

2

Trabalhos Relacionados

Neste Capítulo, faremos uma breve revisão dos trabalhos relacionados com a nossa abordagem. Primeiramente revisaremos os artigos relacionados as técnicas de extração de linhas e então os artigos que tratam de ilustração volumétrica.

2.1

Desenhos de Linha

Conjuntos de linhas geradas por computador têm sido utilizadas para gerar efeitos ilustrativos, a maioria inspirados em estilos utilizados pelos artistas para melhorar suas ilustrações (Goo01, Str98). Esses algoritmos que extraem linhas podem ser classificados em dois diferentes grupos: os que extraem linhas no espaço da imagem (*image-space*) e os extração no espaço do objeto (*object-space*). Os algoritmos que extraem linhas no espaço do objeto computam características geométricas na superfície do modelo. Uma das principais vantagens desses métodos é não sofrerem com perda de informação, como acontece nos métodos baseados no espaço da imagem, extraindo as características mais precisamente. Como exemplo podemos mencionar a extração de cumes (*ridges*) e vales (*valleys*), que representam pontos de máxima e mínima curvatura (Oht04). Outro exemplo são as curvas demarcadas (*demarcating curves*), que representam o conjunto de pontos de inflexão “mais fortes” da superfície (Kol08).

Outras abordagens consideram características geométricas com respeito a um ponto de vista. Essas são as linhas dependentes do observador. O exemplo clássico são as linhas de silhueta que definem o contorno de objeto (Her00), mas limitam a revelação de estruturas internas (silhuetas revelam contornos externos e alguns internos). Contornos sugestivos (*suggestive contours*) tentam suprir essa limitação, desenhando linhas que revelam regiões onde a superfície seria “quase” um contorno (DeC03). Linhas destacadas (*highlight lines*), como definido em (DeC07), estendem os contornos sugestivos para regiões convexas (a região S é convexa $\Leftrightarrow \forall A, B \in S, AB \subset S$, isto é, qualquer segmento que une dois pontos está contido em S). Outro método, cumes aparentes

(*apparent ridges*) (Jud07), generaliza as linhas de cumes e vales em uma abordagem dependente do ponto de vista do observador (*view-dependent*). Métodos dependentes do ponto de vista são baseados na percepção que se tem sobre modelo/objeto, por exemplo em relação a sua forma, e leva-se em conta essa percepção para extrair suas características.

Notando que a variação da iluminação também revela informação relacionada com a geometria dos objetos, Xie et al. (Xie07) propuseram as linhas de variação extrema da iluminação (*photoc extremum lines* (PELs)). PELs não são baseadas explicitamente na variação da curvatura, mas na variação da iluminação. Diferentes fontes de luz podem ser usadas para melhor revelar estruturas locais do objeto. Zhang et al. (Zha10) melhoraram a extração das PELs aplicando uma técnica de sombreado (*shading*) diferente, eliminando o uso de diferentes fontes de luz. A Figura 2.1 ilustra um dos resultados do trabalho de Xie et al., onde observa-se que as PELs são encontradas em pontos onde a variação da iluminação difusa é extrema.

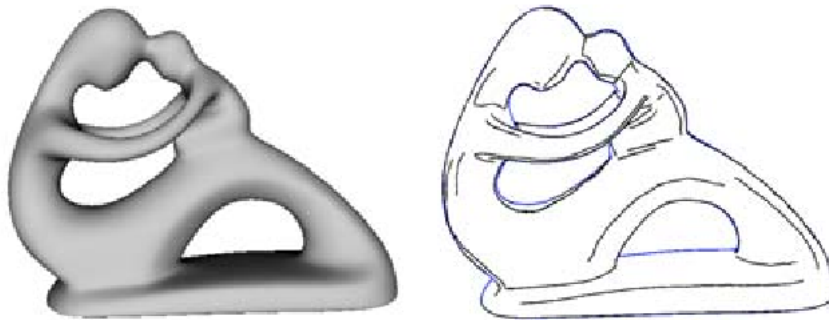


Figura 2.1: PELs método proposto por Xie et al.

Por outro lado, linhas também podem ser extraídas no espaço da imagem, após a etapa de renderização, em uma etapa de pós-processamento (Sai90). Essas técnicas usam uma representação bidimensional e discreta do modelo, e apesar de terem como vantagem a velocidade de processamento, pois se reduz a quantidade de dados a serem processados, sofrem com problemas inerentes a imagem, como oclusão e baixa resolução. Lee et al. (Lee07) propuseram processar a imagem baseando-se na percepção de que um desenho pode ser entendido como uma abstração de uma imagem de sombra. Jardim e de Figueiredo (Jar10) apresentaram um método híbrido para computar os cumes aparentes (*apparent ridges*), combinando uma abordagem tanto no espaço da imagem quanto no espaço do objeto.

Na literatura, também existem trabalhos que avaliam o uso de técnicas NPR relacionadas a conceitos de comunicação (Sch96, Str02), percepção (Goo02) e psicologia (Duk03). Mais especificamente, outros trabalhos discutem

estratégias para avaliar “boas” linhas, e os lugares onde essas linhas deveriam renderizadas (Sou03, Col08, Col09); a escolha de linhas apropriadas é baseada no processo e aplicação de princípios de percepção visual. Em (Ise06) é feito um estudo comparativo sobre linhas feitas à mão livre, com tinta e caneta, e as geradas por computador.

2.2

Ilustração Volumétrica

Ilustração volumétrica representa um novo paradigma para visualizar dados volumétricos (Ebe00). O objetivo é combinar abstração visual, NPR, e visualização volumétrica para melhor revelar características importantes internas ao dado volumétrico. Bruckner (Bru08), apresentou o conceito de um sistema interativo de ilustração volumétrica direta, que permite a geração de visualizações científicas com a qualidade estética e conteúdo informativo das ilustrações tradicionais, mas é baseado em dados volumétricos. Tanto Bruckner quanto Viola, (Bru08, Vio05), exploraram ilustração volumétrica para dados médicos. Camadas semânticas (*Semantic layers*), introduzidos em (Rau07), permitem o mapeamento de atributos volumétricos em um estilo visual, e Xie et al. (Xie07) propuseram um eficaz *framework* para visualização ilustrativa, combinando PELs e o sombreado de isosuperfícies extraídas previamente do volume.

Como apontado por Xie et al. (Xie07), para métodos que ilustram isosuperfícies depois da extração, é difícil alcançar interações em tempo real. Primeiramente, extrai-se a malha de triângulos representando uma dada isosuperfície. Depois é efetuado o cálculo diferencial sobre a malha (Rus04, Che05), e por fim a imagem final é composta através da renderização em múltiplas passadas, combinando a renderização da isosuperfície e do volume. Kindlmann et al. (Kin03) evitaram todo esse processo através do uso de uma função de transferência baseada em curvatura, aumentando o poder expressivo e informativo da visualização volumétrica, revelando, por exemplo, cumes (*ridges*) e vales (*valleys*). Interrante et al. (Int95) também propuseram uma técnica para desenhar cumes e vales sobre uma superfície transparente ou semi-transparente representando a pele. O sistema de renderização volumétrica proposto em (Bur05), extrai diretamente silhuetas e contornos sugestivos. Ma e Interrante (Ma97) já apresentaram uma discussão sobre a motivação para extrair e visualizar linhas características, perceptualmente relevantes, a partir de grades não estruturadas.

Outra técnica, sombreado volumétrico diferido (*deferred volume shading*) (Eng06), combina processamento tanto no espaço da imagem quanto

no espaço do objeto, compondo assim um método híbrido de visualização volumétrica ilustrativa. Essa técnica consiste em dividir o algoritmo de sombreamento em etapas menores, que são escritas em *buffers* intermediários, para serem combinados mais tarde, ao invés de escrever o resultado final diretamente no *color buffer*. Durante o traçado de raio, algumas informações, como a posição dos pontos de interseção do raio e a isosuperfície, normais e profundidade, são armazenados nesses *buffers* intermediários. Depois, técnicas de ilustração no espaço da imagem, como detecção de linhas e outros efeitos de sombreamento, são aplicados a esses buffers e a imagem final é composta.