

## 2 Trabalhos Relacionados

A reprodução da iluminação da pele humana nos computadores é basicamente dividida em duas partes: a componente difusa e a componente especular da luz. Existem muitos trabalhos anteriores nessa área, porém geralmente o foco destes não está na reflexão especular, pois o brilho ocorre em um percentual muito pequeno em relação à absorção e espalhamento a qual a luz é propiciada pela pele (Tuchin 2000 citado por d'Eon e Luebke 2007). Atualmente, o modelo de reflexão especular apresentado por Kelemen/ Szirmay-Kalos (2001) está popularizado para esse tipo de aplicação por ser um modelo fisicamente mais plausível que o modelo de Phong (1975) e por se aproximar e ser mais eficiente do que o modelo de Torrance/Sparrow (1967 citado por Möller et al. 2008).

O foco da modelagem da iluminação da pele geralmente se concentra no aspecto difuso. Alguns trabalhos levam em consideração modelos físicos da pele para simular o espalhamento da luz e conseguir reproduzir a pele. Outros, utilizam alguns aspectos empíricos, muitas vezes em conjunto com alguns aspectos físicos, para gerar seus resultados.

No decorrer dos anos, muitos trabalhos vêm contribuindo de forma indireta ou direta para gerar cada uma dessas modelagens (vide Tabela 1). Tuchin (2000 citado por d'Eon e Luebke 2007), por exemplo, mostra através de estudos óticos o percentual de luz que reflete na pele sem receber qualquer contribuição de cor, retornando, portanto, uma luz com a mesma cor original. Isso ocorre devido à interação de Fresnel, a qual é simulada na modelagem da reflexão especular através da aproximação de Schlick (1993 citado por d'Eon e Luebke 2007).

Donner e Jensen (2005 citado por d'Eon e Luebke 2007) apresentam em seu trabalho que um modelo matemático de apenas uma camada da pele humana não é suficiente para representá-la de forma realista. Segundo eles, um modelo em três camadas em conjunto com o perfil de difusão da pele (a forma como a luz se espalha na pele) é suficiente para obter tal aproximação. Os resultados obtidos por

eles, embora sejam realistas, demoram vários minutos para serem processados, pois não utilizam a GPU para realizar tal processamento.

Borshukov e Lewis (2003) mostram que a iluminação de uma malha no espaço da textura pode ser usada de forma a aproveitar a natureza local do espalhamento da luz na pele. O conceito apresentado por eles consiste em transformar um objeto tridimensional em uma imagem bidimensional (espaço da imagem ou da textura) e com isso realizar uma série de processamento de imagens para obter os resultados desejados. Green (2004) e Gosselin et al. (2004a) utilizam essa idéia para aplicar filtros sobre as imagens geradas pelo cálculo de difusão e assim suavizar a pele, porém não se baseiam para isso em nenhum modelo físico. Apesar disso, ambos conseguem reproduzir a pele humana em tempo real.

Dachsbacher e Stamminger (2003) utilizam seu conceito de mapas de sombra translúcida para simular o espalhamento da luz nos objetos e suavizar as sombras produzidas pelos mapas de sombra originais.

d'Eon e Luebke (2007) juntam as idéias do perfil de difusão da pele para três camadas com o uso do espaço da textura (para reproduzir o espalhamento local da luz) para criar seu modelo de simulação da pele humana na GPU. Seu modelo aproxima o perfil de difusão da luz através de um conjunto de gaussianas e ainda possui vários detalhes que aprimoram a técnica, como correção de distorção pelo uso do espaço 2D ao invés do 3D, conservação de energia e espalhamento global da luz em regiões finas da pele, como as orelhas. Esse último aspecto é obtido através de uma modificação do mapa de sombra translúcido de Dachsbacher e Stamminger (2003).

Embora a técnica de d'Eon e Luebke (2007) seja considerada e consolidada como o estado da arte da geração de pele humana em tempo real atualmente, melhorias estão sendo propostas nos últimos anos de forma a se obter um desempenho melhor na técnica. Jimenez e Gutierrez (2008) propõem uma aceleração do método por meio das técnicas de *frustum culling* e *backface culling*, baseando-se na idéia de que apenas os objetos vistos devem ser processados. Já Hable et al. (2009) propõem mudanças mais drásticas na técnica de d'Eon e Luebke (2007): diminuir o número de passos e acessos à textura na GPU, através de um novo filtro que represente o mesmo perfil de difusão. As mudanças de Hable et al. (2009) geram resultados mais rápidos, porém com certa perda de qualidade.

Por fim, Jimenez et al. (2009) apresentam uma técnica de geração de pele humana que foge um pouco das pesquisas realizadas nos últimos anos. Ao invés de utilizar o espaço da textura para simular o perfil de difusão, é utilizado o espaço da tela, sendo assim, todos os objetos na tela sofrem o *blur* (filtro) ao mesmo tempo, acelerando o processo de renderização. Embora a técnica produza resultados com melhores taxas de amostragem, há certa perda de qualidade, principalmente da parte translúcida da pele a qual não tem como ser reproduzida devido à falta de informações disponíveis no espaço da tela. Porém o custo benefício é justificável dependendo da aplicação.

A Tabela 1 sumariza os principais trabalhos que contribuem de alguma forma com a renderização da pele em humana em tempo real.

Tabela 1 – Conjuntos de contribuições para a renderização de pele humana em tempo real. São consideradas contribuições diretas os trabalhos derivados da técnica de iluminação difusa da pele através do uso do espaço da textura.

Indiretos	Diretos
Schlick (1993 citado por d'Eon e Luebke 2007) – aproximação do termo de Fresnel.	Borshukov e Lewis (2003) – uso do espaço da textura para iluminação difusa.
Tuchin (2000 citado por d'Eon e Luebke 2007) – apenas 6% da luz incidente na pele é refletida.	Gosselin et al. (2004a) – iluminação no espaço da textura com aplicação de filtros para simular o espalhamento da luz na pele tempo real.
Kelemen/ Szirmay-Kalos (2001) – termo especular fisicamente plausível e eficiente.	d'Eon e Luebke (2007) – uso do perfil de difusão (considerando 3 camadas na pele) mais espaço da textura em conjunto com conceitos físicos: estado da arte da renderização da pele humana em tempo real.
Dachsbacher e Stamminger (2003) – criação do mapa de sombra translúcida.	Jimenez e Gutierrez (2008) e Hable et al. (2009) – Otimizações do algoritmo d'Eon e Luebke (2007).

Donner e Jensen (2005 citado por d'Eon e Luebke 2007) – modelo de 3 camadas mais perfil de difusão para representar a pele.	Jimenez et al. (2009) – adaptação dos conceitos de d'Eon e Luebke (2007) para o espaço da tela.
---	---

Nessa dissertação são estudadas e apresentadas duas das técnicas citadas que servem de base para os estudos atuais na área: a técnica de Gosselin et al. (2004a) e a técnica de d'Eon e Luebke (2007).