

Algoritmos aleatórios de segmentação de malhas poliédricas 3D
Luiz Mauricio Nascimento Silva, Gabriel de Mello Loureiro, Pedro Paulo Nascimento, Cesar Alberto Bravo Pariente.

UESC - Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho
45662-900 Ilhéus, BA

Zuil.mauriciocomp@gmail.com, gabrielmelloloureiro@hotmail.com, pedro-hit@hotmail.com, cesarabravop@hotmail.com

***Abstract.** The overall objective of the project is to study randomized algorithms for segmentation of 3D polyhedral meshes. Segmenting a dataset means, in general, to separate the data according to some criterion of homogeneity. We will focus in the case of polyhedral meshes formed by triangles (called triangular meshes) and representing virtual characters. In the case of triangular meshes that represent 3D characters, segmentation, means identifying limbs of 3D character represented by the triangular mesh.*

***Resumo.** O objetivo geral do projeto é estudar algoritmos aleatórios de segmentação de malhas poliédricas 3D. Segmentar um conjunto de dados significa, em geral, separar os dados de acordo a algum critério de homogeneidade. Nós nos concentraremos no caso de malhas poliédricas formadas por triângulos (chamadas malhas triangulares) e que representam personagens virtuais. Nesse contexto segmentação, significa identificar extremidades da personagem 3D representada pela malha triangular.*

1. Introdução

Estudar algoritmos aleatórios de segmentação de malhas poliédricas 3D, nos possibilita ter mecanismos para produzir uma infraestrutura para segmentação aleatória de malhas levando em consideração a distribuição espacial dos vértices da malha. Para tratar de forma uniforme qualquer malha tridimensional que represente uma personagem 3D, foi necessário definir três pré-processamentos: centralização (consiste em deslocar o baricentro da malha até a origem de coordenadas (0,0,0)), normalização (tem como objetivo aplicar uma operação de escala proporcional nas três componentes de cada vértice da malha e alinhamento (consistiu em rotacionar a malha em torno de um dos eixos coordenados.). Por fim segmentamos a malha em um processo semiautomático usando segmentação geométrica (obtivemos os pontos correspondentes a cada um dos oito octantes) e não hierárquico (k-means) (Procuram-se de forma direta por um

agrupamento aproximadamente ótimo dos n elementos, usando como critério de proximidade a distância euclidiana).

2. Revisão Bibliográfica, Materiais e métodos.

2.1 Revisão Bibliográfica.

No artigo [(SHAMIR, 2006)], é apresentado o estado da arte em segmentação, ou técnicas de separação utilizadas em malhas de contorno.

Em [(JI *et al.*, 2006)], é apresentada uma ferramenta de corte de malha intuitivo no qual os usuários podem cortar componentes significativos de malhas.

O artigo [(SHARF *et al.*, 2006)] apresenta um modelo deformável para reconstruir uma superfície a partir de uma nuvem de pontos.

Em [(HUTCHISON; MITCHELL, [S.d.])], é descrito os principais aspectos de um sistema para realizar segmentações não triviais de malhas de superfície 3D.

Em [(KAICK; DYER, 2007)], apresenta métodos espectrais para o processamento e análise de malha, derivada de operadores adequadamente definidos para realizar as tarefas desejadas.

2.2 Materiais

2.2.1 - **Linguagem de programação c:** C é uma linguagem de programação compilada de propósito geral, estruturada, imperativa, procedural.

2.2.2 - **Malhas poligonais 3D:** Conjunto formado por vértices e faces poligonais, que juntos formam imagens 3D. Nesse trabalho o polígono que compõe as faces são triângulos. O formato usado para armazenagem em arquivos neste trabalho é o PLY no qual representamos os vértices e as faces da malha. O formato PLY foi projetado principalmente para armazenar dados de três dimensões a partir de scanners 3D. Foram retiradas de [[http: model.3dcool.net](http://model.3dcool.net)].

2.2.3 – **Algoritmos k-means:** A ideia do algoritmo K-Means (também chamado de K-Médias) é fornecer uma classificação de informações de acordo com os próprios dados. Esta classificação é baseada em análise e comparações entre os valores numéricos dos dados. Desta maneira, o algoritmo automaticamente vai fornecer uma classificação automática sem a necessidade de nenhuma supervisão humana [(GOLOVINSKIY; FUNKHOUSER, 2008)].

O algoritmo segue os seguintes passos:

Passo 1- Fornecer valores para os centroides.

Passo 2- Gerar uma matriz de distância entre cada ponto e os centroides.

Passo 3- Colocar cada ponto nas classes de acordo com a sua distância do centroide da classe

Passo 4- Calcular os novos centroides para cada classe

Passo 5- Repetir até a convergência (se da quando nenhum grupo se modifica em certa iteração do algoritmo).

2.3 Métodos

2.3.1 - **Segmentação geométrica:** A segmentação geométrica consiste em dividir os pontos da malha em agrupamentos de acordo ao octante aos quais os pontos pertencem [(FOLEY, James D. (Et al)).].

2.3.2 - **Implementação determinística do k-means:** O algoritmo k-means implementado deterministicamente consiste em inicializar os centroides com valores pré-determinados, fazendo com que os resultados obtidos para mesmas quantidades de agrupamentos sejam os mesmos. Ou seja, se executarmos várias vezes o algoritmo para o mesmo conjunto de dados, os resultados para todas as execuções serão exatamente iguais, justamente por causa da estaticidade da escolha inicial dos centroides.

2.3.3 - **Implementação aleatória do k-means:** O algoritmo k-means com implementação aleatória consiste em aleatorizar a inicialização dos centroides, ou seja, para cada execução do algoritmo os centroides serão inicializados aleatoriamente gerando resultados diferentes para cada execução. Ou seja, para cada execução os centroides serão inicializados com dados diferentes, fazendo com que para cada execução obtenhamos segmentações diferentes para o mesmo conjunto de pontos.

2.3.4 - **Método de Montecarlo:** Esse método se baseia em amostragens aleatórias massivas. Realizando simulações de um experimento um elevado número de vezes, as frequências observadas são tomadas como aproximações das probabilidades do evento de interesse. Este tipo de métodos é utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em áreas como a física, matemática e biologia. O método de Monte Carlo tem sido utilizado há bastante tempo como forma de obter aproximações numéricas de funções complexas em que não é viável, ou é mesmo impossível, obter uma solução analítica ou, pelo menos, determinística.

3. Segmentação de malhas poliédricas

O objetivo geral do projeto é estudar algoritmos aleatórios de segmentação de malhas poliédricas 3D, visto que segmentar um conjunto de dados significa, em geral, separar os dados de acordo a algum critério de homogeneidade. No caso de malhas poliédricas que representam personagens 3D, segmentação, significa identificar extremidades da

personagem 3D representada pela malha triangular 3D. Para tratar em forma uniforme qualquer malha tridimensional que represente uma personagem 3D, foi necessário definir três pré-processamentos: centralização, normalização e alinhamento. Centralização consiste em deslocar o baricentro da malha até a origem de coordenadas (0,0,0). Normalização tem como objetivo aplicar uma operação de escala proporcional nas três componentes de cada vértice da malha de modo que a altura, largura ou profundidade da malha modificada seja igual a “1”.

O alinhamento consistiu em rotacionar a malha em torno de um dos eixos coordenados. Vários algoritmos em linguagem c foram usados para auxiliar no processo de segmentação, sendo que, esse processo é semiautomatizado, primeiro obtivemos os pontos correspondentes a cada um dos oito octantes, de acordo ao sinal das coordenadas de cada vértice em cada octante, separamos os vértices pertencentes à extremidade que intersecta o octante; a união desses últimos conjuntos de interseção possibilita a identificação dos vértices em cada extremidade da personagem virtual representada pela malha 3D. Outro algoritmo, é o algoritmo não-hierarquico (k-means). A ideia do algoritmo K-Means (também chamado de K-Médias) é fornecer uma classificação de informações de acordo com os próprios dados. É considerado como um algoritmo de mineração de dados não supervisionado [(Azevedo; Aura, computação gráfica, 2003)]. A seguir a imagem 1, ilustra uma malha fora da origem, a imagem 2 ilustra uma malha não normalizada e a imagem 3 ilustra uma malha alinhada ao eixo y.

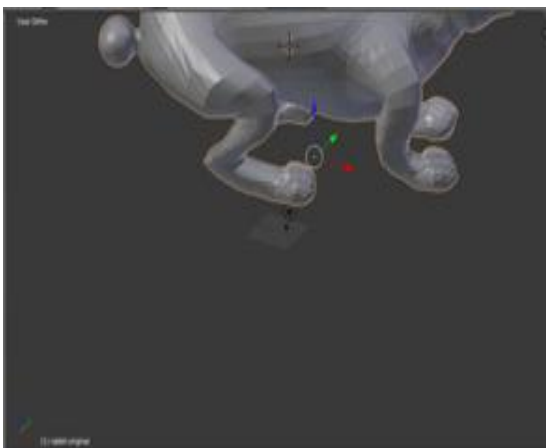


Imagem 1.



Imagem 2.

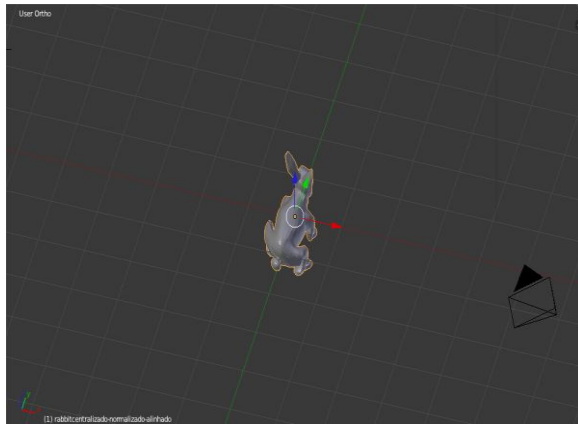


Imagem 3

4. Resultados

Foram desenvolvidas ferramentas para segmentação geométrica (8 segmentos), uma versão não aleatória do k-means (8 segmentos) e uma versão aleatória do k-means com segmentos variando de $k=2$ até $k=16$.

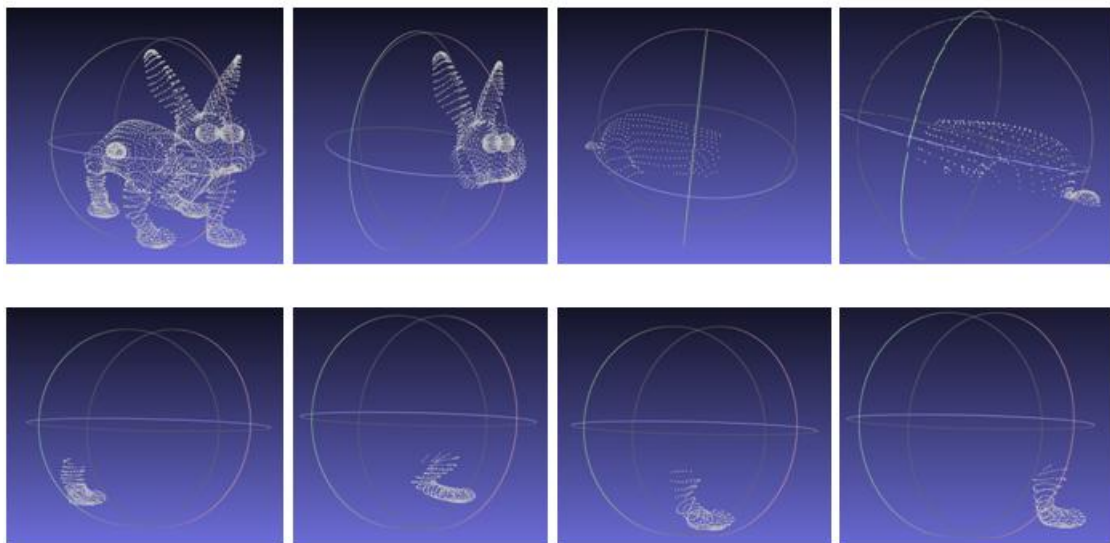


Imagem 4 - Resultados da segmentação geométrica:

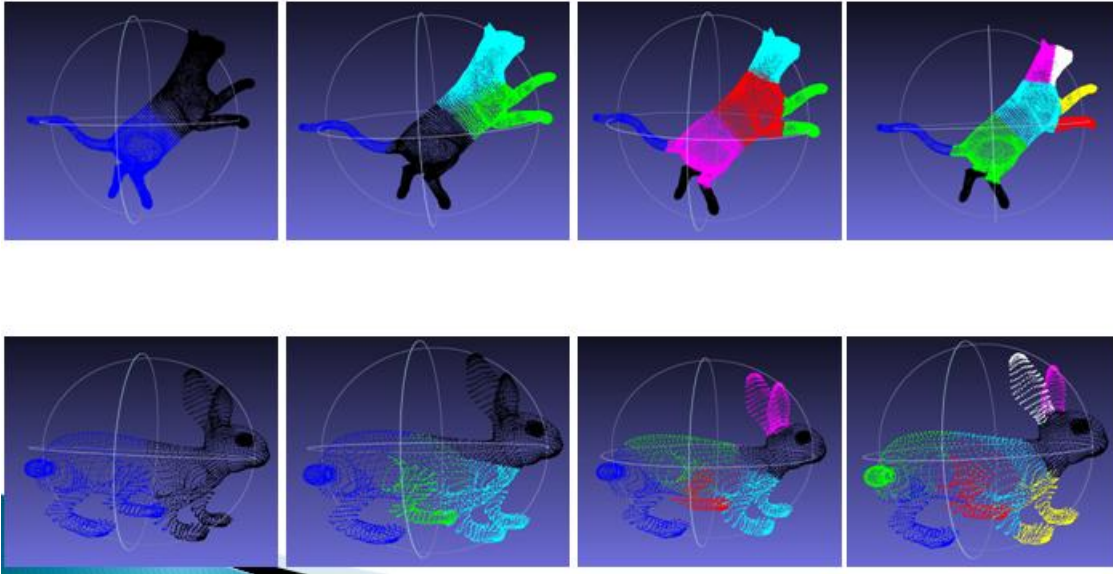


Imagem 5 - Resultados da segmentação com k-means determinístico:

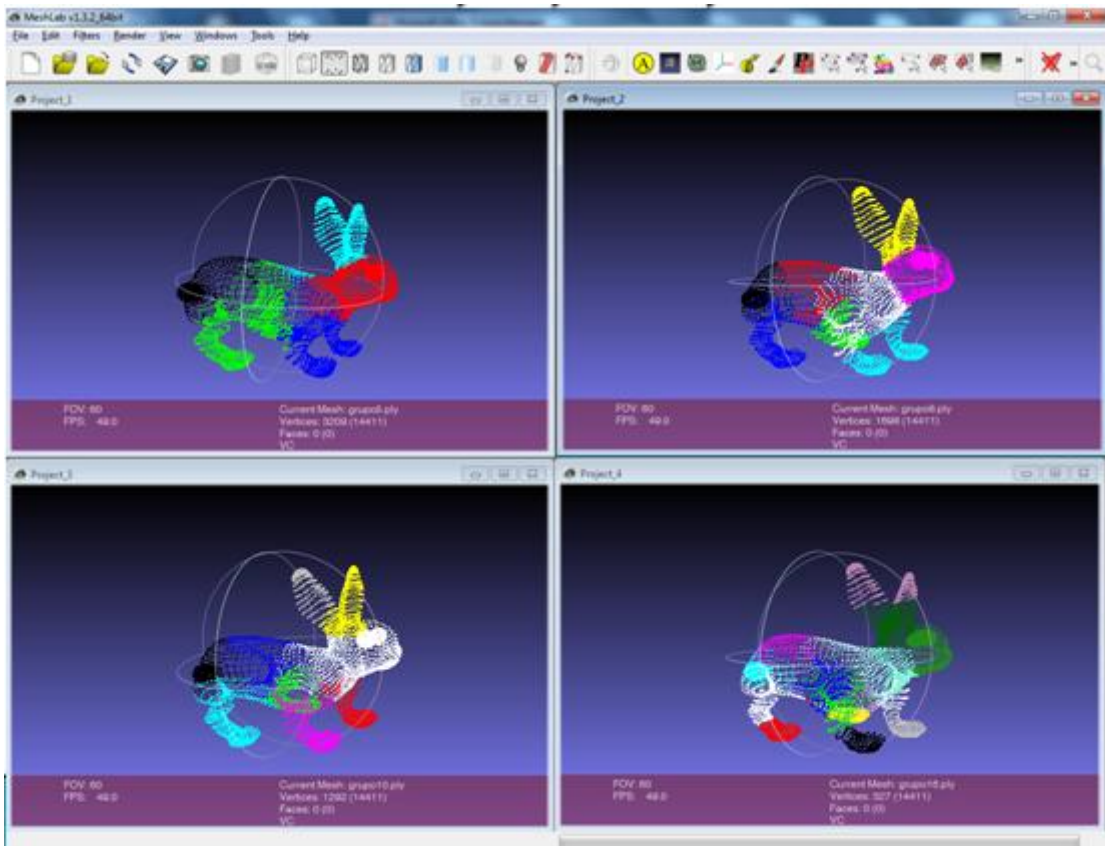


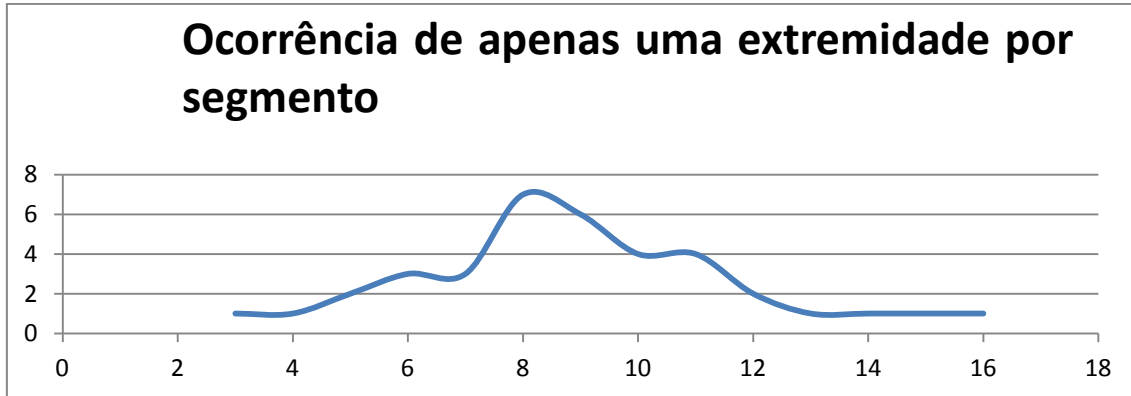
Imagem 6 - Resultados da segmentação com k-means aleatorizado (k=5, k=8, k=10, k=16):

Sendo o evento a ser observada, a ocorrência de uma extremidade em apenas um segmento (“k” é a quantidade de segmentos) e a quantidade de extremidades consideradas sendo 8 : Para $k = 5$ a probabilidade do evento é de $2/8$.

Para $k = 8$ a probabilidade do evento é de $7/8$.

Para $k = 10$ a probabilidade do evento é de $4/8$.

Para $k = 16$ a probabilidade do evento é de $1/8$.



Foram realizados experimentos com 10 malha 3D que representam um gato em diferentes posições, tendo o “k” variado de 2 até 16, a tabela abaixo mostra os resultados obtidos. Tendo como objeto de observação o evento citado a cima. Os valores indicados na tabela representa a quantidade de ocorrências do evento. Por exemplo, “ $3/8$ ”, significa que foi detectado 3 extremidades das 8 possíveis.

malhas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
malha 1	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 2	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 3	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 4	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 5	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 6	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 7	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 8	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 9	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$
malha 10	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$2/8$	$3/8$	$4/8$	$7/8$	$5/8$	$4/8$	$4/8$	$2/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$	$1/8$

Tabela 1 – Dados obtidos com a malha do gato.

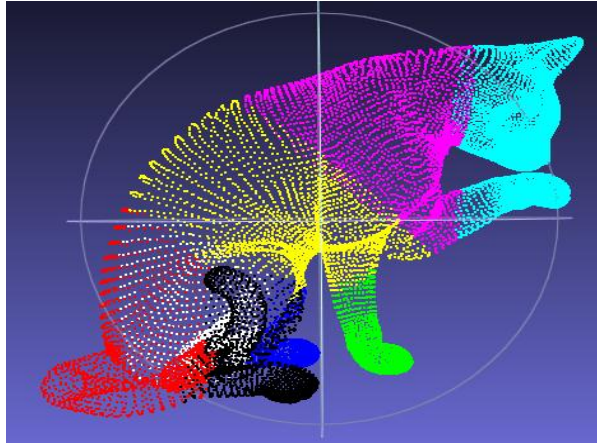


Imagem 7 - Resultados da segmentação da malha do gato com “k” = 8

O mesmo experimento foi feito para uma malha que representa um cachorro e outra malha que representa um camelo nas mesmas condições da malha acima. As tabelas abaixo exibem os resultados.

malhas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
malha 1	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 2	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 3	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 4	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	3\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 5	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 6	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	6\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 7	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 8	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 9	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	4\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 10	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8

Tabela 2 – Dados obtidos com a malha do cachorro.

malhas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
malha 1	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	3\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 2	1\8	1\8	1\8	1\8	3\8	4\8	6\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 3	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 4	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	5\8	3\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 5	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	3\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 6	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	3\8	6\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 7	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	3\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 8	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	3\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 9	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	4\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8
malha 10	1\8	1\8	1\8	2\8	3\8	3\8	7\8	5\8	4\8	4\8	2\8	1\8	1\8	1\8	1\8

Tabela 3 – Dados obtidos com a malha do camelo.

A seguir a imagem 8 é Resultado da segmentação da malha do camelo com “k” = 8. E a imagem 9 é Resultado da segmentação da malha do cachorro com “k” = 7, e

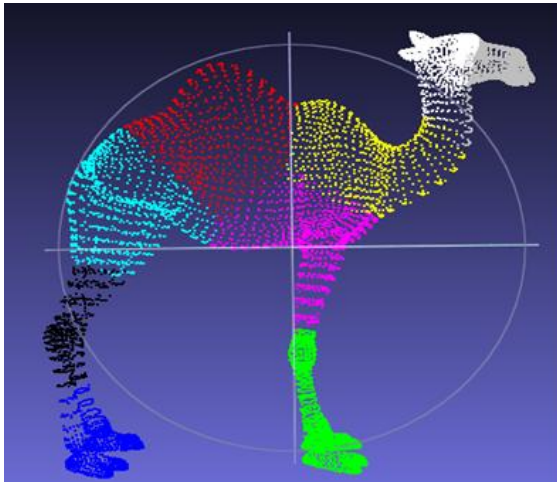


Imagem 8.

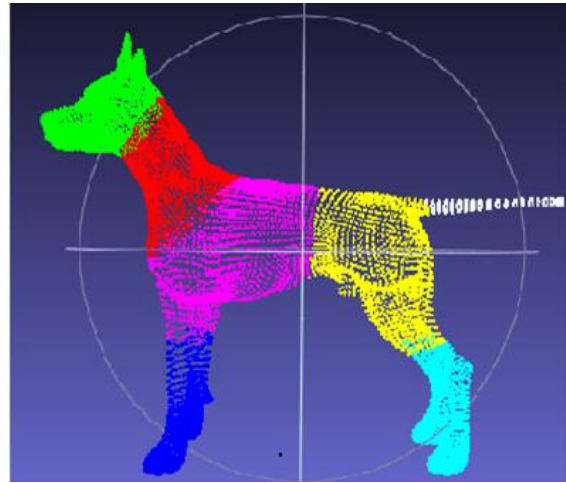


Imagem 9.

Como o algoritmo é aleatório, nota-se para um mesmo valor de “k”, uma quantidade de eventos diferentes. Porém, dentro das expectativas esperadas teoricamente.

5. Conclusão

Este trabalho teve como ênfase o estudo de representação e manipulação de superfícies por malhas poliédricas 3D (que consiste em representar e manipular conjuntos formados por vértices e faces poligonais, que formam imagens tridimensionais).

Notamos que, mesmo processando diferentes malhas, os resultados são próximos do esperado teoricamente.

Com a infraestrutura desenvolvida foram realizadas 10 simulações para $k=2$ até $k=16$ grupos com as diversas malhas já descritas acima, que mostraram, como esperado, que a distribuição da variável aleatória, que no nosso caso foi encontrar uma extremidade em apenas um agrupamento, pode ser modelada como uma distribuição de Gauss centrada quando a quantidade de segmentos coincide com a quantidade de extremidades.

6. Referências

Azevedo, Eduardo; Conci Aura. **Computação gráfica: teoria e prática**. Rio de Janeiro Elsevier, 2003.

Blender: programa de modelagem e criação de aplicações interativas em 3D.

Computer Graphics: principles and practice - 2nd. ed. in C. / 2002

FOLEY, James D. (Et al). Computer Graphics: principles and practice. 2nd. ed. in C. Boston: Addison-Wesley, 2002. 1174p. ISBN 0201848406 (enc.)

GOLOVINSKIY, A.; FUNKHOUSER, T. Randomized Cuts for 3D Mesh Analysis. 2008.

HUTCHISON, D.; MITCHELL, J. C. *Lecture Notes in Computer Science*. [S.l: s.n.], [S.d.].

JI, Z. *et al*. Easy Mesh Cutting. v. 25, n. 3, 2006.

KAICK, O. VAN; DYER, R. Spectral Methods for Mesh Processing and Analysis. 2007.

Malha Retirada de [http: model.3dcool.net](http://model.3dcool.net)

Meshlab: programa de edição e processamento de malhas triangulares.

SHAMIR, A. Segmentation and Shape Extraction of 3D Boundary Meshes. 2006.

SHARF, A. *et al*. Competing Fronts for Coarse?to?Fine Surface Reconstruction. *Computer Graphics Forum*, v. 25, n. 3, p. 389–398, set. 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-8659.2006.00958.x>>.