

## 7

### Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente trabalho abordou o problema da visualização nas interações remotas através da análise das tecnologias populares existentes e de alguns projetos de pesquisa acadêmicos para este objetivo, visando enriquecer a visualização entre pessoas localizadas remotamente.

Após apresentar alguns conceitos da área de Presença com resultados obtidos desta área de pesquisa, foram estabelecidos os embasamentos da abordagem, que são os seguintes:

- visualização é importante
- tecnologia simples pode proporcionar presença
- a imagem da câmera é mais satisfatória do que avatares, em algumas interações sociais
- estéreo influencia presença positivamente

Com base nestes pilares, foi proposto o uso de estereoscopia através de webcams como uma solução para adicionar a percepção de profundidade nas imagens de câmeras, em tempo real. As restrições foram não acrescentar qualquer hardware, ainda não popular no momento, a um sistema de PC e nem tornar o processamento computacional pesado, mas garantindo uma inovação significativa às aplicações já disponíveis popularmente.

O uso de imagem estéreo natural em tempo real não tem sido amplamente explorado, e o seu uso no contexto de interações remotas constitui uma nova abordagem.

Sob a restrição de manter um baixo custo financeiro e computacional, esta pesquisa é um desafio, principalmente pelas limitações apresentadas provenientes de uma tecnologia simples como webcams.

O modelo de processamento estéreo computacional existente na literatura, tem como variáveis-chave a variação da distância interaxial das câmeras e do paralaxe das imagens, exigindo este recálculo a cada mudança na posição do observador, e com isto estabelecendo restrições para aplicações em tempo real.

Esta pesquisa concluiu que não é possível lidar com estas restrições geométricas de forma prática, para a aplicação em foco, ficando clara a necessidade de eliminá-las, principalmente porque o usuário não será um observador passivo, tendo a expectativa de mover-se com certa liberdade diante do computador e também não terá conhecimentos técnicos de visualização estereoscópica para efetuar reajustes de imagens ou de câmeras.

Seguindo a abordagem da área de Presença, isto conduziu a buscar apoio em estudos psicofísicos, fisiológicos e perceptuais relacionados à visão estéreo natural humana para daí obter critérios importantes a serem considerados na proposição e implementação de uma solução.

Após pesquisar conceitos de visão estéreo humana, este trabalho entendeu que as acuidades visuais poderiam possivelmente dar parâmetros ótimos para uma simulação visual do estéreo computacional mais adequada ao comportamento do olho humano, considerando que o olho se comporta de forma diferente para perto e para longe.

A pesquisa está fundamentada em que ao combinar os conceitos de Presença, propriedades computacionais da visualização estereoscópica e aspectos da visão humana pode-se obter parâmetros mais adequados para a visualização estereoscópica em curta distância, aplicá-los aos sistemas baseados em imagens de webcams, em tempo real, e conseqüentemente, dar uma nova perspectiva ao problema de visualização em interações sociais.

Após discutir os aspectos da geometria dos sistemas de estéreo convencional, vem a proposta de um modelo para o processamento estereoscópico de curta distância, com a apresentação da geometria da nova abordagem, e enunciando o paradigma do usuário observador-objeto.

A implementação feita com base no modelo proposto gerou a visualização de imagens estéreo em tempo real, com resultados muito promissores, e principalmente eliminou as restrições estabelecidas pelo modelo de processamento estereoscópico convencional, não mais tratando a distância interaxial das câmeras como variável principal do problema.

O novo modelo permite que o observador mova-se mais livremente no seu espaço, sem exercer diretamente o controle sobre o posicionamento das câmeras e/ou reajuste de paralaxe das imagens, e conseguindo ainda assim, manter a fusão contínua das imagens.

A criação do Display Virtual Não-Planar, *DVNP*, muda a ótica da limitação da tela plana, sem no entanto trabalhar com o desenvolvimento de um novo hardware.

O modelo de processamento estereoscópico proposto varia sua projeção de visualização em função da distância do observador, o que incorpora ao modelo

uma correspondência entre as disparidades da imagem e o relacionamento acomodação/convergência inerente ao olho humano, tornando a visualização das imagens mais natural, o que não existe no modelo anterior. Embora não tenha sido feito um estudo formal sobre desconforto, há relatos, de todas as pessoas que experimentaram o sistema, de que sentem menos estresse nos olhos ao observar as imagens geradas pelo novo modelo quando comparada com o modelo convencional.

Portanto, a tese conclui que as hipóteses enunciadas no Capítulo 4 foram então satisfeitas.

O modelo de processamento estéreo convencional é uma simplificação da visão binocular humana, como mostrado na Figura 4.3. O modelo de estéreo proposto aqui é também uma aproximação da geometria teórica da visão binocular humana, mas baseado no processo fusional apresentado. Portanto, este modelo está mais próximo da geometria do olho humano do que o modelo convencional.

A transmissão remota do vídeo estereoscópico foi implementada como uma prova de conceito para assegurar a viabilidade da transmissão do vídeo anaglífico em tempo real, com uma resolução de imagem de 640 x 480 pixels.

Diante dos resultados obtidos, a tese considera ter cumprido os objetivos da pesquisa, apresentando uma inovação tecnológica para uso popular, cumprindo as restrições de tecnologia simples e processamento computacional não sofisticado, mas com um diferencial significativo em relação às aplicações disponíveis popularmente. E principalmente, a pesquisa apresentada abre horizontes para o processamento computacional estereoscópico a partir da nova abordagem desenvolvida neste trabalho.

Fica a hipótese de que ao adicionar a percepção de profundidade na visualização da pessoa remota seja possível aumentar o senso de presença. No futuro, o sistema poderá ser usado para analisar o senso de presença quando comparado a sistemas de webcam com visualização em vídeo comum.

## 7.1

### **Diretrizes para novas pesquisas**

Pela multidisciplinaridade inerente a esta pesquisa, as diretrizes para novas pesquisas serão apresentadas por área.

#### **Área de Presença**

Com relação à escolha da representação das pessoas, fica uma questão em aberto: *Existe um patamar ótimo para esta escolha entre imagens foto-*

*realísticas vs. avatares animados?*

Analisar o senso de presença no sistema desenvolvido na tese quando comparado a sistemas de webcam com visualização comum *2D*.

### **Computação Gráfica**

Aplicar o modelo para imagens estéreo geradas por computação gráfica.

Fazer o tracking do observador para capturar sua distância à tela e atualizar os parâmetros de visualização do sistema, em tempo real.

Usar o conceito do horopter empírico para gerar a superfície de projeção, ao invés do horopter teórico.

Usar o conceito do horopter *3D* para gerar a superfície de projeção, ao invés do horopter teórico.

Tornar o modelo mais robusto incorporando outras propriedades do processamento estéreo natural.

Experimentar o modelo com outras técnicas de visualização estéreo diferentes do anaglifo.

### **Visão Humana**

Experimentos psicofísicos com pessoas observando as imagens de webcams estereoscópicas, geradas pelo programa desenvolvido na tese, para avaliar efeitos das distorções e desconforto pelas respostas dos indivíduos, e comparar com o método convencional de estéreo em câmeras paralelas.

Avaliar as respostas pupilares dos olhos, que relacionam-se com a convergência, quando pessoas observam:

- as imagens geradas pelas webcams estereoscópicas;
  - na congiguração de câmeras paralelas
  - na configuração de câmeras convergentes, com a calibração do modelo, mas com a projeção planar
  - na configuração de câmeras convergentes, com a calibração do modelo, e projetando no *DVNP*
- a mesma cena no mundo real

Estes experimentos seriam um resultado de grande valia para a computação visual.