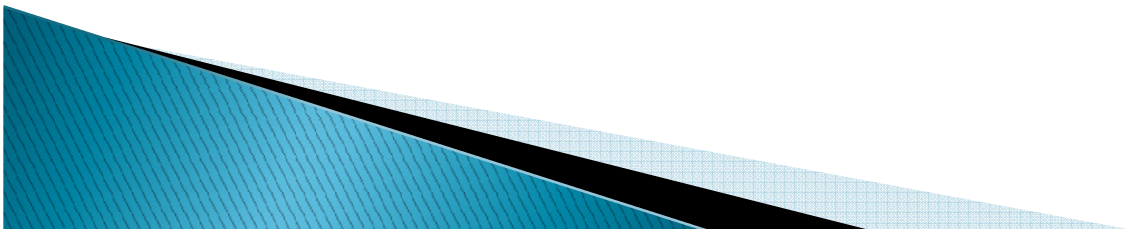


Técnicas de Navegação 3D Usando o Cubo de Distâncias

Aluno: Daniel Ribeiro Trindade
Orientador: Alberto Barbosa Raposo

Introdução

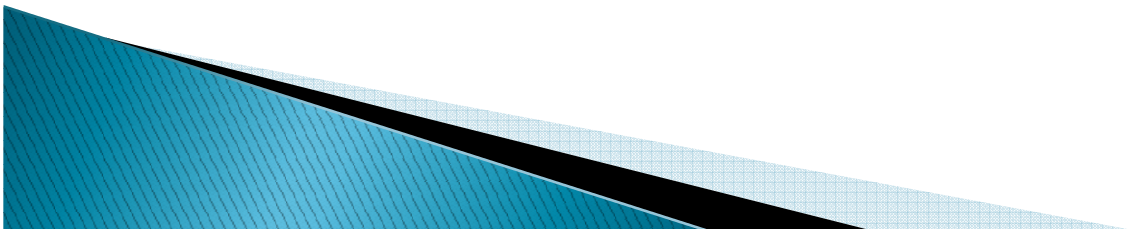
- Novas tecnologias possibilitam a criação de ambientes virtuais 3D cada vez maiores.
- *Ambientes Multiescalas*: a informação pode existir em vários níveis de detalhes – por exemplo, a cena pode conter objetos que vão desde um pequeno parafuso até campos de exploração de petróleo.
- Diversas ferramentas foram propostas para navegar nesses ambientes: Voar, Examinar, Orbit, Pan, Zoom, etc.
- Apesar das ferramentas já existentes, muitos usuários têm dificuldades com relação à navegação.



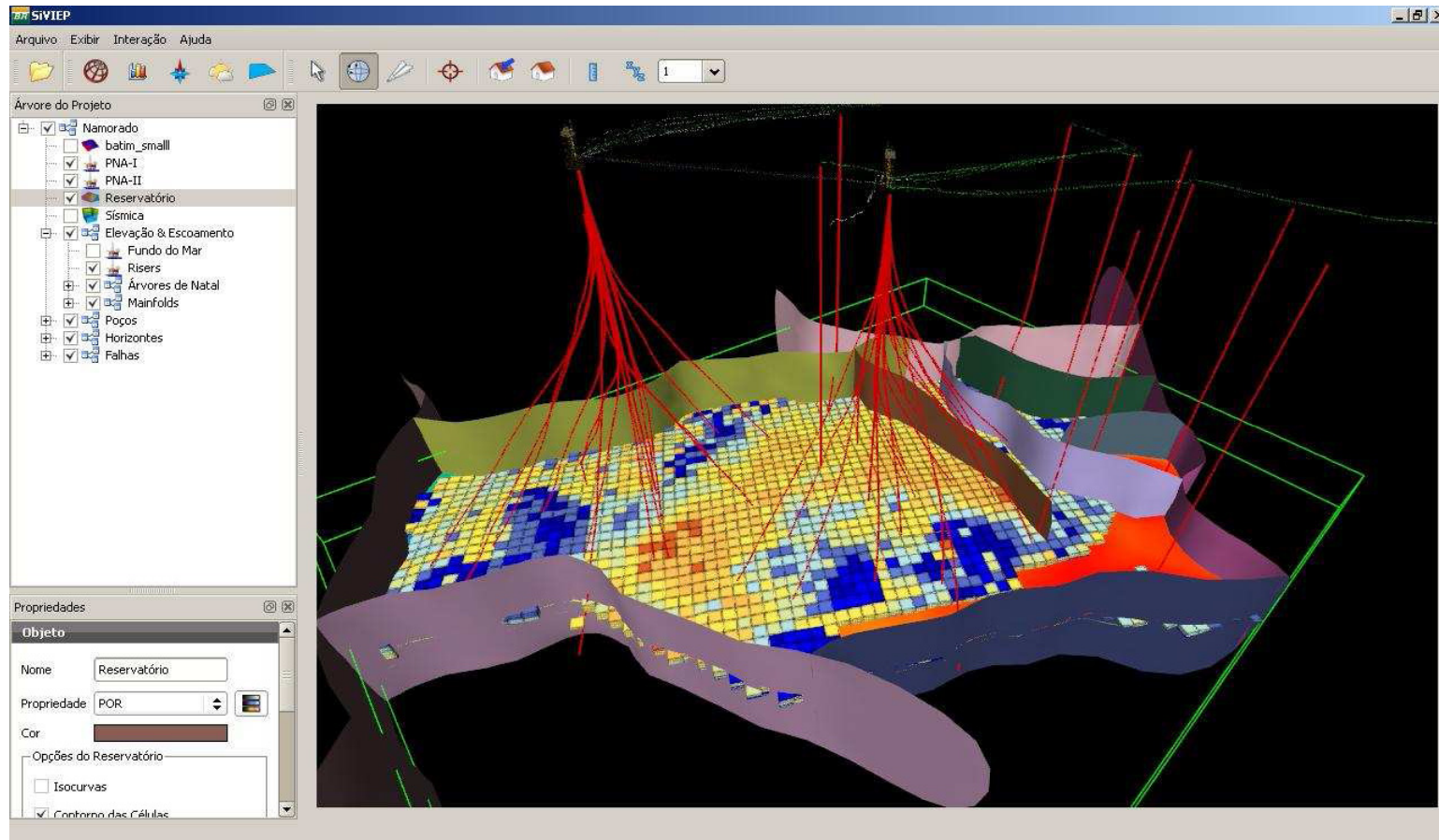
Motivação

○ SiVIEP

- Sistema Integrado de Visualização de Exploração e Produção (E&P).
- Permite visualizar de forma integrada modelos de E&P (poços, plataformas, reservatórios,...).
- Ambientes com característica multiescala.
- Navegação feita basicamente através de duas ferramentas: Examinar e Voar.



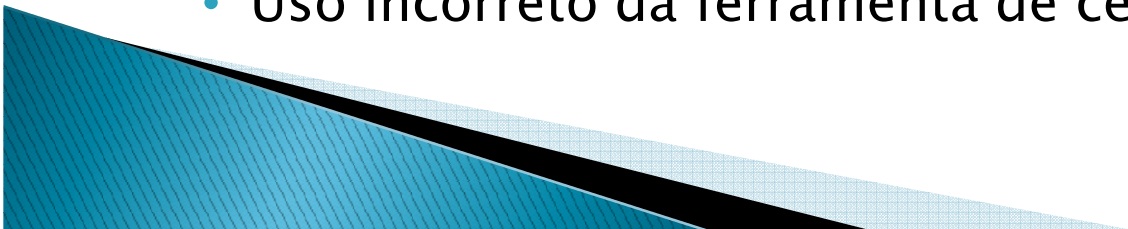
Motivação



SiVIEP: visualização de um campo de exploração de petróleo.

Motivação

- Problemas de navegação enfrentados por usuários do SiVIEP:
 - Dificuldade em controlar a velocidade de navegação ao usar a ferramenta Voar.
 - Desorientação causada por colisões entre a câmera e o ambiente.
 - Ajuste incorreto dos planos de corte criam situações confusas e efeitos indesejados na visualização.
 - Desorientação causada pela falta de informação visual ou mudança brusca na visualização.
 - Uso incorreto da ferramenta de centro de rotação.



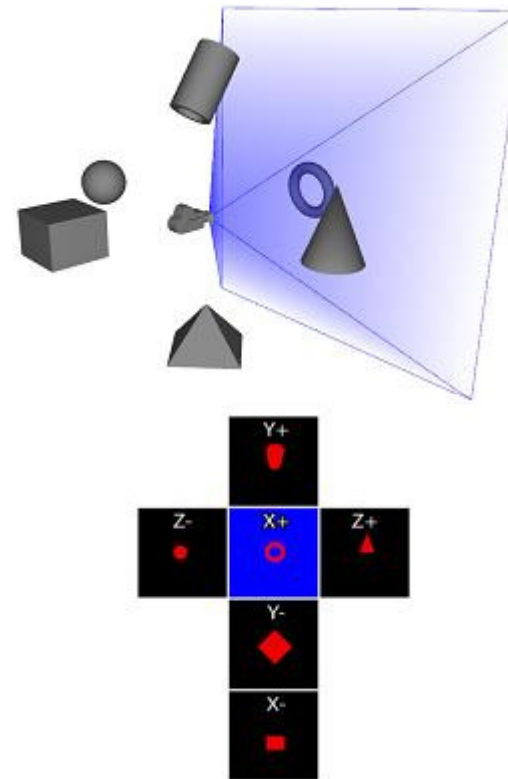
Objetivo

- Propor e implementar soluções para esses problemas, de forma a melhorar a experiência de uso da aplicação.
- Requisitos principais:
 - As soluções devem ser o mais automatizadas possíveis, de modo que exijam o mínimo de intervenção por parte do usuário.
 - Serem independentes dos tipos de modelos a serem visualizados. Ou seja, as soluções não devem se basear em características únicas de cada modelo.



Técnicas Propostas: Cubo de Distâncias

- As técnicas se baseiam na construção de uma estrutura chamada de *cubo de distâncias*.
- McCrae, J.; Mordatch, I.; Glueck, M.; and Khan, A. (2009). "Multiscale 3D navigation". In *I3D '09: Proceedings of the 2009 symposium on Interactive 3D graphics and games*.
- Armazena uma amostragem das distâncias da câmera até os objetos.
- 6 imagens representando todo o espaço, na forma de um cubo.
- O cubo é orientado em relação à câmera.
- Canais RGB armazenam um vetor normalizado que aponta do ponto correspondente ao fragmento até a câmera.
- Canal Alpha armazena a distância da câmera até o ponto.
- Calculado na placa gráfica.
- Construído em 6 passadas de renderização.



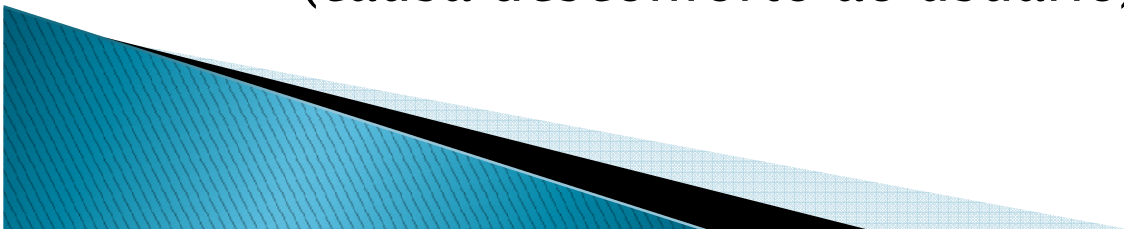
[McCrae et al., 2009]

Técnicas Propostas: Ajuste automático da velocidade de navegação

- Velocidade proporcional a menor distância armazenada no cubo de distâncias:

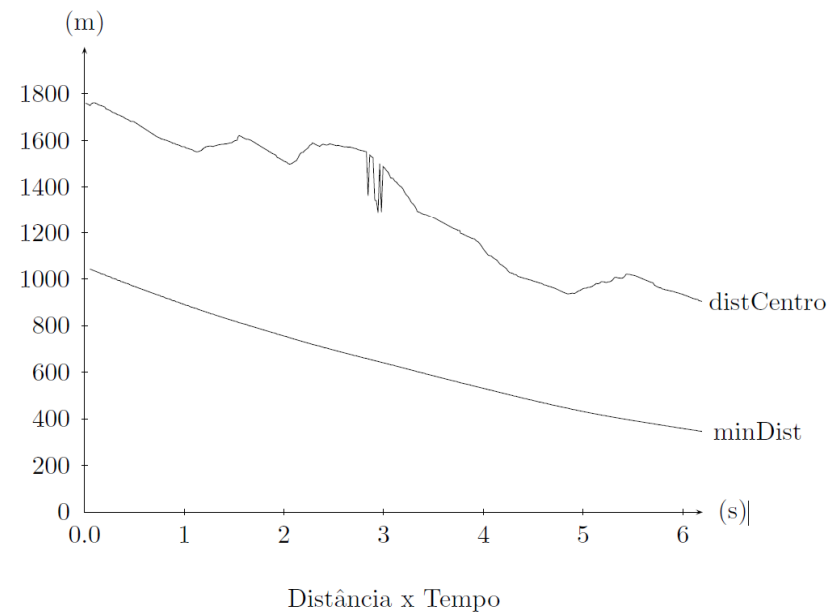
$$V = k \frac{\text{minDist}}{dt}$$

- Problemas:
 - Velocidade muito lenta ao navegar em paralelo a planos ou muito perto de objetos (minDist não reflete o real desejo do usuário em alguns casos).
 - Se k muito alto, V irá variar com mais intensidade (causa desconforto ao usuário).



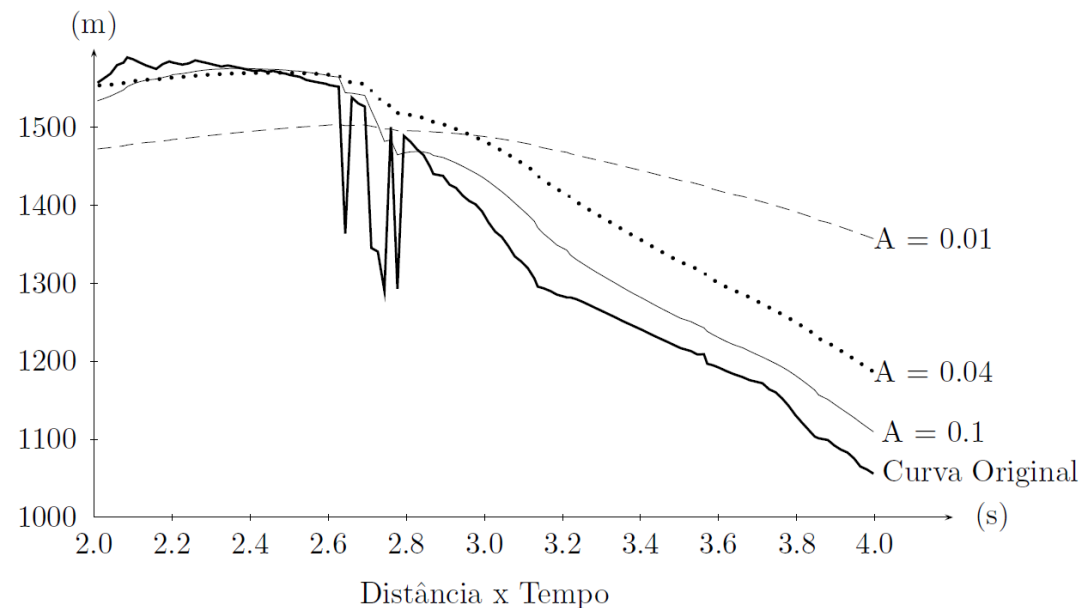
Técnicas Propostas: Ajuste automático da velocidade de navegação

- K ajustável manualmente pelo usuário: ainda houve dificuldades por parte desses.
- Usar a distância da câmera ao centro da tela (*centroDist*) ao invés de *minDist*.
- Problema: *centroDist* não forma uma curva suave e pode provocar movimentos bruscos na câmera.



Técnicas Propostas: Ajuste automático da velocidade de navegação

- Solução: suavizar a curva formada por *centroDist*
- Média Exponencial Móvel:
 - $MEM_i = MEM_{i-1} + A * (centroDist_i - MEM_{i-1})$
- *minDist* é usado como limitador de *centroDist*.
 - Se $centroDist > n * minDist$, use $n * minDist$.

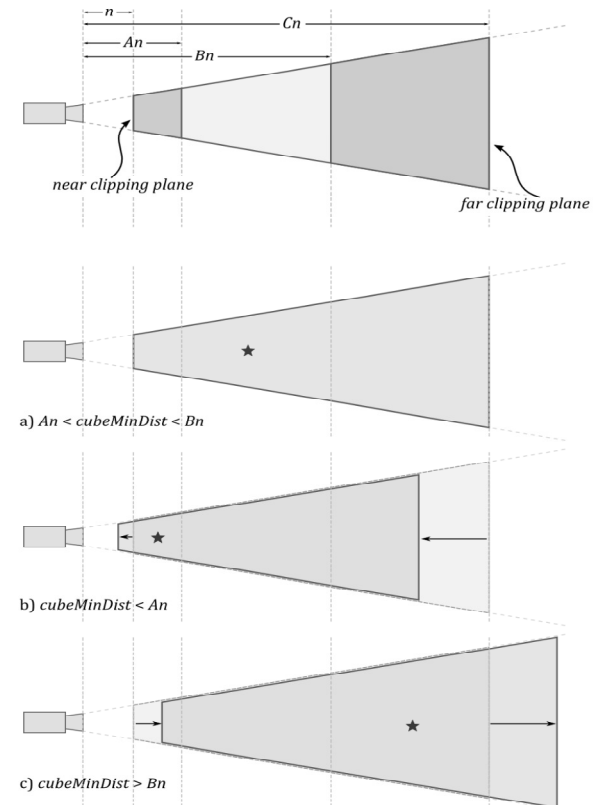


Técnicas Propostas: Ajuste automático dos valores dos planos de corte near e far

- *minDist* é usado a fim de selecionar valores ótimos para os valores de *near* e *far*
- Otimizar o uso do buffer de profundidade

$$n = \begin{cases} \alpha n & \text{se } \text{cubeMinDist} < A_n \\ \beta n & \text{se } \text{cubeMinDist} > B_n \\ n & \text{caso contrário} \end{cases}$$

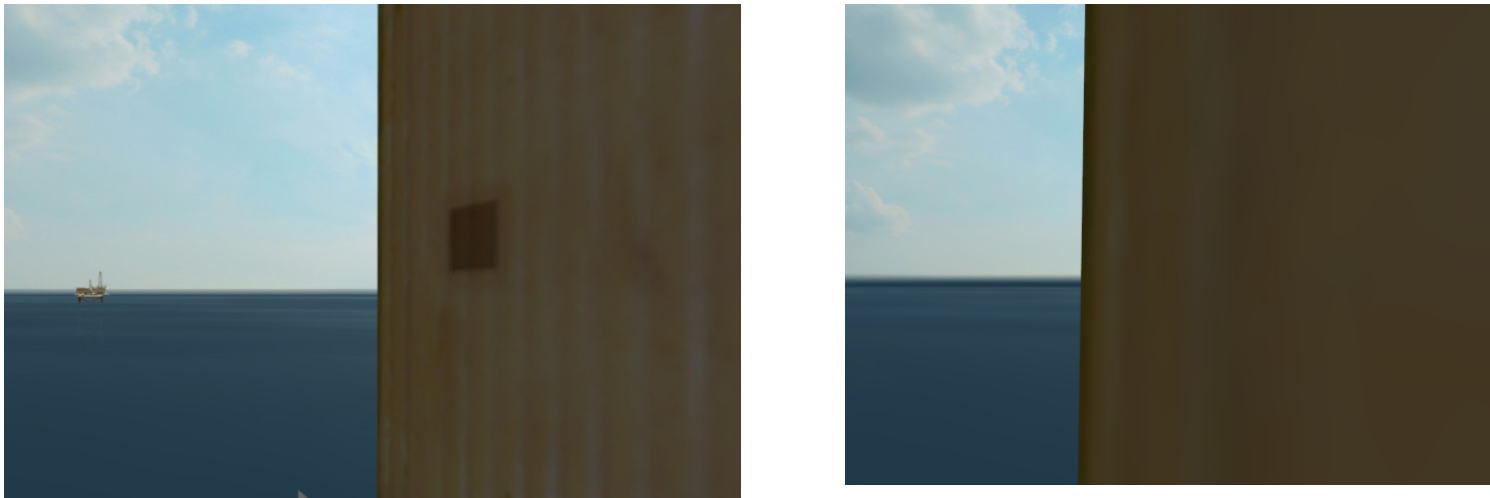
$$f = C_n$$



[McCrae et al., 2009]

Técnicas Propostas: Ajuste automático dos valores dos planos de corte near e far

- Problema:



- Observou-se que, do ponto de vista do usuário não é um problema crítico.

Técnicas Propostas: Tratamento de colisão

- O cubo de distâncias é usado para calcular um fator de repulsão:

$$F(x, y, i) = \text{penal}(\text{dist}(x, y, i)) \text{norm}(\text{pos}(x, y, i) - \text{camPos})$$

$$\text{penal}(d) = e^{\frac{(r-d)^2}{\sigma}}$$

$$F_{\text{colisão}} = \frac{1}{6 \text{cuboRes}^2} \sum_{x,y,i} F(x, y, i)$$

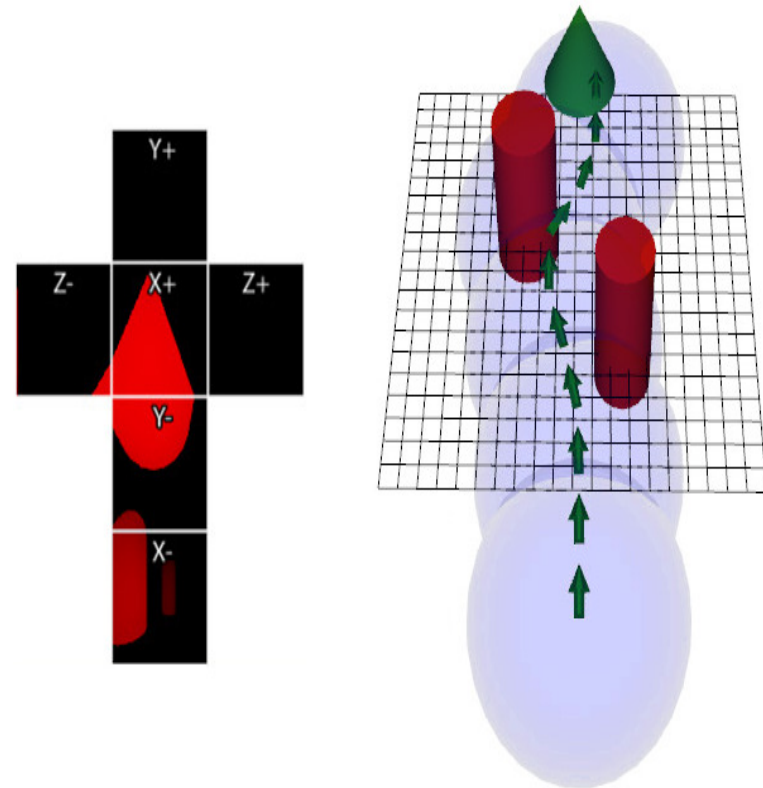
- r é o raio da área de colisão.
- σ controla a suavidade do fator.

Técnicas Propostas: Tratamento de colisão

- Esse fator é aplicado à câmera em conjunto com a ferramenta voar:

$$\text{camPos}_t = \text{camPos}_{t-1} + \text{dir} \times V_{\text{nav}_t} + F_{\text{colisão}}$$

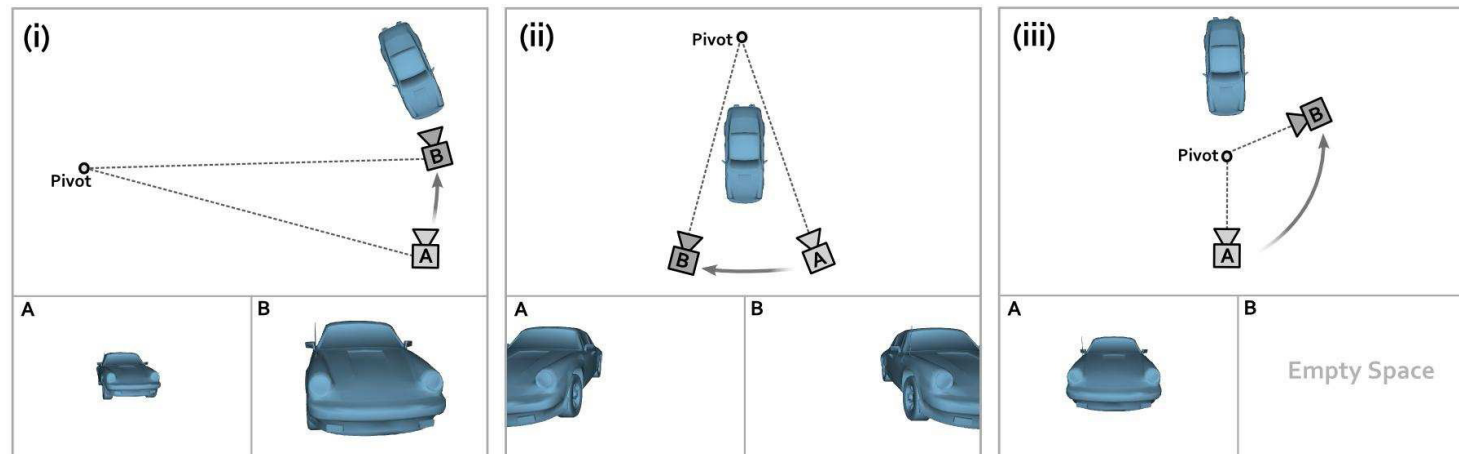
- Tem o efeito de desviar suavemente a câmera, ao se aproximar demais de um objeto.



[McCrae et al., 2009]

Técnicas Propostas: Determinação automática do centro de rotação

- O problema ocorre sempre quando o usuário inicia o uso da ferramenta Examinar.
- Muitas vezes o usuário esquece de escolher um novo centro de rotação.



[Fitzmaurice et al., 2008]

Técnicas Propostas: Determinação automática do centro de rotação

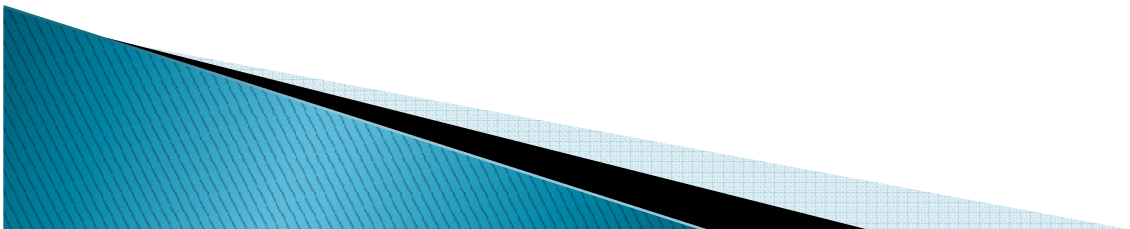
- Ao iniciar o modo *Examinar*, usar o ponto central da tela como novo centro de rotação.
- Caso o centro da tela não seja válido, usa-se o ponto que está a uma distância *minFront* a frente (garante uma rotação condizente com a escala atual).
- Se $centroDist > k * minFront$, então o centro de rotação é ajustado para $k * minFront$.

Técnicas Propostas: Restrições na Câmera

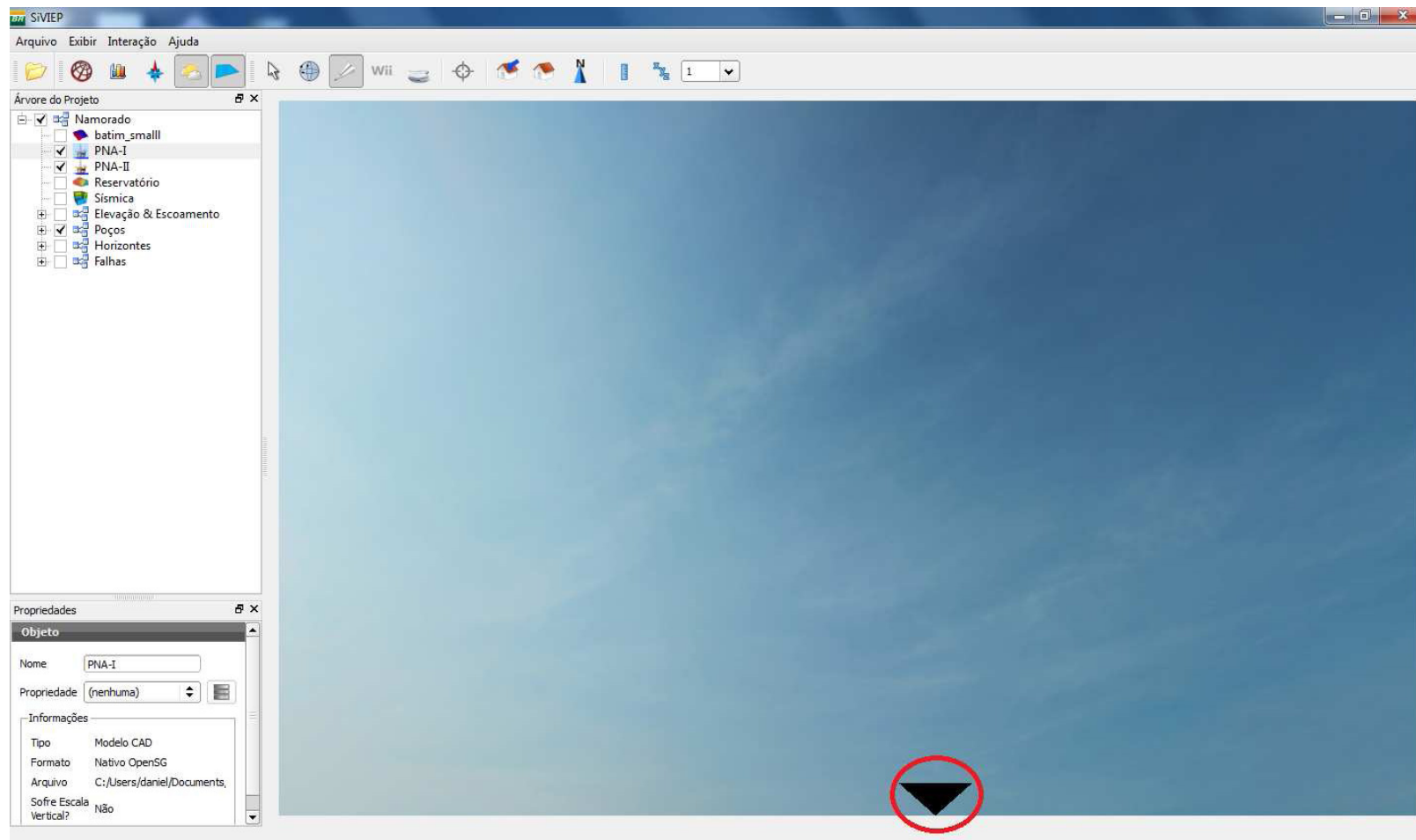
- Têm como objetivo impedir situações que possam resultar em desorientação para o usuário e, ao mesmo tempo, evitar que a câmera entre em um estado instável.
 - $near \geq 0.1$, a fim de impedir que esse plano seja ajustado para zero.
 - Caixa envolvente invisível ao usuário. Impede que a câmera se distancie demais da cena. Garante a existência de pontos válidos no cubo de distâncias

Técnicas Propostas: Seta indicadora

- Tem como objetivo indicar ao usuário onde os objetos da cena estão localizados.
- Se a face frontal do cubo de distâncias não contiver valores válidos, então o usuário não está enxergando nenhum objeto da cena.
- Quando isso acontece, é exibida uma seta que aponta para o local onde a cena se encontra.

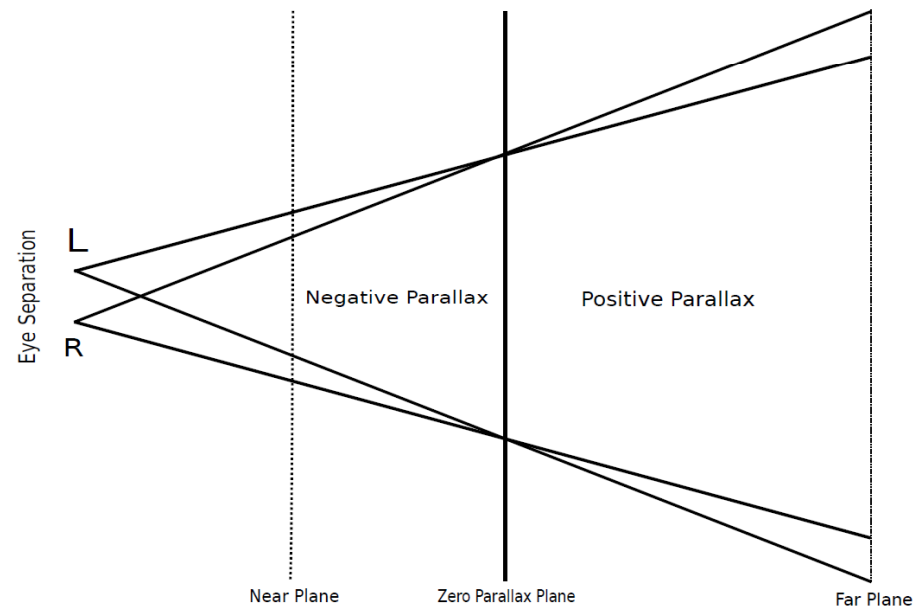


Técnicas Propostas: Seta indicadora



Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

- Um efeito de estéreo confortável exige que alguns parâmetros sejam corretamente configurados.

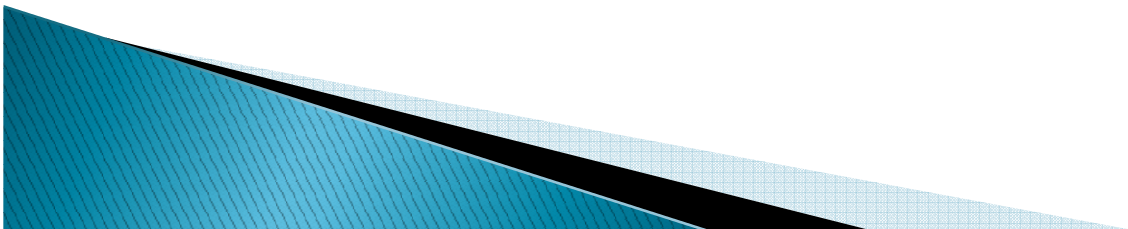


Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

- Problema da acomodação / convergência:
 - Os olhos do usuário estão acomodados para a tela, mas estão convergindo para a parallax zero criada pelas duas imagens.
 - Essa diferença causa desconforto.
 - Solução: o plano de parallax zero deve coincidir com a tela e a distância entre olhos deve ser escolhida de forma a minimizar a disparidade exagerada entre as duas imagens.

Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

- Problema clipping nas bordas:
 - Quando um objeto na parallax negativa é parcialmente clipado pelas bordas da tela, a sensação de profundidade é comprometida.
 - Solução: colocar o plano de parallax no plano de near. Entretanto, isso impede que o efeito de parallax negativa ocorra.



Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

- Em ambientes multiescala, um valor constante para a separação dos olhos causa problemas na convergência:
- Um valor muito alto para separação entre os olhos pode criar uma disparidade muito alta entre as imagens.
- Isso pode ocorrer por exemplo quando o usuário navega para locais onde a escala é menor que a anterior. Na nova escala, o valor de separação entre olhos se torna muito alto.

Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

- Solução proposta:

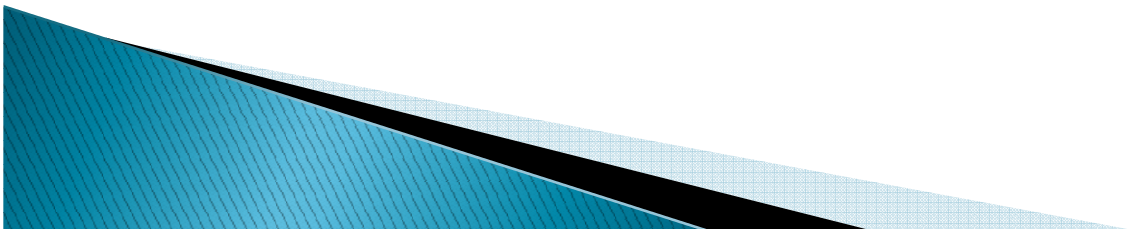
$$\text{Distpzero} = \text{minDist}$$

$$\text{EyeSep} = k * \text{minDist}$$

Onde:

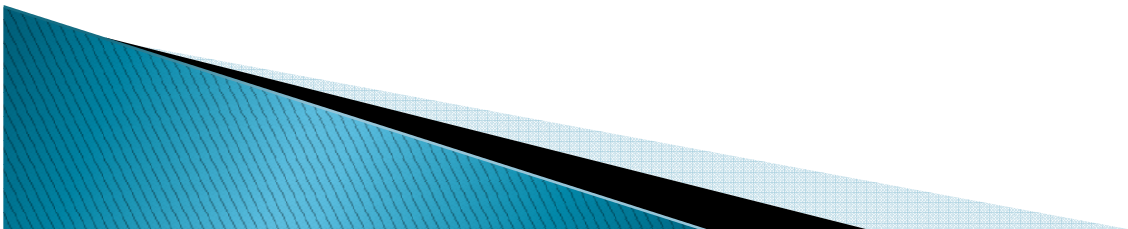
Distpzero é a distância até o plano de parallax zero.

EyeSep = separação entre olhos

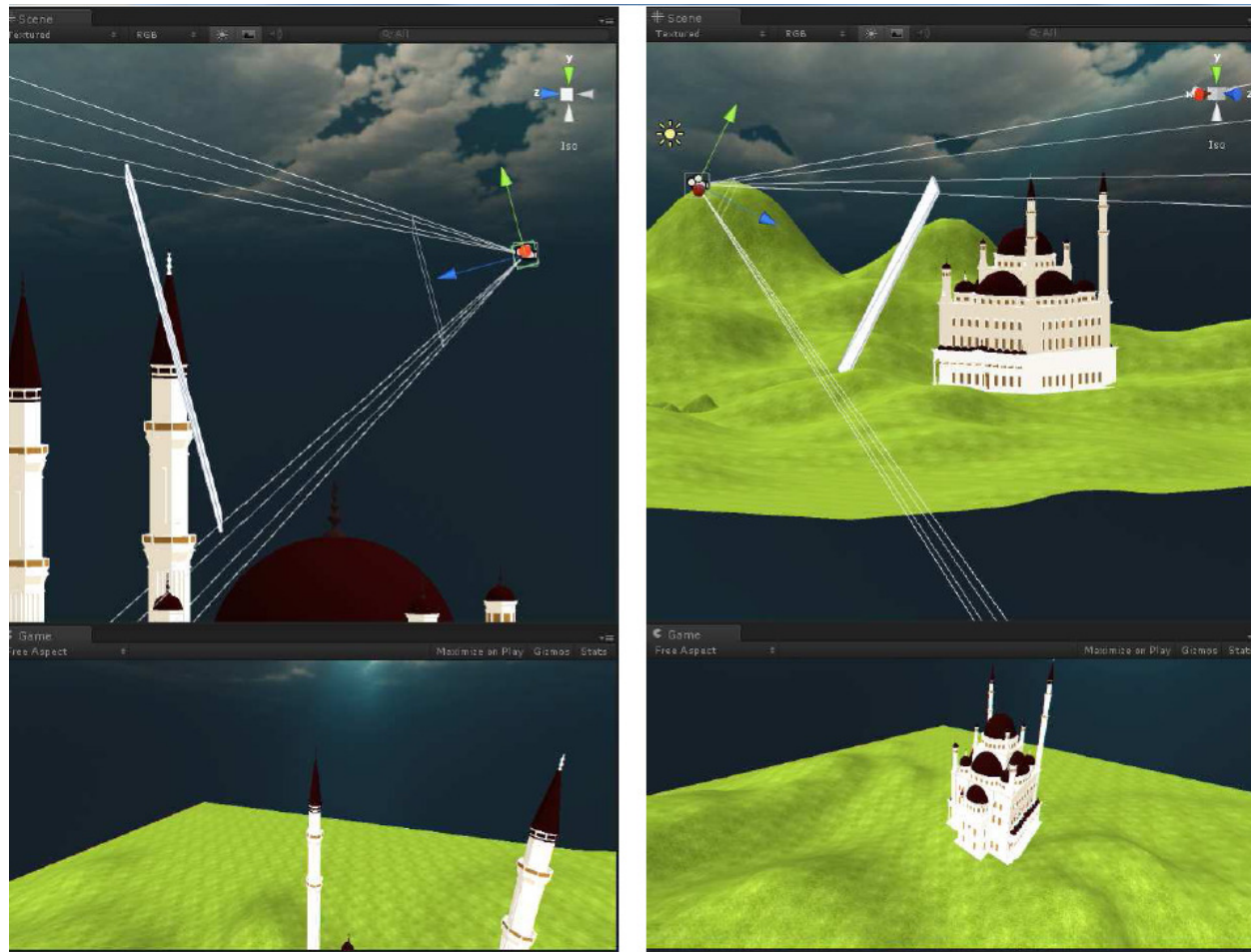


Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

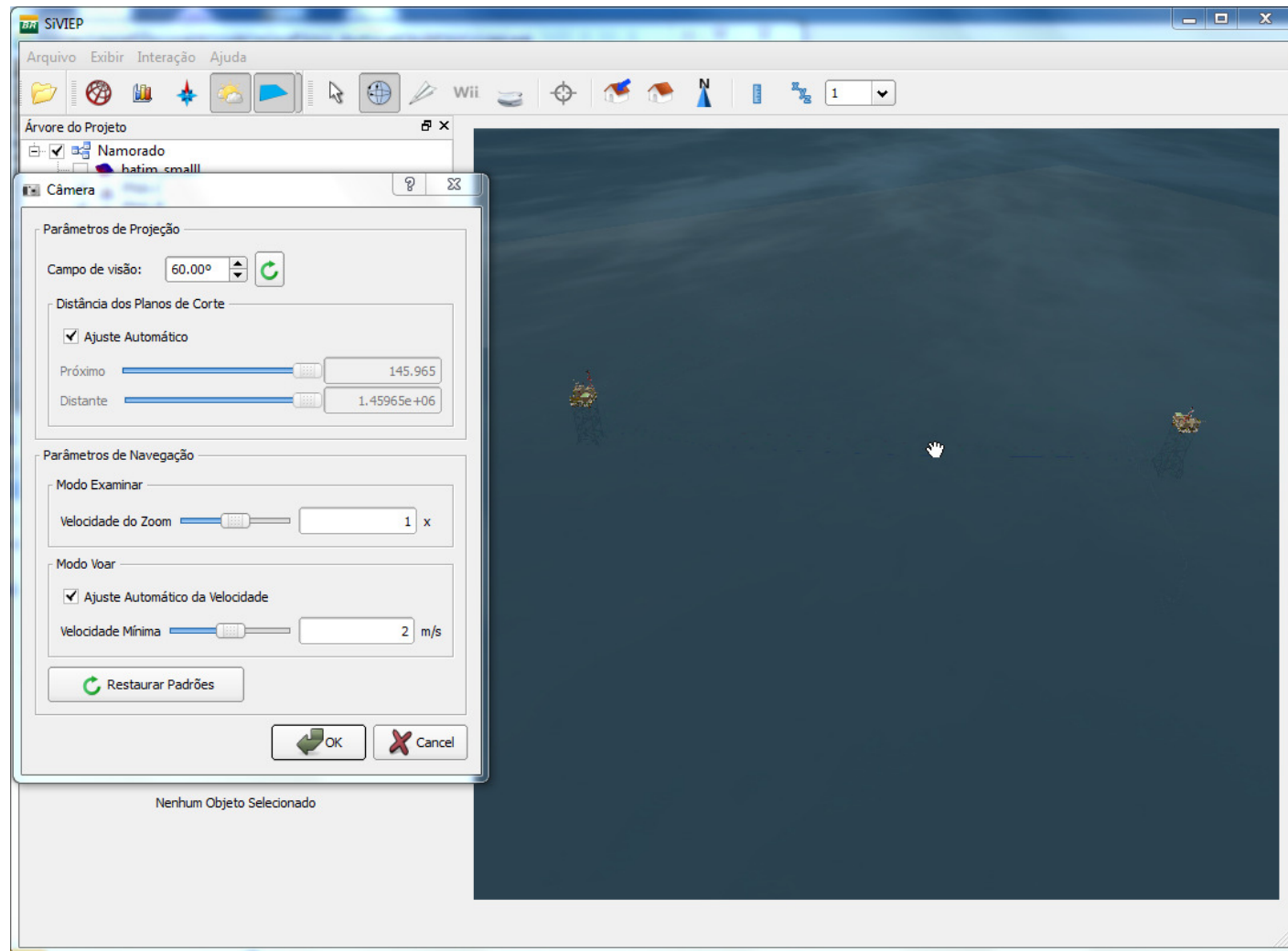
- O ajuste é feito sempre que os planos de clipping são ajustados, para evitar uma mudança muito frequente nos parâmetros de estéreo.
- Mantem os objetos na parallax positiva a maior parte do tempo.
- Leva em consideração objetos que possam aparecer pelas bordas.
- A distância entre olhos é mantida de acordo com a escala do ambiente visualizado, impedindo problema de convergência criada por disparidades muito altas.



Técnicas Propostas: Ajuste dos Parâmetros de Estéreo

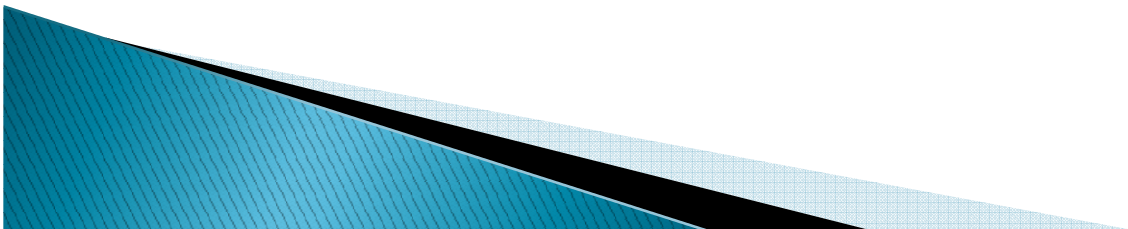


Video



Testes e Resultados

- Foram realizados dois tipos de testes:
 - *Testes de desempenho*: com o objetivo verificar o impacto das técnicas apresentadas no desempenho da aplicação.
 - *Testes de usuário*: têm como objetivo verificar a eficácia das soluções apresentadas do ponto de vista do usuário



Testes de Desempenho

| | N. de triângulos | Auto (fps) | Manual (fps) | Manual / Auto |
|-----|-----------------------|------------|--------------|---------------|
| 1 | 1.03779×10^5 | 236.923 | 728.029 | 3.071 |
| 2 | 2.07558×10^5 | 175.890 | 433.816 | 2.46 |
| 3 | 3.11337×10^5 | 130.512 | 323.661 | 2.48 |
| 4 | 4.15116×10^5 | 106.902 | 252.215 | 2.36 |
| 5 | 5.18895×10^5 | 89.831 | 207.759 | 2.31 |
| 10 | 1.03779×10^6 | 50.903 | 109.388 | 2.15 |
| 20 | 2.07558×10^6 | 29.944 | 57.866 | 1.93 |
| 30 | 3.11337×10^6 | 19.913 | 39.395 | 1.97 |
| 40 | 4.15116×10^6 | 15.388 | 29.945 | 1.95 |
| 50 | 5.18895×10^6 | 12.781 | 24.694 | 1.93 |
| 60 | 6.22674×10^6 | 10.757 | 20.815 | 1.93 |
| 70 | 7.26453×10^6 | 9.334 | 17.945 | 1.92 |
| 80 | 8.30232×10^6 | 8.165 | 15.765 | 1.93 |
| 90 | 9.34011×10^6 | 7.289 | 14.105 | 1.93 |
| 100 | 1.03779×10^7 | 6.574 | 12.748 | 1.94 |

Intel core 2 Duo 2.93 GHz
GeForce 9800
OpenSG

Testes de Desempenho

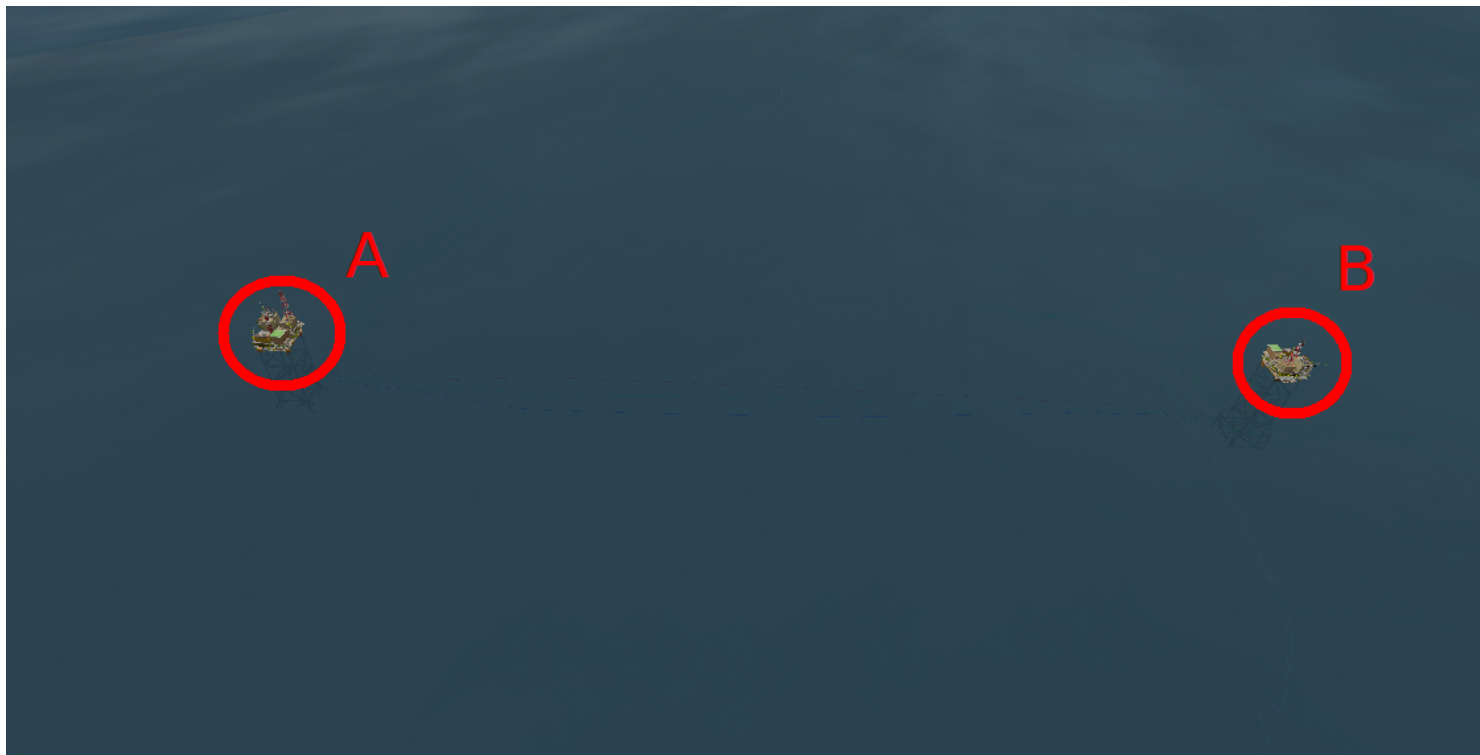
| Resolução | Com Varredura (fps) | Sem Varredura (fps) | R1 | R2 |
|-----------|---------------------|---------------------|------|-------|
| 32×32 | 270.644 | 272.323 | 1.01 | 2.69 |
| 64×64 | 238.413 | 256.103 | 1.07 | 3.05 |
| 128×128 | 179.443 | 198.978 | 1.11 | 4.06 |
| 256×256 | 88.926 | 99.852 | 1.12 | 8.19 |
| 512×512 | 30.974 | 35.826 | 1.16 | 23.53 |
| 1024×1024 | 8.765 | 10.404 | 1.19 | 83.17 |

Testes de Usuário

- Consistiu basicamente em colocar as pessoas para usar duas versões diferentes do SiVIEP:
 - Automática: com suporte às soluções apresentadas.
 - Manual: sem suporte às soluções apresentadas.
- Foram recrutadas 12 pessoas, divididas em dois grupos:
 - Usuários não-avançados (5 pessoas).
 - Usuários avançados (7 pessoas).

Testes de Usuário

- Ambiente de Teste

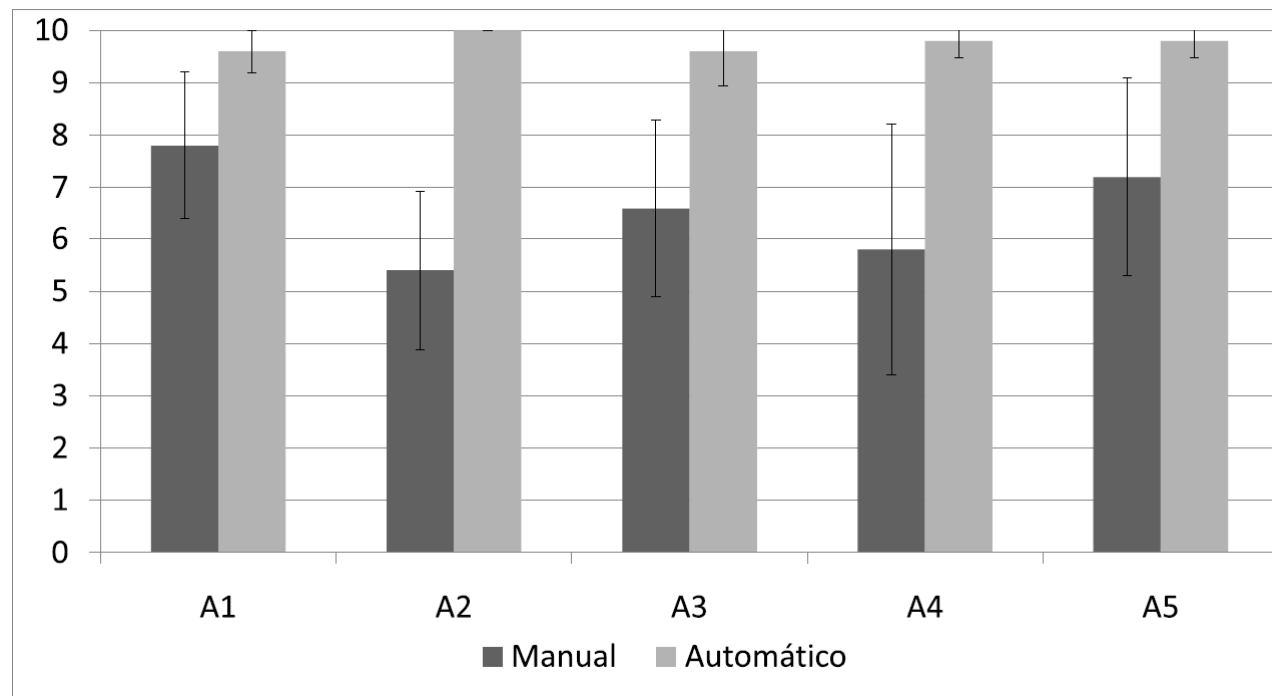


Testes de Usuário

- Depois de usar uma determinada versão, as pessoas deram notas de 1 a 10, discordando ou não com as seguintes afirmações:
 - A1: “Eu não tive dificuldades com o ajuste de velocidade da ferramenta voar”.
 - A2: “Eu consegui realizar as tarefas sem colidir com o ambiente”.
 - A3: “Eu não tive dificuldades com a ferramenta de centro de rotação”.
 - A4: “Eu não me senti desorientado em nenhum momento ao navegar pelo ambiente virtual”.
 - A5: “Eu me senti confortável usando as ferramentas de navegação.”
- No fim do testes, foram respondidas as seguintes questões:
 - Q1: “Qual das duas abordagens você gostou mais: das técnicas de navegação automatizadas ou as manuais? Por quê?”
 - Q2: “Com relação a abordagem escolhida como preferida, existe na sua opinião algo que possa ser melhorado? Se sim, o que é e por que precisa ser melhorado?”

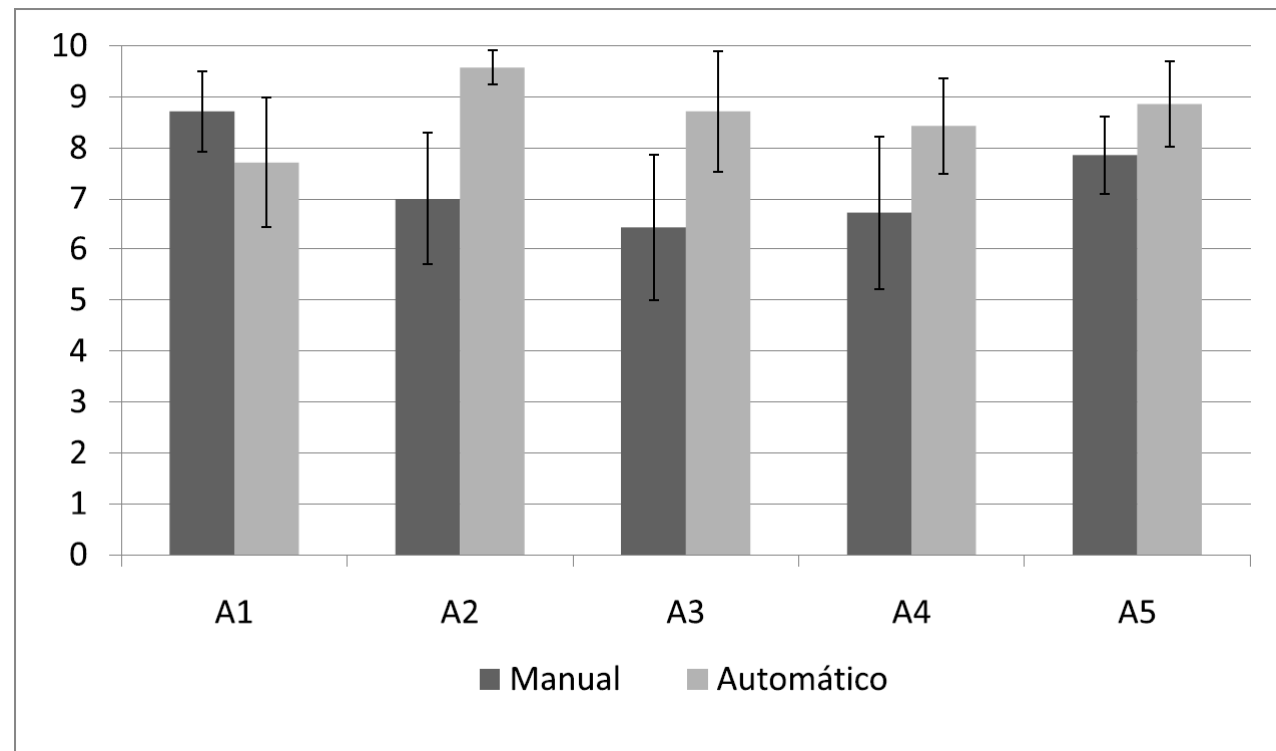
Testes de Usuário

- Resultados para o grupo dos usuários não-avanzados:



Testes de Usuário

- Resultados para o grupo dos usuários avançados:



Testes de Usuários

- De 12 pessoas, somente 1 preferiu o modo manual.
- Usuários não-avancados tiveram uma dificuldade maior com a versão manual e obtiveram um ganho maior com a versão automatizada.
- Usuários avançados foram mais críticos e contribuíram mais com opiniões de melhorias.
- Os usuários avançados querem algum tipo de controle manual que os permita realizar ajustes momentâneos na velocidade de navegação. A falta dessa funcionalidade foi causa dessa técnica ter recebidos notas menores com esse grupo.

Conclusão

- Foram apresentadas técnicas com o objetivo de facilitar a tarefa de navegar em ambientes virtuais:
 - Ajuste automático da velocidade de navegação ao utilizar a ferramenta Voar
 - Ajuste automático dos planos de corte near e far
 - Tratamento de colisão
 - Determinação do centro de rotação utilizado na ferramenta Examinar
 - Seta Indicadora
- A eficácia dessas técnicas foi verificada através dos testes realizados com os usuários.

Trabalhos Futuros

- Aprofundar o estudo de técnicas de WayFinding, com o objetivo de fornecer ao usuários novas formas de se localizar no ambiente virtual.
- Estudar novas possibilidades de uso para o cubo de distâncias.
- Estudar formas de diminuir o impacto do processamento do cubo de distâncias no desempenho da renderização.