura não nula, pois ocupa uma área finita da tela. Assim, podemos pensar em um segmento de reta como um retângulo com uma certa espessura que cobre uma região da malha de pixels, como ilustrado na Figura 8.2. Conseqüentemente, o melhor procedimento não é atribuir o valor correspondente a preto a um único pixel em uma coluna, mas atribuir diferentes intensidades da cor a cada pixel interceptado pela área coberta pelo retângulo que aproxima a linha, na coluna em questão. Assim, linhas horizontais ou verticais, cuja espessura é 1 pixel, afetam exatamente 1 pixel em

uma coluna ou linha. Para linhas com outras inclinações, mais do que 1 pixel é traçado, cada qual com uma intensidade apropriada.

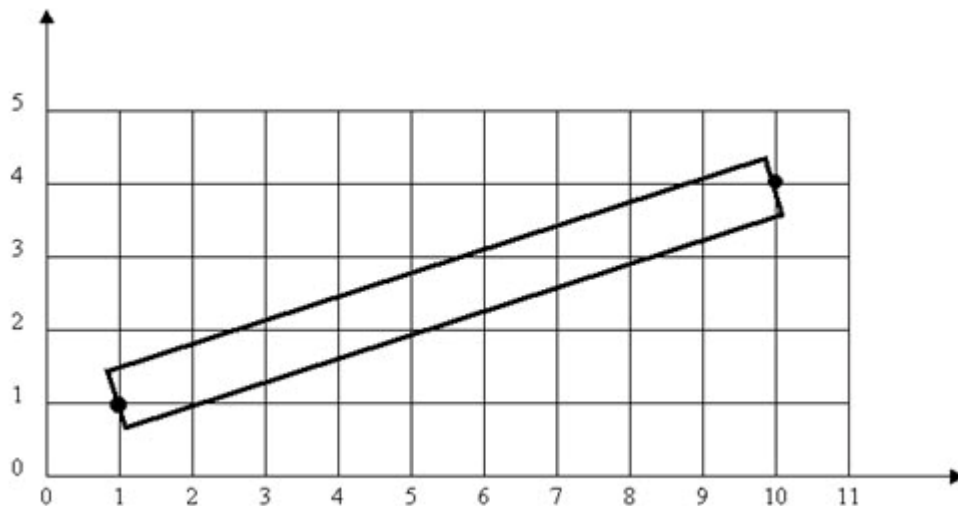


Figura 8.2 - Segmento de reta (1,1) a (10,4) definido com uma espessura diferente de zero.

Mas, qual é a geometria de um pixel? Qual o seu tamanho? Qual intensidade a atribuir a um pixel interceptado pela linha? É computacionalmente simples assumir que os pixels definem uma malha regular de "quadrados" não sobrepostos que recobre a tela, sendo que as intersecções da malha definem o posicionamento dos pixels, i.e., pixels são tratados como "quadrados" com centro nas intersecções da malha. Uma primitiva pode sobrepor toda ou parte da área ocupada por um pixel. Assumimos também que a linha contribui para a intensidade do pixel segundo um valor proporcional à porcentagem da área do pixel coberta por ela. Se a primitiva cobre toda a área do pixel, ele recebe a intensidade máxima (preto, no caso), se cobre parte o pixel recebe um tom de cinza cuja intensidade é proporcional à área coberta (Figura 8.3). O efeito é "suavizar" a definição reta ou das arestas que definem a primitiva, melhorando sua aparência visual quando observada à

distância. Essa estratégia é denominada amostragem por área não ponderada (unweighted area sampling). Uma estratégia ainda mais eficiente é a amostragem por área ponderada (weighted area sampling).

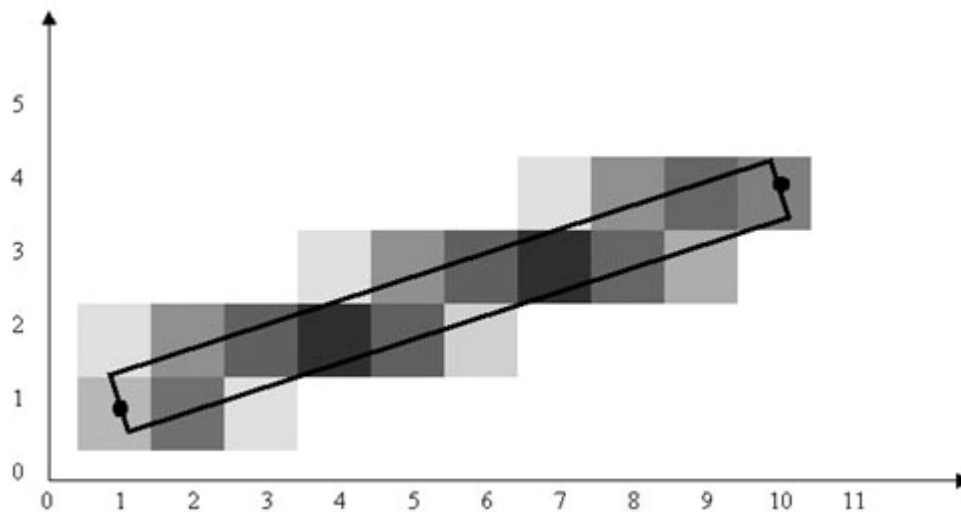


Figura 8.3 - A intensidade do pixel é proporcional à área coberta.

2 - Amostragem de Áreas Ponderada

Nessa outra estratégia, assim como na anterior, valem duas propriedades: 1) a intensidade atribuída ao pixel é diretamente proporcional à área do mesmo coberta pela primitiva; 2) se a primitiva não intercepta a área do pixel, então ela não contribui nada para a cor do mesmo. A diferença é que, na estratégia ponderada, ao determinar a contribuição de uma área considera-se, também, a sua proximidade em relação ao centro do pixel. Assim, áreas iguais podem contribuir de forma desigual: uma área pequena próxima do centro do pixel tem maior influência do que uma área grande a uma distância maior. Entretanto, para garantir que a primitiva contribui para um pixel apenas se ela sobrepõe a área ocupada pelo mesmo, precisamos mudar a geometria do pixel da seguinte forma: vamos considerar que o pixel ocupa uma área

circular maior do que a área quadrangular considerada na situação anterior. Se a primitiva sobrepõe essa nova área, ela contribui para a intensidade do pixel.

Vamos definir uma função peso que determina a influência, na intensidade do pixel, de uma área pequena da primitiva, denominada dA , em função da distância de dA ao centro do pixel. No caso da amostragem não ponderada, essa função é constante, e no caso da amostragem ponderada, ela diminui de forma inversamente proporcional à distância em relação ao centro do pixel. Podemos pensar nessa função como uma função $W(x,y)$, no plano, cuja altura em relação ao plano xy dá o peso associado à área dA no ponto (x,y) . Para a amostragem por área não ponderada, essa função é representada por uma 'caixa', como indicado na Figura 8.4. A figura mostra os pixels como quadrados cujos centros (marcados) estão nas intersecções da malha regular. A contribuição de cada pequena área é proporcional à área multiplicada pelo peso. Portanto, a intensidade total é dada pela integral da função peso sobre a área de sobreposição. O volume representado por essa integral, W_s , é sempre uma fração entre 0 e 1, e a intensidade I do pixel é dada por $I_{max} \cdot W_s$. No caso da amostragem não ponderada a altura da 'caixa' é normalizada para 1, de forma que o volume da caixa é 1. No caso da área da linha cobrir todo o pixel, tem-se $I = I_{max} \cdot 1 = I_{max}$.

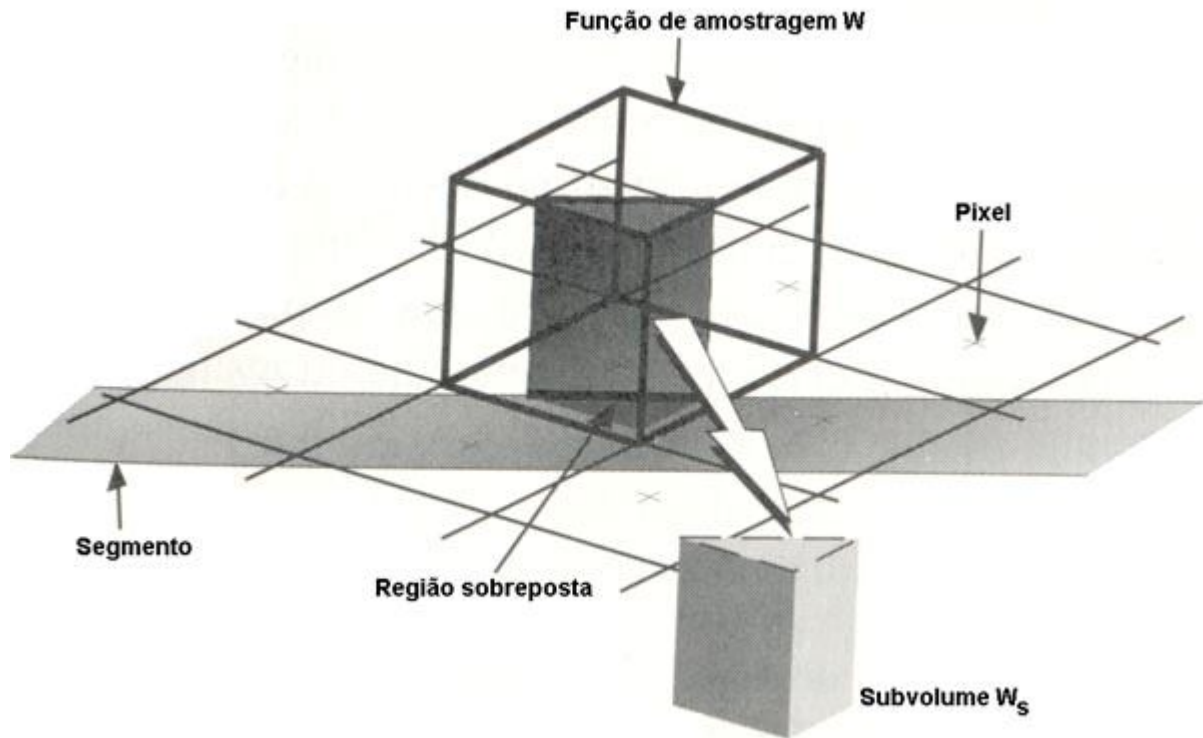


Figura 8.4 - Filtro definido por um cubo para um pixel definido por um quadrado.

Vamos agora construir uma função peso para a amostragem ponderada: a função adotada tem valor máximo no centro do pixel e diminui linearmente a medida que a distância ao centro aumenta, e seu gráfico define um cone, como indicado na Figura 8.5. A base do cone é uma circunferência cujo centro coincide com o centro do pixel, e cujo raio corresponde a uma unidade da distância entre os pixels na malha. Note que as bases das funções peso em diferentes pixels se sobrepõem, e portanto uma única pequena região da primitiva pode contribuir para a intensidade de diferentes pixels. Essa sobreposição também garante que não existem áreas da grade que não são cobertas por algum pixel (esse não seria o caso se o raio da base fosse de meia unidade, por exemplo).

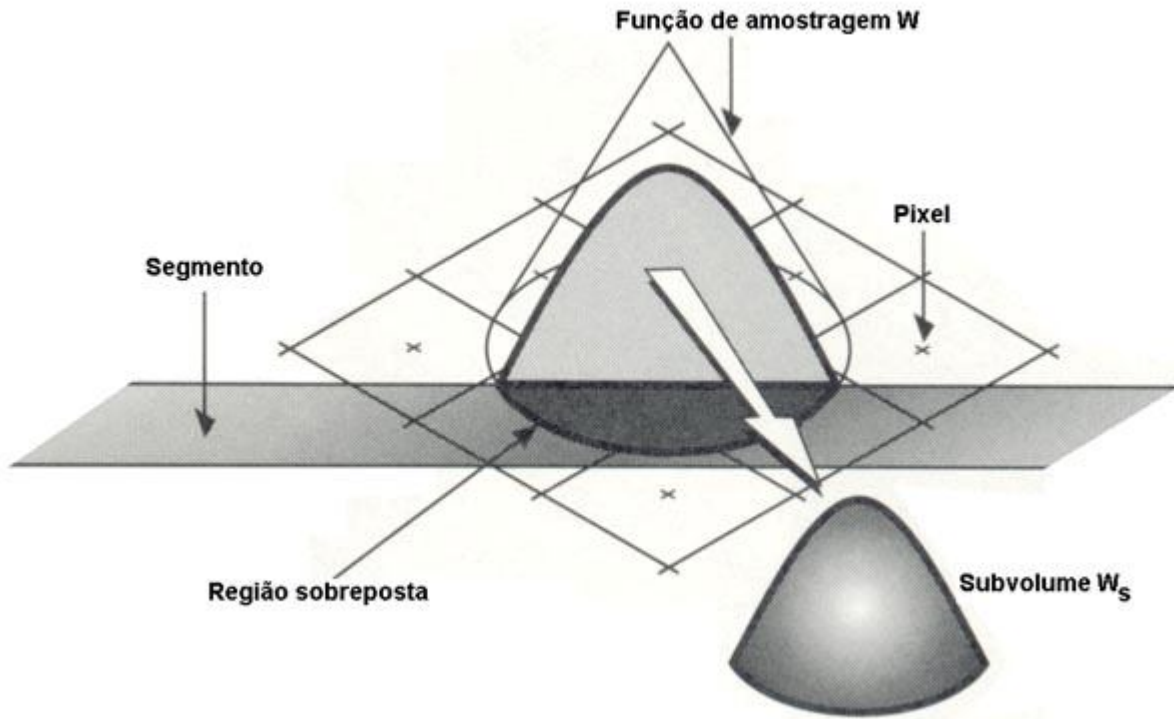


Figura 8.5 - Filtro cônico com diâmetro igual ao dobro da largura de um pixel.

Assim como na função 'caixa', a soma das contribuições de intensidade para o cone é dada pelo volume sob o cone que está na região de interseção da primitiva com a base do cone. Esse volume, W_s , é uma seção vertical do cone, como mostrado na Figura 8.5. A altura do cone é normalizada para que o volume do mesmo seja igual a 1, garantindo que um pixel que está inteiramente sob a base do cone seja traçado com intensidade máxima. Contribuições de áreas da primitiva que interceptam a base mas estão distantes do centro do pixel são pequenas, mas áreas muito pequenas, porém próximas do centro do pixel contribuem para a cor do mesmo. O resultado dessa abordagem é reduzir o contraste entre pixels adjacentes, de forma a gerar transições visuais mais suaves. Particularmente, linhas horizontais ou verticais com espessura de um pixel agora resultam em mais do que uma única linha ou coluna de pixels acesos, o que não ocorre na abordagem não ponderada. Essa abordagem pode ser embutida nos algoritmos de conversão matricial, como descrito em

Foley et al. [Fol90, seção 3.17.4]. Outros tipos de funções podem ser usadas, sendo que existem funções ótimas melhores do que a função cônica (v. Foley, seção 4.10).

Material retirado de:

A. J. M. Traina e M.C.F. de Oliveira, Apostilas de Computação Gráfica – ICMC – São Carlos.