Edição Nº 6 – 07 de Abril de 2018

ISSN Print: 1646-9976 | ISSN Online: 2184-223X |

DOI: <https://doi.org/10.31112/kriativ-tech-2018-01-03>

<http://www.kriativ-tech.com>

<http://www.kriativ-tech.pt>

Processos de otimização gráfica para recursos 3D no contexto de realidade virtual

André da Cruz Rodrigues

Professor Adjunto do ISTE

ISTEC – Departamento de Estudos e Investigação em Tecnologias de Informação e Sociedade

cruz@dotlink.pt

Resumo: O objetivo do presente artigo consiste em analisar as particularidades de visualização de objetos tridimensionais em realidade virtual, bem como investigar técnicas adequadas para a produção de recursos 3D que tenham como finalidade este tipo de plataformas. Tendo em linha de conta que a procura destes conteúdos poderá aumentar significativamente num futuro próximo, a utilização de processos de desenvolvimento mais otimizados na produção de modelos e texturas para estes fins poderá ser de facto considerada relevante, especialmente no que diz respeito à relação entre qualidade gráfica e performance. Como por norma estes conteúdos são integrados em motores gráficos a tempo-real, será importante estabelecer uma comparação com o processo de produção 3D na indústria de videojogos. No fim deste estudo, procurar-se-á determinar esses elementos comparativos, apresentar algumas ideias sobre os *workflows* que possam ser considerados mais adequados, bem como ajudar a definir boas práticas durante o processo de desenvolvimento.

Keywords: Realidade Virtual; Modelação 3D; Escultura Digital; Texturização; Materiais; Motores Gráficos.

Abstract: The purpose of the current article is to analyze the peculiarity of 3D asset

visualization in virtual reality devices, as well as research the more adequate techniques in 3D production for this type of medium. Having into account that the demand of content for these systems could grow significantly in a near future, development pipelines more optimized for virtual reality could become gradually more relevant, particularly in the relation between graphic quality and performance. As regularly these contents are integrated in real-time engines, it might be important to establish a comparative approach about the production processes within the videogame industry. In the end of this study, we will try to set those comparative elements, present some conclusions about suitable workflows and help to define good practices through the development process.

Keywords: Virtual Reality; 3D Modeling; Digital Sculpting; Texturing; Materials; Graphic Engines.

I. Introdução

Definida como um meio que faculta experiências de presença e telepresença em ambientes sintetizados, a realidade virtual (RV) está muito associada à utilização de hardware específico que estabelece a interação entre o utilizador e o que este percebe [1]. Exemplos disso são equipamentos como capacetes estereoscópicos (*head mounted displays*) e controladores manuais dedicados. Com uma base estimada de

sete milhões de dispositivos em 2016 e com uma previsão de crescimento até aos trinta e sete milhões até 2020 [2], esta tem vindo a apresentar uma tendência para se tornar mais acessível aos consumidores em geral, o que por seu lado aponta para uma maior procura de conteúdos digitais dedicados a estes sistemas. Para além disso, tem-se tornado cada vez mais viável a adaptação de *smartphones* para o uso de realidade virtual ao acoplar equipamentos específicos para o efeito [3].

Este eventual crescimento poderá significar que a produção de recursos 3D específicos para visualização em *headset* seja mais requisitada, fazendo com que os artistas que desenvolvam conteúdos para este meio tenham de se adaptar às suas características. Isto porque, e apesar de numa primeira instância dar a entender que as técnicas e os processos possam ser equivalentes às abordagens mais tradicionais, existem particularidades do ponto de vista gráfico que podem ter um impacto significativo na experiência do utilizador [4]. É também importante salientar que de um ponto de vista tecnológico a realidade virtual pode ser utilizada em diversas áreas [5]. Para além da forte ligação à vertente de entretenimento, pode ser também aplicada noutros contextos tais como: ensino, simulação, arquitetura, medicina, entre outros.

Neste artigo, iremos primeiro determinar a relação entre produzir objetos estáticos 3D para sistemas mais estabelecidos e o seu paralelismo no contexto de realidade virtual. Ao definir as principais diferenças entre estes meios de visualização e interação, este trabalho tentará identificar processos alternativos que poderão tornar-se benéficos no desenvolvimento de recursos 3D para RV.

II. Desenvolvimento de Arte 3D para Motores Gráficos a Tempo-Real

Os modelos tridimensionais gerados por computador podem ser utilizados para os mais diversificados fins. Um dos mais comuns é a sua integração para produzir imagens de síntese ou metragens de animação [6], sendo comum utilizar o termo *offline rendering* para definir o seu processo final. Outro exemplo é a sua

utilização para impressão 3D, que resultará num objeto físico de um determinado material [7].

No entanto, o foco deste artigo estará mais associado aquilo que é normalmente designado por modelos 3D para motores gráficos a tempo-real. Neste contexto, os objetos 3D têm de ser bastante otimizados, uma vez que terão de ser calculados de forma constante e a uma alta frequência. Isto, por norma, deve-se ao facto de o ambiente gráfico ser interativo, tornando-se necessário fornecer um feedback instantâneo ao utilizador [8]. A realidade virtual insere-se neste contexto, uma vez que na generalidade dos casos o conteúdo é disponibilizado sob a forma de aplicação interativa a tempo-real.

De notar que, em função do objetivo, o nível de qualidade associado à produção de recursos tridimensionais é variado. Neste caso, e independentemente de a direção artística ser mais estilizada ou realista, o foco deste estudo será sobre conteúdo de elevado detalhe e fidelidade gráfica, uma vez que é também neste tipo de situações que se poderão encontrar mais desafios técnicos. Sendo assim, será utilizada uma abordagem de *Physically-Based Rendering* (PBR) no processo de análise e implementação. Esta é uma técnica cada vez mais utilizada nos motores de *rendering* em geral, focando-se num processo simplificado de obter resultados gráficos fisicamente corretos [9].

No âmbito da produção 3D para motores a tempo-real, a fase de modelação engloba por norma duas partes distintas e está bastante enraizada na indústria dos videojogos [10]. A primeira fase contempla criação do modelo com alta densidade geométrica (*high poly*), atingindo por norma vários milhões de polígonos, mas completamente insuportável para o motor gráfico (*Figura 1*).

Figura 1: Exemplo de modelo high-poly, contendo mais de 7 milhões de polígonos

Deste modo, é necessário criar uma segunda versão muito mais reduzida a nível poligonal (*low poly*), sendo comum utilizar técnicas de retopologia para este objetivo (Figura 2).

Figura 2: Demonstração do processo de retopologia para criação da versão *low poly*

Com este processo, pretende-se transferir o detalhe geométrico do modelo *high poly* para imagens específicas que normalmente se designam texturas ou *maps*. De notar que, para que seja possível representar qualquer tipo de textura, a versão *low poly* necessita que o mapeamento dos UVs - representação da geometria num plano bidimensional para efeitos de projeção - se encontre corretamente disposto. Só depois será possível implementar o processo de extração de texturas, sendo necessário uma sobreposição de ambas as versões dos modelos entre si. Esta técnica é genericamente denominada por *baking* e as imagens geradas poderão ser usadas diretamente pelo motor gráfico, ou por outro lado contribuir para a criação de texturas adicionais.

Uma das texturas mais relevantes que se extrai deste processo é o designado *Normal map*, que para além de contribuir para o efeito visual de relevo, transmite também informação relativa à orientação de cada polígono, o que contribui para o cálculo da incidência da luz sobre a superfície da geometria [11]. Para além deste, destacam-se igualmente outros *maps* que são regularmente utilizados em motores de *rendering*, estando estes graficamente exemplificados na Figura 3.

Figura 3: Exemplo de diversos tipos de *maps* regularmente utilizados em PBR

O *Ambient Occlusion map* define a quantidade de iluminação ambiente e o *Height map* o nivelamento da superfície, sendo estes também obtidos por extração na generalidade dos casos. Por outro lado, o *Albedo map* representa a coloração base, abstraída de qualquer outra informação adicional. Por fim, *Metallic* estipula as áreas que são metálicas ou dielétricas e *Roughness* descreve a contribuição da reflexão especular e difusa. Como é óbvio, poderá ser necessário utilizar texturas adicionais para definir certas características como transparência ou emissão. De salientar que, em função do *setup* utilizado no material, *Metallic* e *Roughness* poderão ser substituídos por outro tipo de texturas (por norma *Specular* e *Gloss*).

III. Identificação de Aspectos Diferenciadores em Realidade Virtual

Um dos aspetos mais significativos a nível de performance em realidade virtual é a necessidade de uma taxa de imagens por segundo alta e constante para dois ecrãs, ou seja, um para cada

olho. Se num ecrã tradicional é aceitável que seja utilizada uma frequência de 30 *frames* por segundo (fps), no caso da realidade virtual é praticamente obrigatório manter uma taxa na ordem das 60, sendo, no entanto, considerada mais adequada uma taxa de 90 fps [12]. Caso não seja atingido este objetivo, o utilizador poderá sofrer a sensação de náusea e afetar toda a experiência de imersão.

A adequação da escala dos objetos em relação ao utilizador e o reduzido impacto visual dos *Normal maps* são elementos que também se encontram identificados neste âmbito [13]. Como a natureza estereoscópica da realidade virtual atenua o efeito simulado graficamente por este tipo de texturas, isto significa que um dos métodos mais relevantes para a transmissão de detalhe poderá ter de ser reavaliado. Este aspeto levanta a questão se outras técnicas podem ser consideradas mais viáveis e como poderão estas ser implementadas durante o processo de produção 3D, tendo autores como Hales [14] já dado indicação de que os *Height maps* são considerados uma excelente opção para a criação de profundidade em RV.

Outro aspeto a ter em consideração a viabilidade de efeitos temporal *anti-aliasing* para evitar contornos “serrilhados” quando a câmara ou objetos se movem no espaço. Kinney [15] indica que este tipo de técnica acarreta um custo de processamento elevado e os artistas 3D podem ter de pensar em alternativas quando desenvolvem os seus modelos para realidade virtual. Para além disso, Kinney defende também que detalhes de alta frequência (*high frequency detail*) não resultam adequadamente neste meio, uma vez que tende a gerar artefactos e ruído visual. Do ponto de vista prático, isto envolve a componente de modelação *high-poly* e a coloração aplicada em texturas *Albedo*. Kinney indica também que a visualização em *headset* de geometria muito fina tem tendência para gerar inconsistências gráficas que são facilmente detetadas pelo utilizador, em especial quando são utilizadas faces planas com transparência.

Do ponto de vista de performance, a utilização de *atlas* em processos de texturização é considerada como um dos mais revelantes no contexto de RV [16]. Como é mais otimizado utilizar menos imagens de maior dimensão do que muitas de pequena dimensão, esta técnica

permite que vários objetos possam referenciar a mesma textura, reduzindo assim a utilização da placa gráfica.

Para finalizar esta análise, será relevante incluir que, segundo Homer [17], a perceção da reflexão especular é mais notória e eficaz em RV. Isto significa que as texturas *Metallic* e *Roughness*, ou *Specular* e *Gloss*, podem desempenhar um papel ainda mais significativo neste âmbito. Homer indica também que através das experiências realizadas pela sua equipa, a perceção da forma de um material é definida principalmente pela sua informação especular, uma vez que o utilizador nestas condições de visualização é muito mais sensível ao contraste e variação deste canal.

IV. Abordagem, Testes e Resultados

A análise das características específicas que são inerentes à visualização de recursos 3D em ambientes de realidade virtual, levantaram algumas questões sobre ajustes que se podem implementar durante o processo de produção de modelos e texturas, mesmo que em grande parte se mantenha equivalente ao desenvolvimento de arte 3D para motores gráficos em geral. Para a condução de alguns testes práticos, foram utilizados neste trabalho os programas ZbrushCore, Substance Designer e o motor gráfico Unity. Como é óbvio, isto não significa que os resultados sejam os mesmos noutros motores ou equipamentos, mas ajudará de certo modo a avaliar algumas considerações. A nível de equipamentos, os testes foram implementados com o VRHeadset Daydream da Google e o Smartphone Pixel XL também da Google.

Dos vários elementos mencionados na seção anterior, os testes irão de uma forma conjunta debruçar-se sobre os detalhes de alta frequência, alternativas aos *Normals maps* e abordagens na implementação de texturas que contribuem para reflexão especular. A escolha de focar em particular estas características deve-se ao facto de considerar que estão relacionadas entre si. Tendo em linha de conta que o detalhe de alta frequência (*Figura 4*) produz um efeito negativo em RV, poderíamos assumir que a abordagem ideal seria descartá-la por completo do processo de produção.

Figura 4: Comparação entre modelo sem e com detalhe de alta frequência

Mas a questão que se procurará verificar neste teste é se esta informação poderá ser benéfica apenas em certo tipo de texturas. Esta ideia surge devido à importância dada por Homer ao contraste da reflexão especular, em especial quando existe movimento dos objetos em RV. No entanto, isto significa que o processo de desenvolvimento de um recurso 3D teria de possuir uma fase intermédia onde seria produzido a extração do *Normal map* antes de se implementar detalhes de alta frequência em geometria. Para além disso, se o *Albedo map* tiver de utilizar como base uma textura obtida por meios de extração, como muitas vezes acontece, seria necessário fazer essa tarefa também neste momento. Isto significa que o processo de retopologia e mapeamento de UVs também teria de ser implementado nesta fase. Depois destes componentes estarem finalizados, será possível avançar para a criação de detalhe de alta frequência em geometria e realizar a extração dos restantes *maps*.

Para implementar este conceito, produziram-se texturas com este *workflow* e uma simples cena em Unity para testes. Foi utilizado um material *Standard Setup* e aplicaram-se texturas aos canais *Albedo*, *Metallic*, *Normal*, *Height* e *Ambient Occlusion*, sendo o *Roughness* incorporado como *alpha channel* no ficheiro do *Metallic map* e gravado como TARGA. Foi verificado que o *Height map*, que neste material possui um atributo de intensidade que pode variar entre 0 e 0.08, consegue dar um contributo muito significativo para a perceção de profundidade em RV (efeito *parallax*), mas isso não implica que o *Normal map* deva ser descartado por completo, uma vez que é notória a sua ausência no que toca à variação da reflexão especular em função da orientação da superfície. Por outro lado, o ruído visual que por norma é causado por esta textura acaba

por ficar reduzido devido ao processo que foi utilizado. Os testes efetuados não revelaram uma diferença significativa na performance quando se utiliza o *Height map* (Figura 5), podendo ser considerada bastante adequada no contexto de RV, uma vez que ajuda a compensar a menor eficácia do *Normal map* neste meio.

Figura 5: Testes efetuados em Unity com Profiler e Virtual Reality Support ativado

No que toca a detalhe de alta frequência, estes aplicaram-se apenas no *Roughness*, *Height* e *Ambient Occlusion maps*. Com esta abordagem é possível verificar que os artefactos gráficos que poderiam eventualmente ser gerados com outros *workflows*, conseguem ser desta forma mais facilmente prevenidos e mantêm ainda perceptível as variações resultantes destes canais, o que pode ajudar no delicado equilíbrio entre ruído e detalhe na visualização 3D para realidade virtual. Para além disso, como a contribuição do *Roughness map* para a reflexão especular é ainda mais relevante neste contexto, verificou-se que uma intensificação do seu contraste através do ajuste dos níveis pode tornar-se benéfica. Contudo, deve-se assumir aqui que seria importante implementar mais testes para analisar as diversas combinações entre mapas com e sem detalhe de alta frequência, bem como realizar experiências

em equipamentos e motores gráficos diferentes.

A partir das texturas criadas neste trabalho, foram também implementados testes com DirectX 11 *tessellation shaders* no mesmo motor gráfico. Esta técnica aplica deformação sobre a própria geometria a partir da informação existente no *Height map*. Isto implica que os modelos terão de possuir um nível de subdivisão significativo para que a deformação seja possível, tendo o próprio material um fator de tesselação. Neste exemplo foi utilizado principalmente o *shader Tessellation Standard Distance* e como seria de esperar a performance acaba por ser afetada consideravelmente à medida que o modelo é cada vez mais subdividido. É verdade que se trata de relevo diretamente aplicado na geometria em si, mas como o número de polígonos a processar é consideravelmente superior, a taxa de *frames* por segundo cai drasticamente. No exemplo apresentado na Figura 6 o fator de tesselação (que varia entre 0 e 32) era 5 e a taxa atingiu uma média de 75 fps. Com um fator de 3, a frequência já conseguiu manter-se acima das 100 fps. Apesar de ser possível implementar *tessellation* em RV, não será propriamente aconselhável devido à sua exigência de densidade geométrica. Isto acarreta um elevado preço para o processador e será bastante difícil encontrar um ponto de equilíbrio adequado, pois mesmo que se baixe o fator de tesselação para obter melhor performance, a contrapartida é uma qualidade baixa que gera ondulação e incoerências no relevo. Desta forma, podemos considerar que, independentemente do processo utilizado para a criação de *Height maps*, o uso de *tessellation shaders* em RV deve ser de um modo geral evitado. Este apenas deve ser usado em situações excecionais, como em casos onde existam poucos objetos em cena e o nível de subdivisão não baixe a reprodução para valores inferiores a 90 fps no sistema alvo.

Figura 6: Testes com DirectX *Tessellation Shader (Standard Distance)*

V. Considerações Finais e Trabalho Futuro

Neste artigo procurou-se analisar os processos associados à produção de recursos 3D e estabelecer as principais características deste tipo de conteúdo no contexto de realidade virtual. Estas considerações ajudaram a desenvolver uma ideia em que o elemento principal consistia em dividir o processo de produção em duas fases de *baking*, ou seja, uma sem detalhe de alta frequência e outra posterior já com esta informação. Os testes revelaram que segmentar o nível de detalhe em diferentes tipos de texturas pode contribuir para as características especiais associadas à visualização de recursos 3D em RV, mas também é importante ter em consideração que este processo terá a tendência de tornar o tempo de desenvolvimento mais longo. Adicionalmente, poderá ser também difícil para o artista 3D segmentar desta forma o seu *workflow*, limitando a fluidez do seu trabalho criativo, uma vez que este se divide em duas partes durante o desenvolvimento da *versão high poly*.

Tal como era esperado, a contribuição dos *Height maps* permitem obter um resultado visual mais adequado do relevo das superfícies, complementando as limitações inerentes aos *Normal maps* neste meio. No entanto, a utilização de *Tessellation Shaders* afetam consideravelmente a performance da aplicação, o que significa que será mais recomendado utilizar os materiais que não necessitem de alta densidade geométrica, mas que possuam ainda assim o canal *Height* para a aplicação do efeito *parallax*.

Para finalizar, será importante mencionar que testes adicionais poderão ajudar a determinar que

texturas serão mais adequadas para incorporarem detalhe de alta frequência. De qualquer das formas, isto não significa que estas relações sejam estanques, uma vez que podem variar em função da direção artística pretendida para o recurso 3D. Tal como mencionado anteriormente, a variação entre as características dos materiais e seus canais, em conjunto com as especificações dos equipamentos, fazem com que existam diversas variáveis neste contexto para que se possa estabelecer um processo único de desenvolvimento, mas poderá ser eventualmente viável determinar boas práticas gerais para a produção de *assets* 3D para realidade virtual.

VI. Referências

- [1] Steuer, J. (1993). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. Stanford University.
- [2] Statista – The Statistics Portal (2017). Virtual Reality (VR) – Statistics & Facts. Retirado de <https://www.statista.com/topics/2532/virtual-reality-vr>
- [3] Lamkin, P (2017). Wearable – The best smartphone headsets for VR apps. Retirado de <https://www.wearable.com/vr/best-smartphone-headsets-mobile-vr-apps-1655>
- [4] Durães, L. (2015). O Cinema de Animação 3D em Sistemas de Realidade Virtual: Exploração dos Modos de Visualização e do Foco da Narrativa, 45-54. Universidade do Porto.
- [5] Afonso, L. (2016). Interação em Realidade Virtual usando dispositivos móveis, 3-16. Universidade de Aveiro.
- [6] Castro, D. (2015). Estudo Focado no Utilizador de Software Gratuito para Modelação e Visualização 3D Realista, 13-15 e 64-65. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [7] Santos, S. (2016). Impressão 3D – Perspetivas de Adoção na Indústria Portuguesa, 19-29. Universidade Nova de Lisboa.
- [8] Vasconcelos J. B. & Ribeiro, N. (2013). Tecnologias de Programação de Jogos, 60-72. FCA – Editora de Informática, LDA.
- [9] McDermott, W. (2015a). The Comprehensive PBR Guide by Allegorithmic Vol. 1 – The theory of Physically-Based Rendering and Shading. Retirado de https://www.allegorithmic.com/system/files/software/download/build/PBR_Guide_Vol.1.pdf
- [10] Tan, J. (2017). Sculpt a Total War game character with Zbrush – 3D Artist Magazine, nº 109, 48-53. Future Publishing Ltd.
- [11] McDermott, W. (2015b). The Comprehensive PBR Guide by Allegorithmic Vol. 2 – Light and Matter: Practical guidelines for creating PBR texturing. Retirado de https://www.allegorithmic.com/system/files/software/download/build/PBR_volume_02_rev05.pdf
- [12] Usher, W. (2016). Cinema Blend - VR Games at E3 Were Making People Sick. Retirado de <https://www.cinemablend.com/games/1525170/vr-games-at-e3-were-making-people-sick-get-the-details>
- [13] Hayes, P. (2017). Em entrevista à 3D World Magazine - VR Game Modeling, nº 219, 18-19. Future Publishing.
- [14] Hales, M (2016). Medium – Keep it Canny - Asset Preparation for Virtual Reality. Retirado de <https://medium.com/@Hales/keeping-it-canny-asset-preparation-for-virtual-reality-659d46001976>
- [15] Kinney, J. (2016). The Game Artists Guide to VR – 3D World Magazine, nº 203, 41-49. Future Publishing.
- [16] Hales, M (2016). Medium – Keep it Canny - Asset Preparation for Virtual Reality. Retirado de <https://medium.com/@Hales/keeping-it-canny-asset-preparation-for-virtual-reality-659d46001976>

[17] Homer, S. (2017). Em entrevista à 3D World Magazine - VR Game Modeling, nº 219, 22-23. Future Publishing.

Livros

Foley, J.; van Dam, A.; Feiner, S. & Hughes, J. (1996). “Computer Graphics – Principles and Practice”. Addison-Wesley Publishing Company.

Linowes, J. (2015). “Unity Virtual Reality Projects”. Packt Publishing.

Movania, M. (2013). “OpenGL Development Cookbook”. Packt Publishing.