

Taís de Sá Pereira

**Silhuetas e Linhas Laplacianas de Nuvens de
Pontos via Reconstrução Local**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Matemática do Departamento de Matemática da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Sinésio Pesco

Rio de Janeiro
setembro de 2013



Taís de Sá Pereira

**Silhuetas e Linhas Laplacianas de Nuvens de
Pontos via Reconstrução Local**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Matemática do Departamento de Matemática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. Sinésio Pesco

Orientador

Departamento de Matemática — PUC-Rio

Prof. Dirce Uesu Pesco

Instituto de Matemática – UFF

Prof. Hélio Lopes

Departamento de Informática – PUC – Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de setembro de 2013

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Taís de Sá Pereira

Graduou-se em Licenciatura Plena em Matemática na Universidade Federal Fluminense – UFF.

Ficha Catalográfica

Pereira, Taís

Silhuetas e Linhas Laplacianas de Nuvens de Pontos via Reconstrução Local / Taís de Sá Pereira; orientador: Sinésio Pesco. — Rio de Janeiro : PUC–Rio, Departamento de Matemática, 2013.

v., 54 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Matemática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Matemática – Tese. 2. Extração de silhueta. 3. Nuvem de pontos. 4. Reconstrução local. 5. Linhas Laplacianas. I. Pesco, Sinésio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Matemática.

CDD: 510

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida e do estudo.

Aos meus pais Rui, Sonia e Walter, pelo apoio, amor e por terem me ensinado o valor de uma boa educação.

Ao meu orientador, professor Sinesio Pesco, pela paciência, tranquilidade e dedicação para me transmitir seus conhecimentos durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos da PUC-Rio Pablo, Karen e Rômulo pela companhia nesses últimos anos e, em especial, aos amigos Renata e João, por toda paciência e tempo que dedicaram a me ajudar.

Aos meus amigos e família por compreenderem minha ausência em muitos momentos e pela força que me deram para seguir em frente.

Aos meus alunos por darem mais sentido à minha vida e aos meus colegas de trabalho, em especial aos amigos da E. M. Ceará, pelo apoio durante o curso de mestrado.

Aos membros da comissão examinadora, professora Dirce e professor Hélio, pelas sugestões.

Aos professores e funcionários do departamento de Matemática por toda ajuda.

A CAPES e à PUC-Rio pelos auxílios concedidos.

Resumo

Pereira, Taís; Pesco, Sinésio. **Silhuetas e Linhas Laplacianas de Nuvens de Pontos via Reconstrução Local**. Rio de Janeiro, 2013. 54p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

No presente trabalho propomos uma nova forma de extrair a silhueta de uma nuvem de pontos, via reconstrução local de uma superfície descrita implicitamente por uma função polinomial. Esta reconstrução é baseada nos métodos *Gradient one fitting* e *Ridge regression*. A curva silhueta fica definida implicitamente por um sistema de equações não-lineares e sua geração é feita por continuação numérica. Como resultado, verificamos que nosso método se mostrou adequado para tratar dados com ruídos. Além disso, apresentamos um método para a extração local de linhas laplacianas de uma nuvem de pontos baseado na reconstrução local utilizando a triangulação de Delaunay.

Palavras-chave

Extração de silhueta; Nuvem de pontos; Reconstrução local; Linhas Laplacianas;

Abstract

Pereira, Taís; Pesco, Sinésio (Advisor). **Silhouettes and Laplacian Lines of Point Clouds via Local Reconstruction**. Rio de Janeiro, 2013. 54p. MSc. Dissertation — Departamento de Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work we propose a new method for silhouette extraction of a point cloud, via local reconstruction of a surface described implicitly by a polynomial function. This reconstruction is based on the Gradient one fitting and Ridge regression methods. The curve silhouette is implicitly defined by a system of nonlinear equations, and is obtained using numerical continuation. As a result, we observe that our method is suitable to handle noisy data. In addition, we present a method for extracting Laplacian Lines of a point cloud based on local reconstruction using the Delaunay triangulation.

Keywords

Silhouette extraction; Point cloud; Local reconstruction; Laplacian Lines;

Sumário

1	Introdução	10
1.1	Motivação	10
1.2	Contribuições	11
1.3	Trabalhos anteriores	11
1.4	Divisão da dissertação	12
2	Conceitos Básicos	14
2.1	Iluminação e Silhueta	14
2.2	Triangulação de Delaunay no plano e Diagrama de Voronoi	15
2.3	Laplaciano	17
3	Silhueta de uma nuvem de pontos via reconstrução local de malha	19
3.1	Reconstrução local de malha	19
3.2	Extração local da silhueta de uma nuvem de pontos	22
3.3	Linhas Laplacianas de uma nuvem de pontos	23
4	Silhueta de uma nuvem de pontos via superfícies implícitas	27
4.1	Reconstrução local das superfícies	27
4.2	Extração local da silhueta de uma nuvem de pontos	31
5	Resultados	36
5.1	Extração de silhueta	36
5.2	Silhueta de nuvens com ruídos	44
5.3	Extração de Linhas Laplacianas	45
5.4	Linhas Laplacianas de nuvens de pontos com ruídos	48
6	Conclusão e trabalhos futuros	52
	Referências Bibliográficas	53

Lista de figuras

1.1	Netuno: silhueta de uma nuvem de pontos	10
1.2	Silhueta de nuvem de pontos com ruídos	12
2.1	Curva silhueta.	14
2.2	Extração da silhueta em cada face de uma malha de triângulos.	15
2.3	Exemplos de silhuetas extraídas de malhas poligonais.	15
2.4	Círculo circunscrito não-vazio.	16
2.5	Triangulação de Delaunay	16
2.6	Peso das cotangentes.	18
3.1	Filtro dos pontos vizinhos.	20
3.2	Obtenção da estrela de um ponto	21
3.3	Linhas Laplacianas e silhueta.	24
3.4	Linhas Laplacianas para diferentes valores de h	25
4.1	Interseção de <i>bounding boxes</i> de pontos vizinhos	29
4.2	Método preditor corretor de Euler-Newton.	33
4.3	Silhueta local	34
5.1	Coelho: silhueta via método <i>normal threshold</i>	36
5.2	Coelho: detalhes da silhueta via <i>normal threshold</i>	37
5.3	Coelho: silhueta via reconstrução local de superfície implícita	37
5.4	Coelho: pontos da silhueta via método <i>normal threshold</i>	37
5.5	Cavalo: silhueta sem filtro, $k = 16$	38
5.6	Cavalo (pata): estrela e silhueta sem filtro, com $k = 16$	39
5.7	Cavalo: silhueta sem filtro, com $k = 12$ e $k = 7$	39
5.8	Cavalo: silhueta com filtro $\delta = 0.7$, com $k = 12$, $k = 8$ e $k = 7$	40
5.9	Mão: silhueta, com $k = 8$ e sem filtro	41
5.10	Mão: detalhes entre os dedos, $k = 15$ e $\delta = 0.5$	41
5.11	Coelho: silhueta, com $k = 10$ e filtros $\delta = 0.7$ e $\delta = 0.5$.	41
5.12	Exemplos de silhueta via reconstrução local de superfícies implícitas	42
5.13	Estratégia 2	43
5.14	Estratégia 3	44
5.15	Mão: silhueta da nuvem antes de aplicar a perturbação	44
5.16	Mão: comparação da silhueta de nuvem com ruídos ($p = 0.007$)	45
5.17	Mão: comparação da silhueta de nuvem com ruídos ($p = 0.013$)	45
5.18	Netuno: comparação da silhueta de nuvem com ruídos($p = 0.006$)	46
5.19	Netuno: detalhes da Figura 5.18	46
5.20	Manequim: comparação da silhueta de nuvem sem ruídos	47
5.21	Manequim: comparação da silhueta de nuvem com ruídos ($p = 0.025$)	47
5.22	Laplaciano considerando apenas a estrela do ponto como vizinhança	48
5.23	Dragão: Linhas Laplacianas para diferentes valores de h	48
5.24	Linhas Laplacianas de uma nuvem de pontos	49
5.25	Manequim: Linhas Laplacianas e silhueta de nuvem com ruídos	50
5.26	Netuno: Linhas Laplacianas e silhueta de nuvem com ruídos	51