

## 7

### Conclusão e trabalhos futuros

Esta dissertação investigou um método para geração de detalhamento geométrico sobre superfícies utilizando tesselação em hardware por meio de duas abordagens para deslocamento de vértices. Inicialmente, foi resumido um número de técnicas de detalhamento baseadas em imagens que realizam deslocamentos em nível de *pixel* para simular irregularidades com base em mapas de altura. Mostrou-se, no entanto, que o nível de detalhamento apresentado por essas técnicas não é capaz de representar completamente a estrutura da superfície, especialmente porque não existem modificações na geometria do objeto. Em seguida, foram apresentados detalhes da implementação realizada deste trabalho.

A primeira abordagem foi baseada em mapas de normais e altura pré-computados, os quais foram usados para deslocar os vértices das primitivas geradas na GPU com o recurso de tesselação. Este método produz modelos com correta representação de silhuetas, do efeito de *motion parallax* e sem deformações causadas por mudanças na perspectiva – problemas comumente observados nos métodos de deslocamento por *pixel*. Os resultados obtidos foram comparados em termos de qualidade visual e desempenho com a técnica de *parallax occlusion mapping*, tendo sido superiores em todos os casos apresentados, demonstrando a viabilidade de utilização plena do recurso de tesselação para este fim.

A segunda abordagem computou os dados de deslocamento proceduralmente na GPU, baseada em um conjunto de funções de ruído implementadas em *shaders*. Este método dispensa, portanto, o uso de mapas pré-computados e permite a geração de um amplo conjunto de efeitos de detalhamento geométrico de alta qualidade. A complexidade das operações para computação de ruído apresentou uma queda de desempenho em experimentos com um grande número de primitivas, mas as taxas apresentadas ainda mostram a factibilidade do método apresentado para o detalhamento geométrico de superfícies.

É importante ressaltar que a maior contribuição deste trabalho foi apresentar a possibilidade de geração de detalhamento complexo sobre superfícies por meio da recente atualização do *pipeline* de renderização. Os resultados apresentados para a abordagem de mapas pré-computados mostram a possibilidade da plena utilização deste método para enriquecimento de ambientes virtuais a altas taxas de desempenho, enquanto os da abordagem procedimental apontam um novo caminho que, uma vez inviável em virtude de limitações tecnológicas, introduz um amplo conjunto de possibilidades a serem exploradas.

## 7.1 Trabalhos futuros

Visto que neste trabalho foram testados apenas casos de tesselação sobre superfícies paramétricas, surge a proposta de avaliar os efeitos da aplicação de tesselação tanto procedimental quanto baseada em mapas de profundidade sobre malhas arbitrárias. De fato, essa é a proposta original do recurso de tesselação, que ainda está sendo incorporado lentamente a engines de jogos eletrônicos, sendo geralmente utilizado apenas em elementos genéricos e de pouco destaque no cenário.

A implementação de métodos tesselação adaptativa na GPU implica no refinamento progressivo e controle automático do nível de detalhes de um objeto. Um método adaptativo para subdivisão em função de fatores como distância do objeto à câmera, visibilidade ou triângulos em regiões de silhueta pode oferecer um grande ganho em termos de desempenho sem queda perceptível na qualidade visual.

Modelos CAD geralmente apresentam um aspecto “plástico” que, apesar de muitas vezes suficiente para os usuários de softwares de engenharia, resulta em uma qualidade visual bastante degradada que pode ser melhorada por meio da tesselação em *hardware*. A relativa falta de interesse no detalhamento desse tipo de modelo decorre de outra preocupação fundamental nesta área: modelos CAD normalmente possuem uma quantidade massiva de polígonos que requerem diversos tipos de otimizações tanto de renderização quanto de memória para que sejam apenas desenhados na tela a taxas interativas (Raposo, et al., 2009).

Em muitos casos, esses modelos são descritos por um grande número de segmentos paramétricos, os quais, conforme visto neste trabalho, podem ser gerados com grande eficiência com o recurso de tesselação em *hardware*. Além disso, a geração de detalhamento procedimental pode ser uma aplicação interessante para aumentar a qualidade visual desses modelos, já que não existe a necessidade de utilizar imagens para este fim, dispensando o consumo de memória adicional com texturas. A utilização de possíveis algoritmos de tesselação adaptativa em conjunto com efeitos procedimentais pode proporcionar um ganho significativo de qualidade ao custo de um conjunto de operações adicionais de detalhamento na GPU.