**Orientação Automática na Baixa Pombalina**

## Resumo

O trabalho que aqui se apresenta incide sobre um dos assuntos mais investigados no âmbito da Visão Computacional: o problema da orientação automática. Particularmente, assume-se que neste problema apenas se dispõe de uma única imagem e que o espaço envolvente se enquadra num modelo designado por "mundo de Manhattan", o que acontece em grande parte dos ambientes interiores e exteriores urbanos, onde predominam arestas aproximadamente orientadas segundo três direcções ortogonais entre si.

Em vez de se seguir uma estratégia baseada na detecção de contornos seguida da aplicação de transformadas de Hough (tarefa difícil e computacionalmente pesada), é utilizado um modelo bayesiano que conduz à estimativa MAP (máximo a posteriori) de uma função de verosimilhança em termos da orientação da câmara, previamente parametrizada à custa de 3 ângulos.

Importa frisar que a implementação prática deste projecto surge como consequência de algumas contribuições originais a nível teórico, de onde gostaria de destacar o desenvolvimento de alguns conceitos específicos a respeito da geometria do problema, e a posterior introdução de pequenas modificações no modelo bayesiano que serviu de base. Assim, pode afirmar-se que a componente prática do projecto aqui apresentado tem raízes fortes nos aspectos teóricos que se procuraram sempre ter em vista, sendo estes a melhor justificação para o caminho seguido. Como exemplo, pode referir-se a investigação adicional do problema da estimação da orientação a partir de uma sequência de vídeo, e que, apesar de não fazer parte dos objectivos iniciais do trabalho, se julgou oportuno abordar, dadas as "portas abertas" pelos fundamentos entretanto introduzidos.

Relativamente ao problema concreto que foi dado a resolver, resta referir que o resultado final alcançado foi a implementação de um algoritmo de estimação da orientação diferente dos que foram até aqui abordados. Este novo algoritmo revelou-se capaz de obter uma taxa de sucesso próxima de 90% com uma velocidade de processamento muito razoável (que se procurou sempre optimizar), o que considero muito satisfatório. Desenvolveu-se ainda uma interface gráfica de demonstração muito simples, com o objectivo de tornar o algoritmo de estimação acessível ao utilizador comum.

---

André Martins
31 de Outubro de 2002
Instituto Superior Técnico, Lisboa

# Índice de Temas

**Lista de Figuras** **vii**

**Lista de Tabelas** **x**

**1 Introdução** **1**

**2 Análise Geométrica do Problema** **3**
2.1 Mundo de Manhattan . . . . . 3
2.2 Orientação da câmara no espaço tridimensional . . . . . 4
2.2.1 A câmara obscura . . . . . 4
2.2.2 Parametrização da orientação . . . . . 6
2.2.3 Relação entre a orientação e os sistemas de eixos . . . . . 8
2.3 O plano projectivo da imagem . . . . . 8
2.3.1 Pontos de fuga como função da orientação . . . . . 8
2.3.2 Direcção das linhas de Manhattan projectadas no plano . . . . . 10
2.3.3 Propriedades geométricas dos pontos de fuga . . . . . 10
2.4 Orientações equiprojectivas . . . . . 13
2.4.1 Solução geral do problema da orientação dada uma solução particular 13
2.4.2 Redução do intervalo onde se garante uma solução particular . . . 14
2.5 Análise da câmara em movimento . . . . . 15
2.5.1 Rotações . . . . . 15
2.5.2 Variação da orientação da câmara na hipótese de pequenas rotações 16

**3 Extracção de Informação de uma Imagem** **18**
3.1 Introdução . . . . . 18
3.2 O gradiente da intensidade luminosa . . . . . 18
3.2.1 Pré-filtragem gaussiana . . . . . 18
3.2.2 Filtros de Prewitt e de Sobel . . . . . 19
3.3 Quantificação do módulo do gradiente . . . . . 22
3.3.1 Motivação . . . . . 22
3.3.2 Quantificação uniforme . . . . . 23
3.3.3 Quantização não uniforme com saturação . . . . . 24
3.4 Exclusão selectiva de pixels . . . . . 25
3.4.1 Exclusão de pixels com módulo de gradiente reduzido . . . . . 25
3.4.2 Exclusão de pixels redundantes na vizinhança de contornos (non maxima supression) . . . . . 26

**D Resultados experimentais para a estimação da orientação** **78**
D.1 Imagens de interiores . . . . . 78
D.2 Imagens de exteriores . . . . . 82
D.3 Estimações incorrectas . . . . . 88

**Referências** **91**

D.15 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem da Praça da Figueira, na Baixa Pombalina (Ext06) . . . . . 84
D.16 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem da Praça da Figueira, na Baixa Pombalina (Ext07) . . . . . 84
D.17 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem da Praça da Figueira, na Baixa Pombalina (Ext08) . . . . . 84
D.18 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem desenhada da Baixa Pombalina (Ext09) . . . . . 85
D.19 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem do Rossio, na Baixa Pombalina (Ext10) . . . . . 85
D.20 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem do Rossio, na Baixa Pombalina (Ext11) . . . . . 85
D.21 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem do Rossio, na Baixa Pombalina (Ext12) . . . . . 86
D.22 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem do Rossio, na Baixa Pombalina (Ext13) . . . . . 86
D.23 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem da Rua de Santa Justa, na Baixa Pombalina (Ext14) . . . . . 86
D.24 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem da Rua de Santa Justa, na Baixa Pombalina (Ext15) . . . . . 87
D.25 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma vista aérea da Baixa Pombalina, virada para Norte (Ext16) . . . . . 87
D.26 Estimação da orientação e classificação de contornos para uma imagem aérea da Baixa Pombalina, virada para Sul (Ext19) . . . . . 87
D.27 Exemplos de estimações incorrectas: imagens Int09 e Ext04. . . . . 88
D.28 Exemplos de estimações incorrectas: imagens Ext17 e Ext18. . . . . 88
D.29 Funções de verosimilhança na estimação da orientação para a imagem Int06 89
D.30 Funções de verosimilhança na estimação da orientação para a imagem Int09 90

# Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu agradecimento a todos aqueles que contribuiram para a realização deste projecto, começando pelo orientador Prof. Pedro Aguiar e respectivo acompanhante Prof. Mário Figueiredo, e não esquecendo as ajudas preciosas do Prof. Paulo Almeida, da Sarah Almeida e do Ricardo Reis. É também imperativo não esquecer a participação do meu colega Bruno Henriques nos primeiros meses da realização deste trabalho.