

# Algoritmos de Visão Computacional Aplicados ao LEGO Mindstorms EV3

Projecto: Nº44

Proponente: Professor Miguel Coimbra

Autor: Luís do Nascimento Carneiro Paiva Adães (up200603370)

## I Enquadramento

Este Projecto tem por tema a Integração de Algoritmos de Visão computacional com a plataforma LEGO Mindstorms EV3.

Tendo esse tema por base, foi desenvolvida uma aplicação em C# com a biblioteca Open CV que, integrada com uma câmara por IP e o Robot, é capaz de detectar objectivos definidos pelo utilizador, obstáculos e construir um mapa representativo dos movimentos concretizados pela câmara associada, implementando um sistema simplista de condução autónoma.

## II Resumo de Actividades

Este Projecto divide-se entre duas temáticas: a Odometria Visual e a Análise da Imagem aplicada á detecção de obstáculos.

Odometria visual: entenda-se como auto localização – são identificados conjuntos de pixeis que se destaquem pela sua unicidade e é acompanhado o seu deslocamento ao longo do tempo produzindo um fluxo óptico do qual são extraídas informações como translação e rotação permitindo criar um mapa representativo dos movimentos adoptados pelo Robot (esta componente teve *colaboração* com as bibliotecas disponíveis no site [opendlam.org](https://opendlam.org) que forneceu bases de trabalho, videos de teste, ideias, fórmulas e funções essenciais à concretização deste projecto).

A Detecção de Objectivos: seguindo em linha do pensamento anterior e sendo fornecida uma imagem, a aplicação é capaz de identificar a sua presença.

A Detecção de objectos: Foi efectuada uma técnica “mista” que difere das aproximações tradicionais com vista a obter uma performance satisfatória.

Conexão com a API desenvolvida pelos alunos Edgard Quirino e Mário Pereira para desenvolvimento de uma Inteligência Artificial básica.

Por último, estas componentes foram combinadas numa interface que procura ter valor académico proporcionando o máximo de informação para que se compreenda o que está a ser feito ao analisar a imagem obtida no momento.

### III Resultados Esperados

Nº	Resultado Esperado	Comentário
1	Odometria Visual (mapa)	Funciona com outliers esperados mas não prejudiciais à percepção desejada
2	Detecção de Objectivos	Funciona em Pleno
3	Detecção de Obstáculos	Funciona em Pleno
4	Integração com o LEGO	Funciona em Pleno
5	Inteligência Artificial	Não era um Objectivo prioritário, mas foi implementada de forma simplificada

### IV Milestones

Nº	Milestone	Data Esperada	Data Efetiva	Comentário
1	Detecção de Objectivos	19/04/2014	19/04/2014	Cumprida sem atrasos
2	Movimento autónomo	18/05/2014	27/05/2014	Embora a aplicação fosse capaz de promover o movimento autónomo desde 17/05/2014 apenas a 27/05/2014 é que houve contacto com o robot validando essa milestone
3	Aplicação Final	25/05/2014	27/05/2014	A aplicação encontra-se terminada desde 21/05/2014 mas apenas a 24/05/2014 é que houve validação.

Comentário: Havia uma folga de 14 dias para prevenir complicações inerentes à natureza deste projecto. Essa folga foi necessária e de certa forma excedida por uma gestão de agenda ineficaz que adiou o contacto com o Robot(disponível dois dias por semana). Embora não comprometendo a entrega final, tal desfazamento face às datas impostas surgiu como uma chamada de atenção ao autor deste projecto para um maior rigor para com a sua gestão de tempo.

## **V Alterações ao Plano Inicial:**

Quando a aplicação foi idealizada, e por idealizada entenda-se “sem qualquer noção de possíveis quebras no desempenho causadas pela análise da imagem” havia o objectivo de, no mapa, marcar os obstáculos e a movimentação do Robot ser desencadeada pela análise desse mapa e não por reações instantâneas ao que está a captar no momento.

Essa abordagem permitiria ao robot definir pontos oclusos como regiões de interesse e a sua movimentação ser inteligente e não reactiva.

No entanto, a perda de frames por segundo proveniente da análise da imagem captada associada à transmissão de dados via IP produzem um mapa que embora fiável para visualização de trajectória não é fiável para concretizar a navegação.

Solucionar este problema implicou alterar a aplicação final, ritmo e forma de trabalho.

O desfazamento face às datas impostas já foram discutido na secção anterior.

## **VI Desenvolvimento do trabalho:**

A metodologia de trabalho adoptada: Sendo que o Robot se encontrava disponível 2 dias por semana foi utilizado um video de teste para que o trabalho pudesse ser desenvolvido num ritmo diferente mais conciliável com a minha agenda.

Foi desenvolvida toda a aplicação e só no final foram executadas as ligações ao Robot com base no trabalho desenvolvido pelos alunos Edgard Quirino e Mário Pereira.

Embora a decisão de não manter uma relação estreita com o robot não seja aconselhável a existência da biblioteca desenvolvida pelos alunos anteriormente referidos garantia possibilidade de efectuar as ligações necessárias ao resultado final – Sem essas garantias as ligações ao robot teriam de ser uma tarefa prioritária;

O desenvolvimento deste trabalho processou-se por 4 fases principais:

1 Estudo Teórico: Dada a experiencia inexistente na área de visão computacional a primeira fase foi composta pelo estudo de noções básicas e por buscas na área de navegação autónoma. Foram preparadas as bibliotecas a utilizar (Open CV e Emgu).

Foram tidas como apoio diversas bibliotecas do site [opengl.org](https://opengl.org) que foram estudadas e revistas e integradas nesta aplicação e sem as quais o trabalho teria sido “impossível”.

2 Detecção de Objectivos: A implementação da detecção de Objectivos foi implementada para que fosse obtida alguma familiarização com a biblioteca Open CV e com a linguagem C#. Nesta fase foi implementada a detecção de uma capa de Banda Desenhada numa imagem estática dado que o grau de detalhe permite que seja identificada inequivocamente.

3 Mapeamento: Com auxílio dos artigos e códigos do site [opengl.org](https://opengl.org) foi desenvolvido o Mapeamento tendo por base um vídeo de teste; Deste modo foi “fácil” validar os resultados obtidos pela aplicação e realizar testes abdicando da presença do Robot;

Há que acrescentar que a esta altura não havia problemas com quebras nos frames por segundo.

4 Detecção de Obstáculos: Numa primeira instância a detecção de obstáculos efectuava uma análise pixel por pixel da imagem obtida separando o chão dos obstáculos mediante determinados valores de intensidade, tom e saturação de uma referência (chão imediatamente à frente da câmara). No entanto, esta abordagem causava uma quebra de cerca de 10 fps já que eram analisados por execução 1280x720 pixels.

Houve então a necessidade de reduzir o número de pixels a serem analisados ou adoptar uma análise exclusiva do fluxo ótico. Foi experimentada a segunda opção, no entanto esta abordagem assume velocidade constante não sendo viável para os meus objectivos nem nesta plataforma.

Como abordagem final e cumprindo o objectivo de reduzir o número de pixels sujeitos a análise foi reduzido o espaço de dados utilizando apenas os pontos que compõem o fluxo ótico e cuja cor (tom, intensidade e saturação) pouco ou nada divergem do histograma que representa a cor do chão imediatamente à frente da câmara conseguindo efectuar a distinção entre chão e obstáculos com 1000 px ao invés de utilizar 1280x700px.

5ª Fase: Ligações e Teste com o Robot: Nesta fase apenas foi confirmado que a ligação ao robot via bluetooth funcionava, bem como a ligação por IP com a Câmara.

Os testes com o robot ficaram reduzidos ao teste das ligações e testes relativos a mapas e detecção de obstáculos foram executados através de vídeos introduzidos na aplicação.

Numa análise final considero que o método de trabalho foi o certo e a solução de utilizar um vídeo de teste como substituto do Robot “engenhosa” à falta de melhor termo. No entanto foi arriscado, na medida em que deveria ter havido da parte do autor um maior esforço por conciliar agendas e desenvolver o projecto com um maior contacto directo com o LEGO.

## VII Resultado Final

A aplicação final produzida como protótipo ou ferramenta de aprendizagem cumpre todos os requisitos: efectua a criação do mapa que, embora com um determinado grau de desvio, é satisfatório e detecta objectivos e obstáculos;

A possível independência do Robot utilizado surge, em minha opinião, como uma mais valia embora essa independência não tenha sido planeada ou tida como objectivo;

O foco principal era implementação de Algoritmos de Visão Computacional, e esse foi cumprido, no entanto, é de lamentar que os testes com o Robot não tenham sido mais extensos e que a Inteligência Artificial necessite de um toque de “inteligência”;

Não obstante dos problemas menores existentes considero-me bastante satisfeito com o trabalho desenvolvido, principalmente da solução encontrada para detectar obstáculos mantendo a cadência de frames por segundo, assegurando uma boa performance da aplicação.

## **VIII Pontos Fracos:**

A aplicação desenvolvida não tira partido do processador gráfico ou da existência de vários Núcleos, como efeito resultante dessa “política” proveniente da falta de conhecimento, a criação do mapa em conjunto com a detecção de objectivos e obstáculos produz uma perda de frames por segundo gerando “outliers” na criação do mapa.

Esses “outliers” são facilmente identificáveis e não podem ser erroneamente tomados como o trajecto do robot, no entanto impedem a obtenção de estatísticas credíveis como kilometragem ou afastamento da posição inicial.

Havendo uma perda de frames por segundo o robot tomará decisões tendo por base informação datada e num possível contexto profissional futuro não podem ser admitidas decisões tomadas com base em informação atrasada.

A nível académico estes pontos fracos podem ser considerados esperados, mas como já foi referido, num contexto profissional tais falhas não poderiam ser admitidas.

## **IX Pontos Fortes:**

O cariz académico da aplicação permite ao utilizador visualizar o que o robot vê e os dados que o auxiliam na sua tomada de decisão (fluxo óptico, detecção de objectivos e objectos), produzindo informação relevante para quem monitoriza o robot ou efectue um estudo na área..

A aplicação não necessita de estar conectada com um LEGO Mindstorms para funcionar, ou seja, é possível conectar uma qualquer camara via IP e com a informação facultada pela aplicação é possível mapear e monitorizar os movimentos dessa câmara – deste modo a aplicação pode ser aplicada a qualquer câmara (com ou sem robot) e estudar os seus movimentos e sua respectiva inteligência artificial- mediante o modelo utilizado neste projecto é claro;

Com a detecção de objectivos implementada é muito simples implementar reconhecimento facial ou outras capacidade que assentem no mesmo princípio de numa imagem encontrar algo que o utilizador procure;

Como maior ponto forte destaco a forma como a detecção de obstáculos foi implementada já que tira partido do fluxo óptico bem como da análise da cor da imagem tendo ficado mais leve do que as aproximações tradicionais que analisam a imagem pixel a pixel e produzem perdas de 10 fps (neste projecto a perda é de 3 fps).