



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

Micael João da Silva Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Nuno M. Garcia

Covilhã, Outubro de 2013

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em
imagens

Agradecimentos

A gratidão que sinto não passa pelo simples gesto de um obrigado, mas sim acima de tudo pelo demonstrar às pessoas que, com as suas ações, contribuíram de uma ou de outra forma para que este trabalho fosse possível.

Para começar, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Nuno Garcia, por me ter proporcionado a oportunidade de desenvolver esta dissertação. Obrigada também por todos os esclarecimentos e todo o conhecimento que me transmitiu de forma clara e precisa, que foram determinantes na realização desta etapa académica.

Agradeço também ao Departamento de Informática pelas condições disponibilizadas durante a minha vida académica, bem como aos seus elementos pela ajuda prestada. Um agradecimento especial ao seu corpo docente a quem devo a minha formação académica.

Quero agradecer à minha família, que sempre me apoiou em tudo ao longo da realização desta dissertação e em todos os momentos da minha vida.

Por último agradeço aos meus colegas e amigos, que me deram imensa força para que fosse possível a realização deste trabalho.

Obrigado!

Resumo

A identificação de zonas naturais e artificiais em imagens é muito útil para um conjunto de procedimentos, em particular na área do Ambient Assisted Living (AAL), por exemplo em sistemas de vídeo vigilância.

Com a massificação das tecnologias é relativamente simples obter uma câmara de vídeo digital (por exemplo uma *webcam*), sendo por isso fácil implementar um sistema de vídeo vigilância que permita obter informações adicionais e importantes para a monitorização em AAL. Neste trabalho pretende-se elaborar uma aplicação que efetue a vigilância de espaços ao ar livre, com vista a identificação de subconjuntos estáticos, sendo estes naturais ou artificiais.

A identificação dos subconjuntos estáticos baseia-se num algoritmo desenvolvido calculando entropia de uma dada imagem, que em vez de um varrimento linear efetua o cálculo de uma forma espacial, tirando partido da informação da área circundante para ser mais consistente. Associada à análise encontra-se uma especificação do ambiente de operabilidade do sistema, permitindo assim o enriquecimento dos testes efetuados.

Palavras-chave

Classificar áreas naturais, Classificar áreas artificiais, Ambient Assisted Living, Entropia de Shannon

Abstract

The identification of natural and artificial areas in images is very useful for a group of procedures, particularly in the area of Ambient Assisted Living (AAL), for example in video surveillance systems.

With the massification of technology is relatively simple to get a digital video camera (eg webacam), so it is easy to implement a video surveillance system that allows additional information and important for monitoring in AAL. In this work intended to develop an application that performs surveillance of outdoor spaces, in order to identifying subsets static, being these natural or artificial.

The identification of static subsets is based on a algorithm developed by calculating entropy of a particular image, as instead of a linear sweep performs the calculation of a spatial form, taking advantage of the surrounding area information to be more consistent. Associated to the analysis is a specification of the environment operability of the system, allowing enrichment of the tests performed.

Keywords

Natural pattern classifier, Artificial pattern classifier, Ambient Assisted Living, Shannon Entropy

Índice

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Metodologia	2
1.3	Estrutura do documento	2
2	Estado da Arte	3
2.1	Ambient Assisted Living	3
2.2	Entropia de Shannon	4
2.3	<i>Framework</i> Aforge.NET	6
3	Análise de Requisitos	9
3.1	Requisitos do sistema de classificação pretendido	10
3.2	Casos de Uso	11
3.3	Diagrama de Classes	12
3.4	Modelo da Base de Dados	13
4	Aplicação desenvolvida	15
4.1	Descrição	15
4.2	Recolha de Imagens	16
4.2.1	Sistema de vídeo	17
4.2.2	Descrição do ambiente	17
4.3	Análise de Imagens	18
4.3.1	Descrição da Análise	18
4.3.2	Descrições dos Resultados	20
5	Algoritmo desenvolvido	21
5.1	Descrição	21
5.1.1	Descrição Sintética	21
5.1.2	Descrição Processual	22
5.2	Implementação	23
6	Resultados	27
6.1	Análise Normal	27
6.1.1	Análise normal para o teste 1.	27
6.1.2	Análise normal para o teste 2.	28
6.1.3	Análise normal para o teste 3.	29
6.2	Análise com Arredondamentos	30
6.2.1	Arredondamento às Dezenas	30
6.2.2	Arredondamento por Componente	31
6.3	Análise com aplicação de filtros	31
6.3.1	Aplicação de filtros para o teste 1.	32
6.3.2	Aplicação de filtros para o teste 2.	33
6.3.3	Aplicação de filtros para o teste 3.	33
6.4	Conclusões	34

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em
imagens

7 Conclusões e trabalho futuro 37

Bibliografia 39

Lista de Figuras

2.1	Tarefas de HBA	4
2.2	Exemplo da aplicação de Entropia na classificação de uma imagem [1].	5
2.3	Exemplo da aplicação de Entropia na segmentação de uma imagem [2].	5
2.4	Exemplo da aplicação vídeo vigilância da <i>framework</i> Aforge.NET [3].	6
2.5	Exemplo da aplicação de recolha de vídeo da <i>framework</i> Aforge.NET [4].	7
3.1	Esquematização processual de um sistema de vídeo vigilância.	9
3.2	Diagrama de Casos de Uso.	11
3.3	Diagrama de Classes.	12
3.4	Modelo Entidade Relacionamento.	13
3.5	Modelo Relacional.	13
4.1	Diagrama da Aplicação.	15
4.2	Exemplo da recolha de Imagens.	16
4.3	Resultados na identificação do ambiente.	18
4.4	Exemplo da Análise de Imagens.	19
4.5	Exemplo dos resultados da Análise de Imagens.	20
5.1	Fluxograma do Algoritmo desenvolvido.	22
6.1	Imagem do caso de teste 1.	27
6.2	Imagem do caso de teste 2.	27
6.3	Imagem do caso de teste 3.	27
6.4	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 3.	28
6.5	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 5.	28
6.6	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 10.	28
6.7	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 3.	28
6.8	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 5.	28
6.9	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 10.	29
6.10	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 3.	29
6.11	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 5.	29
6.12	Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 10.	29
6.13	Análise com arredondamento as dezenas para o teste 1.	30
6.14	Análise com arredondamento as dezenas para o teste 2.	30
6.15	Análise com arredondamento as dezenas para o teste 3.	30
6.16	Análise com arredondamento por componente para o teste 1.	31
6.17	Análise com arredondamento por componente para o teste 2.	31
6.18	Análise com arredondamento por componente para o teste 3.	31
6.19	Análise com o filtro de Gaussian para o teste 1.	32
6.20	Análise com o filtro de HSL para o teste 1.	32
6.21	Análise com o filtro de HSL linear para o teste 1.	32
6.22	Análise com o filtro de Hue para o teste 1.	32
6.23	Análise com o filtro de Gaussian para o teste 2.	33
6.24	Análise com o filtro de equalização do Histograma para o teste 2.	33

**Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em
imagens**

6.25	Análise com o filtro de correcção de contraste para o teste 2.	33
6.26	Análise com o filtro de Hue para o teste 2.	33
6.27	Análise com o filtro de Gaussian para o teste 3.	34
6.28	Análise com o filtro de equalização do Histograma para o teste 3.	34
6.29	Análise com o filtro de HSL Linear para o teste 3.	34
6.30	Análise com o filtro de correcção de contraste para o teste 3.	34

Lista de Tabelas

4.1	Tabela de classificação do Ambiente.	18
4.2	Filtros Aforge [5] disponíveis para análise da imagem.	20

Lista de Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
AAL	Ambient Assisted Living
HBA	Human Behavior Analysis
RGB	Sistema de cores aditivas formado por Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue)
ADLs	Activities of daily living
IAM	Ambient Intelligence

Capítulo 1

Introdução

Nos últimos anos, as tecnologias têm sido cada vez mais um complemento necessário ao dia-a-dia das pessoas, permitindo não só a comunicação, como o acesso a notícias e a outros conteúdos. Atualmente a componente tecnológica provê um conjunto de recursos para monitorização física direta, como os biossensores, ou indireta com aplicações de *e-health* e ferramentas de gestão de esforço e desgaste. Dentro do conceito impõe-se a monitorização do quotidiano, servindo esta para recolher dados que podem fornecer informações relevantes sobre comportamentos, ajudando na dicotomia causa-efeito.

Agregado ao conceito de AAL está uma forte componente tecnológica, sendo que a monitorização merece especial relevo. A monitorização da física direta e indireta é já uma realidade persistente no AAL, sendo que a monitorização comportamental é ainda uma área embrionária. Este trabalho pretende por isso contribuir para a monitorização comportamental em AAL, fornecendo informações que possam contextualizar e qualificar ambientes e pessoas, permitindo assim identificar rotinas ou comportamentos suspeitos.

A análise comportamental provém de sistemas de vídeo vigilância, que registam a atividade no domínio onde atuam. Essa atividade pode ser analisada através do processamento de imagem, recorrendo a técnicas que permitem identificação de objetos e classificação dos mesmos. A interação entre esses objetos e o seu comportamento fornecem-nos informações. As informações recolhidas podem depois ser analisadas diretamente, ou recorrendo a mecanismos de análise e mineração de dados, obtendo padrões, conhecimento, identificando problemas e oportunidades.

1.1 Objetivos

Neste trabalho foi proposta a construção de um algoritmo aplicado numa aplicação, que permita identificar áreas naturais ou artificiais em imagens estáticas. Assim foram delineadas um conjunto de tarefas e de resultados esperados, como parte integrante dos objetivos a alcançar.

Fundamentando-nos nos objetivos propostos foi estabelecido o seguinte conjunto de tarefas:

1. Estudo tecnológico sobre o estado da arte.
2. Análise de requisitos do projeto.
3. Conceção do algoritmo de análise.
4. Desenvolvimento e construção incluído de integração do algoritmo.
5. Testes e avaliação.
6. Escrita da Dissertação e documentação inerente ao projeto.

Como resultado do projeto espera-se o desenvolvimento dos seguintes componentes:

- Um novo algoritmo para classificação de subconjuntos de imagens sendo artificiais / naturais
- Uma aplicação que processe imagens de média/baixa resolução.

1.2 Metodologia

De modo a alcançar os resultados propostos, é necessário entender o conceito de AAL, bem como as especificidades a ele aliadas. Como fundamento da aplicação é necessário uma análise de requisitos tendo em conta as necessidades inerentes aos objetivos. Assentando a aplicação no processamento de imagem, uma etapa a abordar é o estudo da teoria da entropia e do conceito de algumas técnicas e *frameworks* necessárias a análise.

Este trabalho resultou no desenvolvimento de uma aplicação *desktop*, que permite a recolha e análise de imagens. As imagens alvo de processamento e análise encontram-se identificadas e categorizadas, a fim de diminuir a redundância dos dados. A aplicação permite também a análise de imagens isoladas e recolhidas por outras aplicações, sendo que o utilizador é livre de analisar qualquer imagem que pretenda. Os mecanismos de análise encontram-se definidos no algoritmo desenvolvido em função dos requisitos pretendidos.

1.3 Estrutura do documento

Neste capítulo é feita uma introdução ao tema, apresentando-se os objetivos e a metodologia utilizada, bem como, é apresentada a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte, abordando o conceito do AAL, bem como, o conceito da entropia e é depois feita uma descrição da *framework* utilizada.

No capítulo 3 descreve-se a análise de requisitos, apresentado o levantamento de requisitos bem como os diagramas resultantes do mesmo. A definição e construção da base de dados serão discutidas e apresentadas neste capítulo.

No capítulo 4 encontra-se a descrição da aplicação, apresentando todas as suas funcionalidades e o seu desenvolvimento.

No capítulo 5 especifica-se o algoritmo desenvolvido, abordando os conceitos que o suportam. A apresentação dos resultados e a normalização dos valores, serão apresentadas neste capítulo.

No capítulo 6 apresentam-se alguns dos resultados obtidos, discutindo os mesmos. São também apresentadas conclusões da análise dos resultados.

Por último, no capítulo 7, são apresentadas algumas conclusões e propostas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Estado da Arte

As tecnologias e conceitos necessários ao desenvolvimento do projeto assentam sobretudo em três conteúdos. Os conteúdos subdividem-se em: o conceito de AAL e a importância de classificações de áreas neste, a entropia de Shannon e o seu conceito de teoria da informação e por fim a *framework* Aforge.NET.

2.1 Ambient Assisted Living

Ambient Assisted Living (AAL) [6] visa disponibilizar aplicações e serviços inovadores que permitam a idosos e pessoas de reduzidas capacidades, viver de forma independente por mais tempo, melhorando a sua qualidade de vida e reduzindo a necessidade de cuidados de longa duração em suas casas e locais de trabalho. O AAL promove independência com o apoio e integração de tecnologias avançadas de vários domínios, sendo *Ambient Intelligence* (IAM) e a tecnologia as chaves de sustento ao conceito [7].

O conceito de AAL surge inegavelmente ligado ao HBA (*Human Behaviour Analysis*) [8] ainda mais quando se enquadra o conceito dentro de um sistema de vídeo vigilância. Atualmente a análise do comportamento humano é uma área de bastante interesse para a Computação Visual e Inteligência Artificial, o que leva a que um conjunto de definições sobre HBA tenham sido apresentadas dependendo estas maioritariamente da área onde são enquadradas. A HBA aborda campos que vão desde a deteção de movimentos e remoção de fundos em vídeos a campos de mais alto nível como por exemplo modelos abstratos de comportamento. É dentro dos modelos abstratos de comportamento que se pretende enquadrar o trabalho a desenvolver, sendo capazes de identificar zonas naturais e artificiais dentro de uma imagem, oferecendo um conjunto de informação que permita otimizar modelos de comportamento humano.

Apesar da definição do conceito HBA ser focada em ações, a adoção de abordagens de mais alto nível não deve ser descurada uma vez que a análise comportamental e as ADLs (*Activities of Day Living*) são fulcrais para a HBA especialmente quando se fala em AAL e sistemas de vídeo vigilância [9]. Assim no enquadramento do conceito entende-se que classificação de zonas naturais e artificiais contribui significativamente no auxílio ao reconhecimento de comportamentos e ADLs.

Outra abordagem frequente ao conceito de HBA [10] centra-se na definição das atividades definindo-as como uma combinação de ações e objetos. Uma ação é reconhecida ou associada a um 'verbo', enquanto os objetos ou lugares são identificados por um conjunto de 'nomes' que identificam os alvos das ações. Serve esta abordagem de reiteração da necessidade de classificação de objetos em cena como naturais ou artificiais, dado que essa informação permite uma mais fácil caracterização dos 'nomes'. A classificação de áreas dentro de imagens visa incorporar cada uma das etapas descritas na figura 2.1. Reconhecendo áreas, facilita-se a identificação de ações e atividades, uma vez que a informação das áreas restringe e condiciona ambas as componentes. A definição de comportamentos e por isso auxiliada com a classificação das áreas.

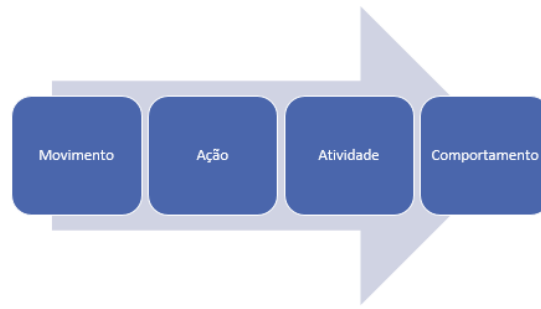


Figura 2.1: Tarefas de HBA

2.2 Entropia de Shannon

A Entropia de Shannon também conhecida como Teoria da Informação surgiu nos anos 40, denominada na altura de Teoria Matemática da Comunicação. A sua motivação assentava no problema das comunicações com segurança, concentrou-se inicialmente no estudo da estrutura matemática genérica e nas propriedades dos sistemas de comunicação com segurança. Na sequência desse estudo [11] Shannon estabeleceu um modelo de sistema de comunicação genérico e formalizou os conceitos de medida de informação, capacidade de transferência de informação sobre um canal e de codificação [12].

Um dos resultados mais importantes do trabalho de Shannon foi a formalização da ideia abstrata de incerteza ou informação. A entropia pode ser entendida como uma medida matemática da informação necessária, em média, para descrever uma variável aleatória, ou como medida de incerteza acerca desta.

O que se pretende ao aplicar a entropia de Shannon é uma interpretação dos resultados através da quantificação da informação. Centra-se a análise na recolha de características de imagens em RGB, sendo estas imagens onde os valores são descritos pelas componentes R (*red*), G (*green*) e B (*blue*). As imagens são analisadas por blocos centrados em cada pixel da imagem. A extração de características assenta na irregularidade da quantidade de informação entre pixels. Esta metodologia é aplicada a imagens com comportamentos altamente aleatórios, como o caso das imagens provenientes de um sistema de vídeo vigilância.

A utilização da entropia nas imagens obedece normalmente a princípios similares a imagem 2.2. Os métodos utilizados baseiam-se na classificação em escala de cinzentos, a segmentação da imagem e depois uma análise em áreas subdivididas, analisando os contornos tentando reconhecer a imagem [1].

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

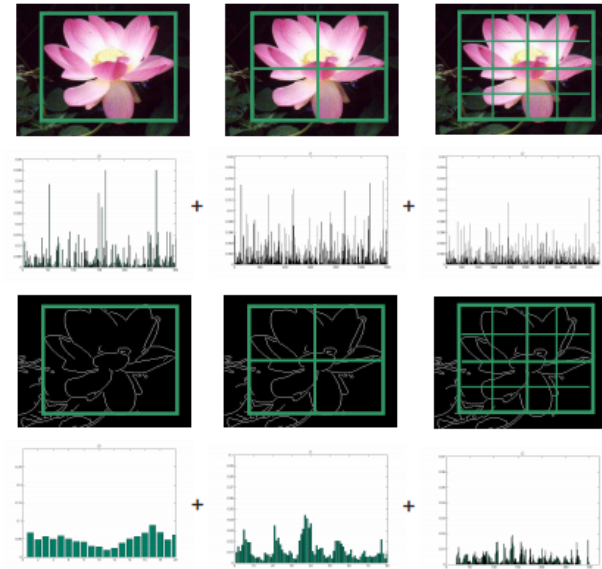


Figura 2.2: Exemplo da aplicação de Entropia na classificação de uma imagem [1].

Outra forma de classificação da imagem recorrendo a entropia [13], reside na comparação dos resultados com valores já conhecidos, baseando-se no princípio que áreas semelhantes contém um grau de informação semelhante.

Contudo a utilização de entropia nas imagens assenta essencialmente em técnicas de segmentação [14] [2] de imagem como por exemplo na figura 2.3. O sistema de caracterização que se pretende implementar assenta na classificação de imagens RGB, usando a informação presente nas cores, para classificar áreas como naturais ou artificiais. Essa classificação parte do princípio que zonas naturais apresentam cores mais heterogêneas e zonas artificiais cores mais homogêneas.

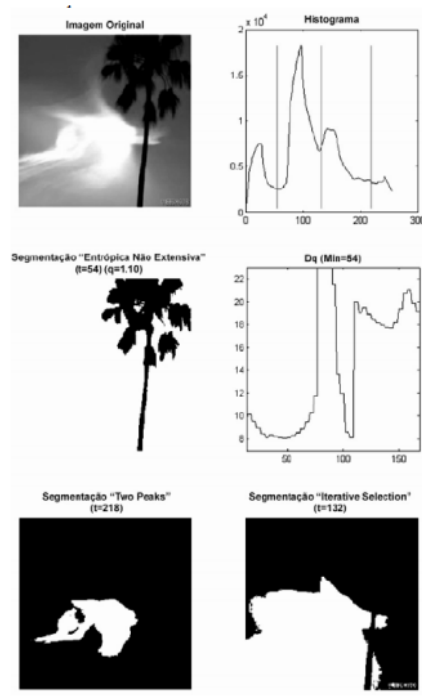


Figura 2.3: Exemplo da aplicação de Entropia na segmentação de uma imagem [2].

2.3 *Framework* Aforge.NET

A Aforge.NET é uma *framework* de código livre (*open source*) em C Sharp desenvolvida para programadores e investigadores. Os seus principais campos de ação incidem na visão computacional e inteligência artificial, oferecendo funcionalidades para processamento de imagem, redes neuronais, algoritmos genéticos, aprendizagem automática, robótica, *etc.* [15].

A *framework* é composta por um conjunto de bibliotecas que contêm exemplos de utilização, que demonstram o funcionamento das mesmas. Dentro das bibliotecas disponibilizadas são três as que utilizamos:

- AForge.Imaging: biblioteca com rotinas de processamento de imagem e filtros;
- AForge.Vision: biblioteca de visão computacional;
- AForge.Video: conjunto de bibliotecas para processamento de vídeo.

Abordando o processamento de imagem são inúmeras as funcionalidade oferecidas, sendo que a *framework* está em constante atualização e novos recursos vão sendo adicionados. A aplicação de filtros a imagem é simples como se poder ver no exemplo [16] em seguida:

```
// create filter
HSLLinear filter = new HSLLinear( );
// configure the filter
filter.InLuminance = new DoubleRange( 0, 0.85 );
filter.OutSaturation = new DoubleRange( 0.25, 1 );
// apply the filter
filter.ApplyInPlace( image );
```

No que diz respeito a visão computacional a *framework* oferece um conjunto de funcionalidades e até exemplos de sistemas de vídeo vigilância como o da figura 2.4.



Figura 2.4: Exemplo da aplicação vídeo vigilância da *framework* Aforge.NET [3].

O recurso a *framework* para sistemas de vídeo vigilância é bastante usual. Um bom exemplo disso é um artigo sobre um sistema de vigiância, intitulado de "*Implementation of motion detection on early warning system for residential security based Multimedia Messaging Service (MMS)*" [17].

O processamento de vídeo como podemos ver na figura 2.5, é simples e intuitivo. A figura representa um sistema similar ao desenvolvido que permite a recolha de imagens do vídeo.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

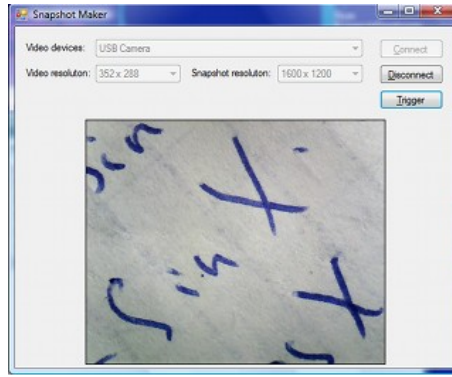


Figura 2.5: Exemplo da aplicação de recolha de vídeo da *framework* Aforge.NET [4].

Existem outras *frameworks* para o processamento de imagens como o OpenCv [18], mas que não oferecem as funcionalidades da Aforge.NET em termos de processamento de vídeo e sistemas de vídeo vigilância. A *framework* Aforge.NET oferece mecanismos de filtragem direta em sistemas de vídeo aos quais para aceder basta aplicar os métodos disponibilizados pela biblioteca. Além dos mecanismos de filtragem, ferramentas para edição e manuseamento do vídeo, bem como configuração da câmara são também disponibilizadas. O OpenCv requer uma configuração manual da maior parte das suas funcionalidades não tendo o grau de automatização da Aforge.NET. É no enquadramento dessa comparação que se baseia a escolha da *framework*.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em
imagens

Capítulo 3

Análise de Requisitos

Um sistema de vídeo vigilância tem por norma um esquema similar ao descrito na figura 3.1, sendo que este pode variar consoante algumas necessidades específicas. As especificidades que condicionam o sistema centram-se essencialmente no ambiente onde sistema atua bem como a sua finalidade.

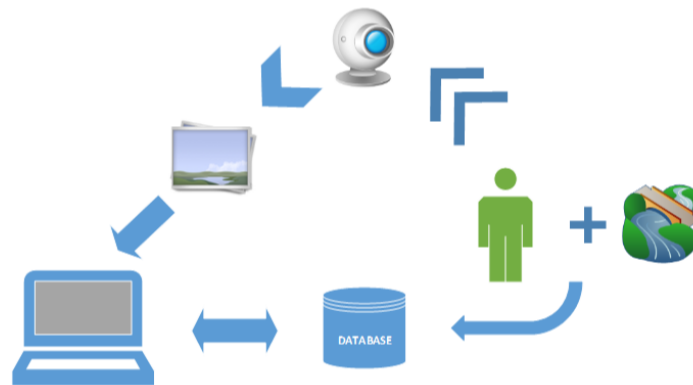


Figura 3.1: Esquemática processual de um sistema de vídeo vigilância.

Os sistemas de vídeo vigilância dependem de três componentes fulcrais, sendo estas o ambiente que se pretende controlar, a câmara em que se baseia o sistema de recolha de imagens e por fim o processamento dos dados recolhidos. Em função destas componentes podemos identificar os requisitos do sistema, tendo em conta a relação entre cada uma das componentes e as necessidades das mesmas.

O ambiente onde o sistema de vídeo vigilância se incorpora é vital para um bom funcionamento do mesmo e uma descrição completa do ambiente aumenta a eficácia e o tempo de resposta do sistema. Normalmente o ambiente é composto por dois tipos de atores, os objetos estáticos e os objetos dinâmicos. Os objetos estáticos são todos aqueles que não se movimentam ou exercem qualquer tipo de ação, em alguns caso podemos incorporar dentro destes os objetos quase-estáticos, que por um critério específico podem ser classificados como tal. Dentro dos objetos dinâmicos temos aqueles que desenvolvem algum tipo de ação, movimentando-se pela cena e interagindo com ela. Um bom conhecimento do ambiente que se pretende controlar, permite que o sistema seja construído de uma forma mais fundamentada e otimizada às necessidades específicas do sistema, uma vez que, por exemplo a recolha de dados num parque é completamente diferente da recolha de dados num corredor.

A câmara responsável pela recolha de dados do sistema deve ser adequada, ou configurada de acordo ao ambiente monitorizado, mas também às especificações do sistema em causa. Dentro de um sistema de vídeo vigilância a câmara é um componente chave, sendo que a posição e características contribuem significativamente para a eficiência do mesmo. Existem câmaras de vários tipos, com maior ou menos resolução, com infravermelhos ou visão noturna, assim a escolha de um tipo de câmara deve basear-se nos custos e na complexidade do sistema que se pretende elaborar.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

O processamento de toda a informação recebida pelo sistema de vídeo vigilância, assenta no software responsável pelo processo e na base de dados, que armazena a informação dos resultados obtidos e dos componentes do sistema (ambiente e câmara). O software recebe os dados recolhidos pelo sistema e trata-os em função da finalidade pretendida. A base de dados serve de suporte ao software, que armazena nela os resultados e outras informações necessárias ao funcionamento do sistema.

3.1 Requisitos do sistema de classificação pretendido

Uma vez que se pretende um sistema de classificação para monitorização em AAL, é necessário ter em conta as premissas que sustentam e fundamentam o AAL. O conceito de AAL surge na necessidade de fornecer melhores condições de vida a pessoas com necessidades especiais, recolhendo o máximo de informações sobre o ambiente com que o utilizador interage. O sistema classificação a construir visa ser uma fonte de informação para o AAL, identificando nas imagens zonas estáticas e dentro destas objetos naturais.

Com os componentes identificados, os objetivos traçados e a finalidade especificada, podemos propor o funcionamento da aplicação. Esta terá de armazenar informação sobre o utilizador, como informação de identificação e dados de acesso, informação sobre a câmara utilizada e informação sobre o ambiente que pretendemos controlar (identificação, localização, data, etc.). Uma vez atingidos os requisitos, a aplicação poderá proceder a classificação da área, armazenando os resultados na base de dados.

Uma outra funcionalidade que se pretende implementar será a análise de imagens obtidas sem o auxílio do sistema. A aplicação deverá carregar as imagens e analisa-las guardando os resultados na base de dados. A classificação é importante para a contextualização do ambiente.

3.2 Casos de Uso

O diagrama de casos de uso pretende demonstrar todas as ações que um utilizador pode desencadear na aplicação. Ao analisarmos o diagrama especificado na figura 3.2 observamos as funções que a aplicação permite.

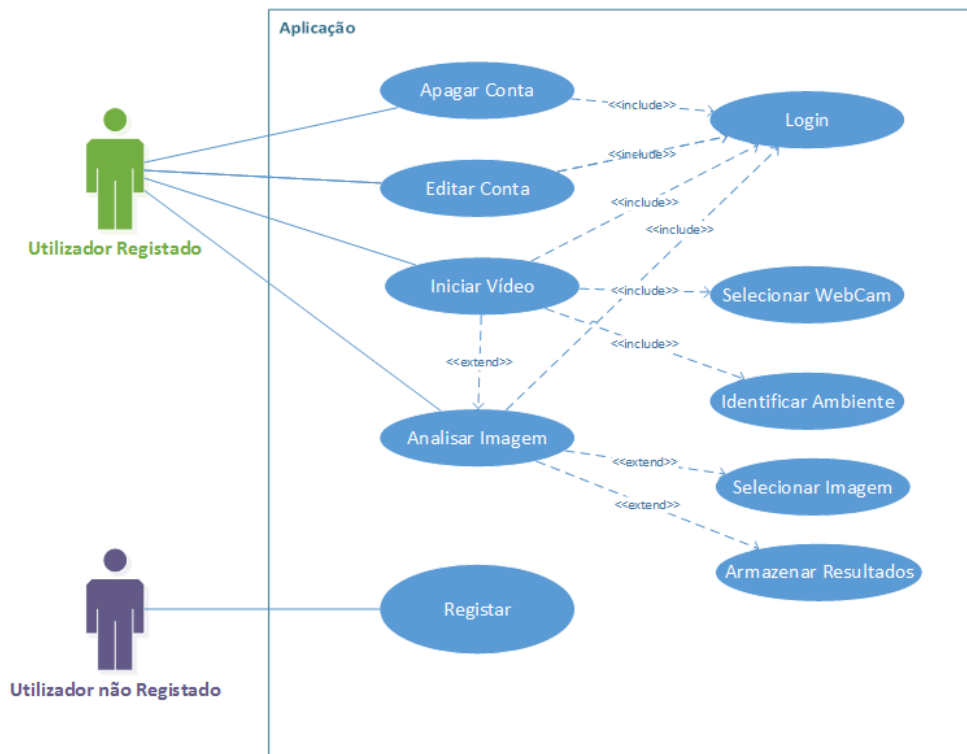


Figura 3.2: Diagrama de Casos de Uso.

O sistema funciona em função de um único ator, o utilizador, sendo que este só depois de registado pode interagir com o sistema. Tratando-se de um sistema que possibilita a recolha de vídeo o utilizador poderá produzir os seus próprios resultados, que depois serão analisados e processados pelo sistema. Pretende-se ainda que o sistema possa analisar dados captados por outros sistemas a fim de comparar funcionamentos e resultados.

3.3 Diagrama de Classes

Especificado o sistema de vídeo vigilância, podemos assumir que cada componente que o integra dará origem a uma classe. Uma classe agrega um conjunto de informações que constituem um objeto, uma boa caracterização dos objetos é fulcral para o um eficiente e eficaz sistema de informação, no caso o sistema de vídeo vigilância. Os resultados do sistema são também uma classe do sistema.

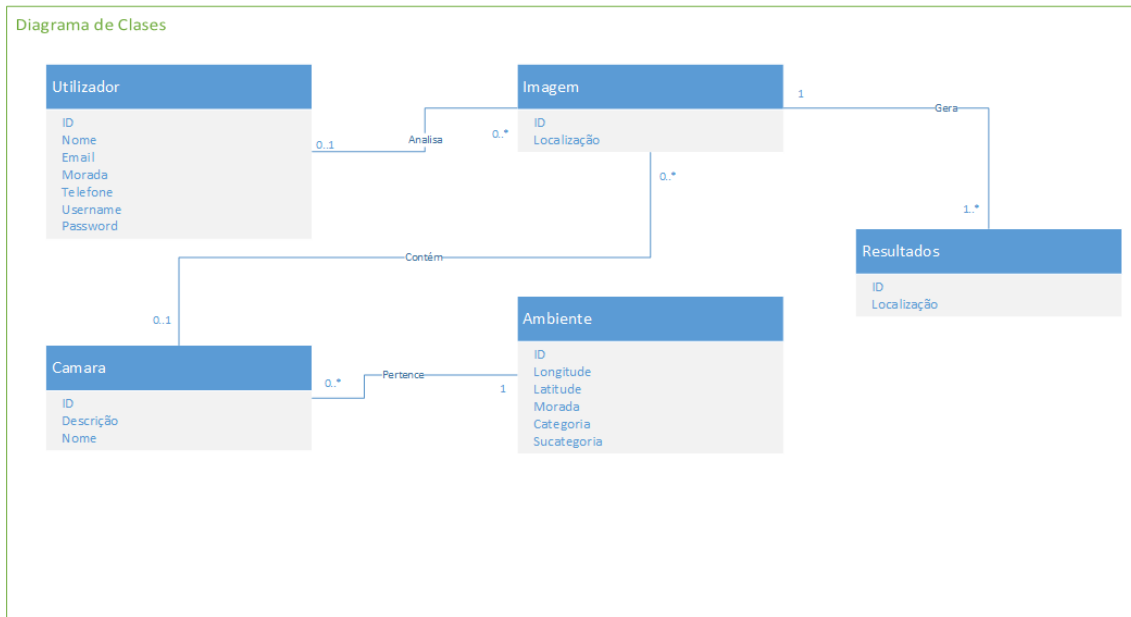


Figura 3.3: Diagrama de Classes.

A figura 3.3 descreve o diagrama de classes em que se baseia o sistema de vídeo vigilância a construir. No caso de o utilizador querer analisar uma imagem previamente gravada, será da responsabilidade deste identificar a câmara e descrever o ambiente onde a imagem foi recolhida.

3.4 Modelo da Base de Dados

A Base de Dados é um componente central em todos os sistemas de cariz informático, além de armazenamento dos dados, oferece também a possibilidade de estruturação dos mesmos. Uma vez elaborado o diagrama de classes obtemos o fundamento da base de dados, podendo assim elaborar o Modelo Entidade Relacionamento desta. Uma classe no diagrama será uma entidade e as relações entre as classes, especificam as relações entre as entidades e a sua ordem. Na figura 3.4 está representado o modelo entidade relacionamento proposto para sustentar a base de dados do sistema.

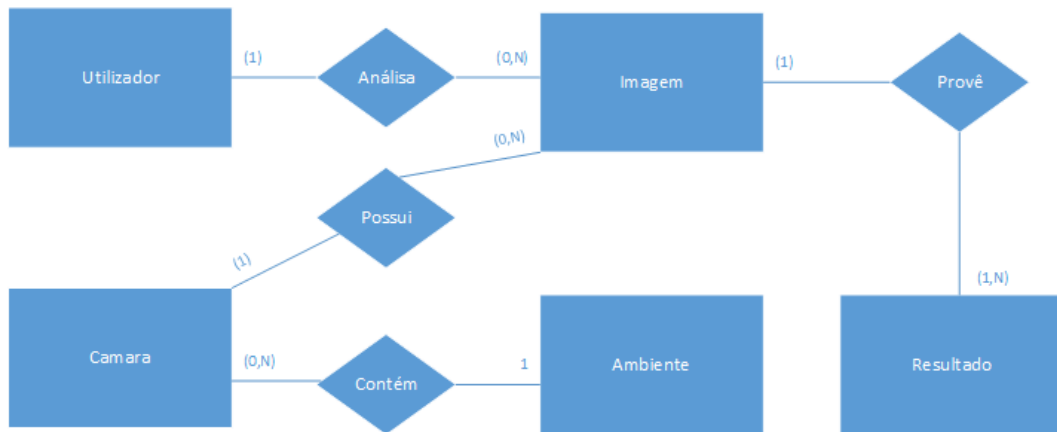


Figura 3.4: Modelo Entidade Relacionamento.

O Modelo Relacional de uma Base de Dados especifica ainda mais as relações da base de dados, indicando os atributos que compõem as entidades, bem como as chaves primárias e estrangeiras. Na figura 3.5 podemos ver o modelo relacional da Base Dados.

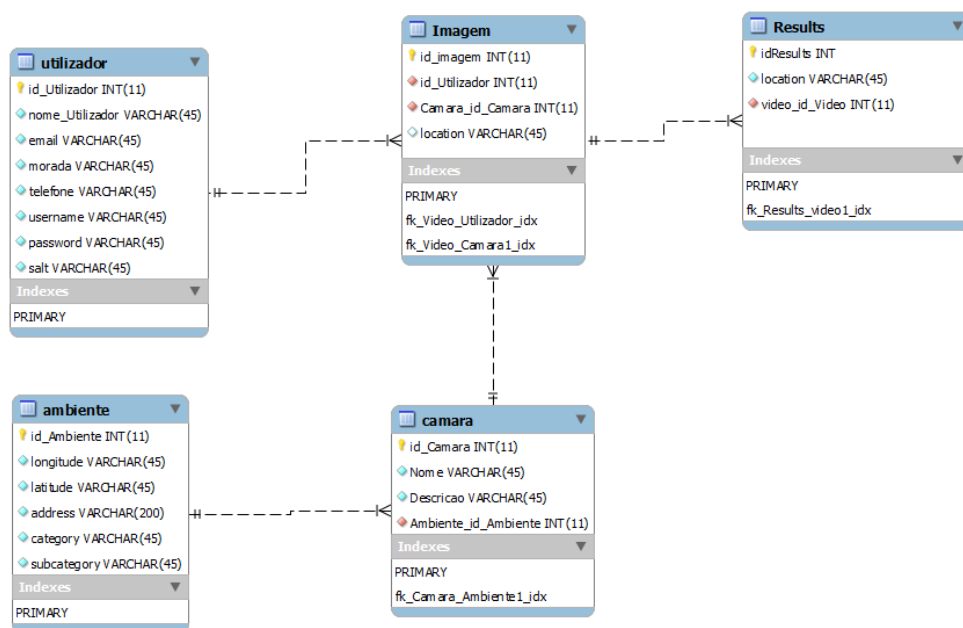


Figura 3.5: Modelo Relacional.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

Uma vez construído o Modelo Relacional podemos através de mecanismos de engenharia direta gerar o DLL (*Data Defenition Language*) da Base de Dados. O SGBD (*Sistema de Gestão de Base de Dados*) a utilizar será o MySQL juntamente com a aplicação MySQL Workbench 5.2. Optou-se por utilizar o Mysql como SGBD visto que é um sistema de código aberto, de viabilidade e competência reconhecida.

A importância da base de dados enquadra-se dentro do conceito do AAL, que relembrando visa recolher informações sobre o ambiente onde os utilizadores atuam. As informações recolhidas serão sempre analisadas em busca de padrões e normas, que possam de alguma forma contribuir para melhores condições de vida dos utilizadores. A inclusão das informações na base de dados permite que sejam aplicados sistemas inteligência artificial e que seja mais fácil reconhecer esses padrões e normas.

Capítulo 4

Aplicação desenvolvida

Como aplicação pedia-se uma ferramenta que permitisse a análise de imagens e dentro destas a classificação de zonas naturais e artificiais. A análise de imagens engloba toda uma rotina assente em antecedentes e precedentes, sendo que se pretendeu desenvolver uma aplicação que abordasse de forma transversal essa rotina. A aplicação centra-se em duas vertentes, a recolha de imagens e análise das mesmas. Agregou-se a essas vertentes o máximo de complementos esperando que incrementassem funcionalidade a aplicação.

4.1 Descrição

A figura 4.1 apresenta o diagrama da aplicação desenvolvida, estando esquematizado o funcionamento da mesma.

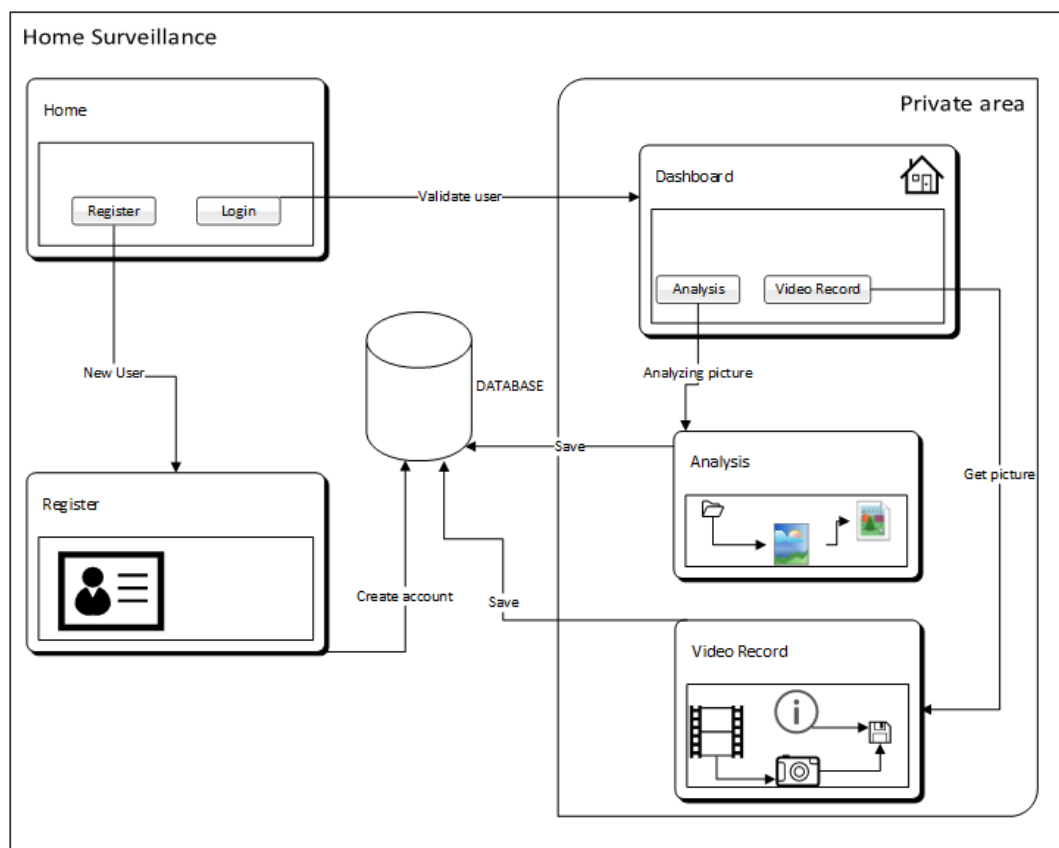


Figura 4.1: Diagrama da Aplicação.

Para utilizar a aplicação é necessário o registo por parte do utilizador, dado que o conceito de ALL é uma parte inerente ao projeto a necessidade de identificar o utilizador é importante. Para se registar é necessário fornecer os dados usuais sendo estes: o nome, a morada, o email e o telefone.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

Além de dados básicos de identificação e contacto, o utilizador deve definir dados de acesso a aplicação como o *username* e a *password*.

Uma vez registado e efetuado o acesso a aplicação, o utilizador é encaminhado para uma janela onde pode escolher analisar imagens ou recolher novas imagens. Após concretização de qualquer ação os dados serão armazenados na base de dados.

A recolha de imagens é feita pelo acesso a um dispositivo de vídeo que se encontre conectado ao computador. O utilizador ao selecionar o dispositivo escolhe a resolução pretendida. O processamento do vídeo é feito recorrendo a *framework* Aforge, que oferece as ferramentas e funcionalidades necessárias. O utilizador pode tirar um *snapshot* ao vídeo sempre que o entender ou seja relevante, encontrando assim as imagens centrais a análise. Para que a informação seja o mais completa possível o utilizador tem de classificar o ambiente onde o sistema interage, completando os campos requeridos.

A análise de imagens consiste na aplicação do algoritmo desenvolvido e apresentação dos resultados do mesmo. O utilizador ao selecionar uma imagem, tendo esta sido ou não obtida através do sistema, pode aplicar um conjunto de filtros a mesma ou analisa-la no seu estado puro. Os resultados são apresentados e o utilizador pode filtrar os mesmos por componente (R,G,B). A análise da imagem pode ainda ser configurada, sendo que o utilizador além de filtros escolhe a máscara que aplica na imagem e pode arredondar às dezenas e por componente os valores obtidos, tentando obter mais precisão nos resultados.

4.2 Recolha de Imagens

A recolha de imagens consiste no armazenamento de imagens oriundas da vídeo vigilância. A figura 4.2 demonstra a interface do sistema para a recolha de imagens, sendo visível os campos de descrição do ambiente e de configuração do vídeo.

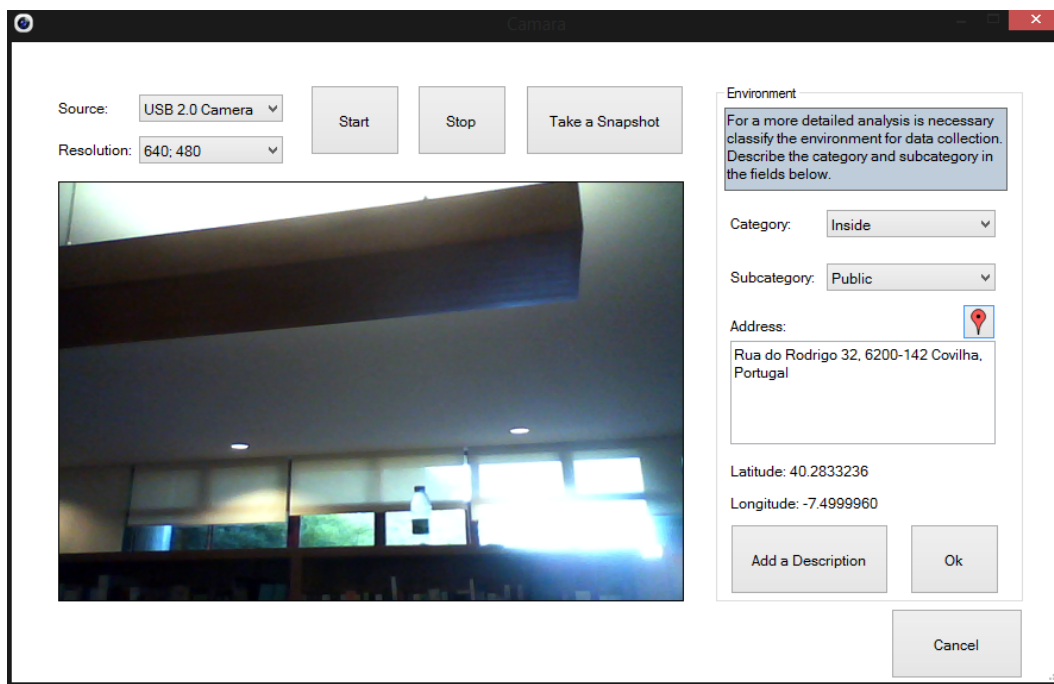


Figura 4.2: Exemplo da recolha de Imagens.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

O sistema de vídeo vigilância pode ser inicializado assim que sejam definidas a câmara e a resolução pretendida. Só é possível ao utilizador tirar *snapshots*, que serão as imagens utilizadas em análise, quando for identificado o ambiente onde vigilância é efetuada.

4.2.1 Sistema de vídeo

A recolha do vídeo é realizada recorrendo as funcionalidades da *framework* Aforge. Qualquer dispositivo de gravação de vídeo reconhecido pelo computador será acessível através da aplicação como fonte de vídeo. A gama de resoluções disponibilizadas varia consoante a capacidade da câmara utilizada. O nome da câmara é a sua fonte, a descrição trata-se da resolução especificada pelo utilizador. O nome e a descrição são os dados recolhidos no que diz respeito a classificação da câmara. Como referido anteriormente dentro de um sistema de vídeo vigilância a câmara é um dos componentes principais, daí a necessidade de identificar a mesma. A informação da câmara permite comparar resultados de dispositivos diferentes, com esses resultados podemos ter uma noção das condições e características de câmara necessárias.

4.2.2 Descrição do ambiente

O ambiente é uma componente sempre em destaque dentro de um sistema de vídeo vigilância, as características deste são um fator determinante na recolha do vídeo. A localização é o aspeto dentro do ambiente que mais nos interessa focar. Outros aspetos seriam de importante relevância como a temperatura ou as condições atmosféricas, mas a recolha desses dados pode ser obtida de forma indireta através da sua localização.

A localização na aplicação pode ser obtida de duas maneiras, ou pela inserção de uma morada, ou através do IP. A localização pela morada é obtida através da API do Google Geocoding [19], que realiza a conversão de moradas em coordenadas de localização, ou seja, latitude e longitude. Além das coordenadas é também efetuada uma validação da morada inserida, sendo esta corrigida e complementada por parte da aplicação. O acesso a API é feito através do *webservice* por ela disponibilizado, sendo que basta indexar a morada ao URL para que este apresente os resultados. Abaixo encontra-se um exemplo simples que esquematiza o processo.

Morada:Estrada da Palmatória 1, 6200-161 Covilhã

`http://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/xml?address="Morada"&sensor=false`

A localização através do IP é feita com recurso ao API `hostip.info` [20], que nos indica as coordenadas de localização do IP que estamos a utilizar. O funcionamento da API nem sempre é o mais correto, dado que por razões de segurança são conhecidas as dificuldades na obtenção das coordenadas através do IP. O acesso a aplicação é similar ao descrito no caso do Geocoding, é fornecido um *webservice* ao aceder `http://api.hostip.info/`, onde são disponibilizadas as coordenadas. Após a obtenção das coordenadas é obtida a morada acedendo novamente ao Geocoding que disponibiliza um *reverse mode* que através das coordenadas fornece a morada. Os resultados obtidos por ambos os processos são demonstrados na figura 4.3.

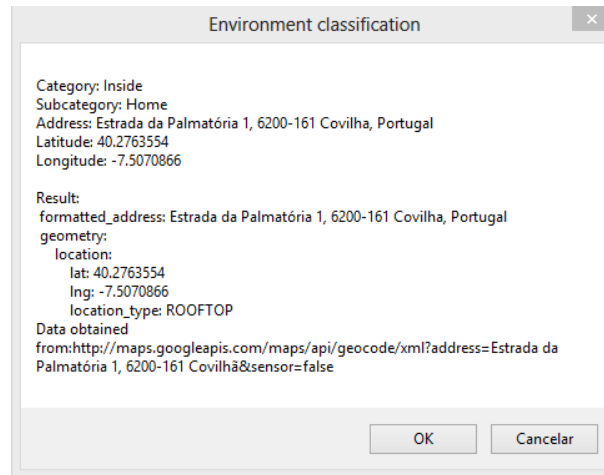


Figura 4.3: Resultados na identificação do ambiente.

Uma vez obtidas as coordenadas de localização e a morada, entendeu-se ser ainda necessário que o utilizador classifica-se o tipo de ambiente em análise. Essa classificação encontra-se descrita na tabela 4.1. Focando o conceito de AAL o ambiente pode dividir-se em duas categorias principais, o interior e o exterior, referindo-se esta classificação a espaços abertos ou fechados. Dentro dos espaços fechados categorizam-se os públicos ou domiciliares, enquanto nos espaços abertos diferenciam-se os urbanos dos naturais.

Tabela 4.1: Tabela de classificação do Ambiente.

Category	Subcategory
Inside	Home
	Public
Outside	Natural
	Urban

Considerando os conceitos e objetivos propostos entendeu-se que a identificação e categorização abordadas seriam as mais adequadas. Uma vez que a perspetiva se enquadra na identificação de zonas naturais e artificiais, pretendeu-se que a informação requerida sobre o ambiente se centrasse nesse tópico.

4.3 Análise de Imagens

Ao aceder a esta funcionalidade o utilizador pode analisar as imagens e observar os seus resultados. Os resultados são apresentados assim que seja efetuada uma análise com sucesso.

4.3.1 Descrição da Análise

A análise de imagens assenta na aplicação do algoritmo desenvolvido para a identificação de zonas naturais e artificiais na imagem. Ao selecionar uma imagem é preciso levar em conta a sua resolução, as operações que são desenvolvidas na análise podem tornar-se lentas e sobrecarregar o computador. A figura 4.4 mostra a janela de análise de imagens, onde se encontra estruturado todo o processo.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

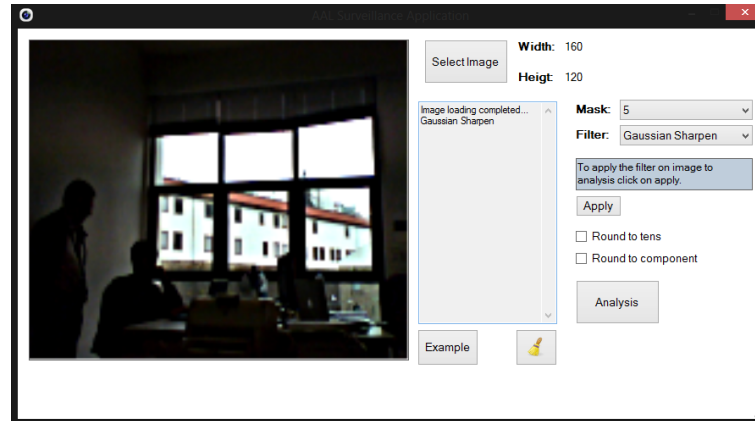


Figura 4.4: Exemplo da Análise de Imagens.

É mostrada a resolução da imagem após a sua seleção, como o processamento será ao nível do pixel a dimensão da mesma é fulcral para a análise. O processamento pode ser lento, para isso recorre-se ao processamento paralelo, usando o comando `System.Threading.Tasks.Parallel.For`, que define um processo para a análise de cada pixel. O utilizador pode configurar a análise que pretende efetuar através da máscara usada no processamento do algoritmo, ou aplicando filtros e arredondamentos.

A máscara compreende valores que variam entre 1 e 15 sendo que 1 é o valor de abstração mínima e 15 abstração máxima, dado que acima desse valor os resultados apresentam demasiada ambiguidade. Os valores especificam o processamento do algoritmo, definindo o número de vizinhos do pixel sujeitos a análise. Os valores são usados para definir uma matriz, em que o pixel em análise é o centro e a dimensão provém da máscara.

Os arredondamentos descritos adiante, são feitos se o utilizador selecionar essa opção. Os arredondamentos são aplicados as componentes dos pixels, a fim de eliminar discrepâncias e aproximar resultados. Os arredondamentos são opções introduzidas mas não garantem melhores resultados, esses dependem das condições da imagem. Na prática estas opções devem ser selecionadas sempre que as condições o indiquem, assim quando após uns testes os resultados não são concisos, pode ser viável a utilização de arredondamentos. Existem dois tipos de arredondamentos, o arredondamento as dezenas e o arredondamento por componente. Os arredondamentos por dezenas como o nome indicam aproximam o valor à dezena da cor do pixel mais próxima, enquanto o arredondamento por componente dividem o valor em análise pela soma das componentes RGB (4.1).

$$Component(R_{rounded}) = \frac{Component(R)}{Component(R) + Component(G) + Component(B)} \quad (4.1)$$

O utilizador pode aplicar um conjunto de filtros a imagem que pretende analisar. Esses filtros são disponibilizados pela *framework* Aforge e estão descritos na tabela 4.2. A necessidade desses filtros prende-se com as condições da imagem, já que com a sua aplicação pode gerar melhores resultados. Filtros de suavização ou diminuição de ruído podem ser úteis quando faltar nitidez na imagem, como no caso em que as condições de iluminação não sejam adequadas a aplicação de um filtro HSV pode revelar-se útil. Após a seleção do filtro e a sua aplicação o utilizador obtém uma visualização dos mesmo na imagem em análise.

Tabela 4.2: Filtros Aforge [5] disponíveis para análise da imagem.

Filter	Description
Contrast Correction	Contrast adjusting in RGB color space.
Contrast Stretch	Contrast stretching filter.
Gaussian Sharpen	Gaussian sharpen filter.
Histogram Equalization	Histogram equalization filter.
HSL Filtering	Color filtering in HSL color space.
HSL Linear	Luminance and saturation linear correction.
Hue Modifier	Hue modifier.
Oil Painting	Oil painting filter.

4.3.2 Descrições dos Resultados

Os resultados da análise da imagem são depois mostrados na aplicação. Após a análise são desbloqueados os comandos que permitem aceder aos resultados. A figura 4.5 demonstra a esquematização dos resultados na aplicação. O utilizador pode ainda ver os resultados por componente RGB selecionando para isso a componente que quer destacar.

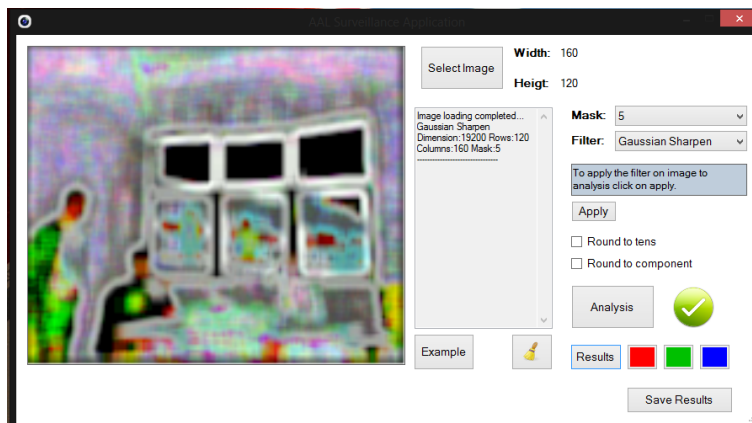


Figura 4.5: Exemplo dos resultados da Análise de Imagens.

Os resultados, além de guardados na base de dados, podem depois ser guardados numa localização especificada pelo utilizador. Para reanalisar as imagens com outras especificações o utilizador deve selecionar novamente a imagem, especificar os parâmetros por ele pretendidos e assim obter novos resultados.

Capítulo 5

Algoritmo desenvolvido

O algoritmo desenvolvido visa aproveitar a Entropia de Shannon [12] para analisar os componentes RGB de uma imagem. Dessa forma, surge a oportunidade de medir a desorganização, ou a incerteza, e utilizá-la como informação da imagem, sendo que esta servirá de critério de classificação. A entropia pode ser entendida como uma medida matemática, que define quantidade de informação necessária para descrever uma variável aleatória, ou como medida de incerteza acerca desta.

A Entropia de Shannon é normalmente utilizada em processos de segmentação [2], [14] de imagens. Existem algumas abordagens a classificação de imagens recorrendo a Entropia de Shannon [13], mas baseiam-se essencialmente numa análise linear da entropia, ou seja como um todo, obtendo a classificação comparando os resultados com outros previamente conhecidos. Os exemplos encontrados tanto de segmentação, como de classificação, utilizam imagens em escala de cinzentos, sendo que nós pretendemos aplicar o conceito de entropia a imagens a cores (RGB).

A análise em imagens RGB deve-se ao objetivo de classificar as zonas naturais ou artificiais. A entropia de uma imagem pode ser definida como um número quantificador da variação da imagem, ou seja quanto maior for este número, mais irregular, atípica e heterogénea será a imagem analisada. Objetos naturais são mais irregulares que objetos artificiais, dado que as suas cores são mais irregulares e heterogéneas que em objetos artificiais. Existem objetos artificiais que apresentam uma certa heterogeneidade na sua cor, mas encontra-se sujeita a um padrão regular. Não descuidando o facto da heterogeneidade em objetos artificiais aplicou-se um mecanismo de vizinhança a análise.

5.1 Descrição

O algoritmo segue a estrutura descrita na figura 5.1 que representa o seu fluxograma. O utilizador além de selecionar as imagens a analisar, pode ainda parametrizar o algoritmo, escolhendo procedimentos e configurando o seu processamento. Como é visível no fluxograma as operações onde o utilizador atua estão marcadas com o símbolo de operação manual, sendo elas a seleção da máscara e a seleção do filtro. A aplicação de arredondamentos é outra funcionalidade que o utilizador tem à disposição, sendo que ambos os arredondamentos visam eliminar discrepâncias conferindo consistência a análise. A aplicação de filtros visa atenuar os efeitos de fatores condicionantes na imagem.

5.1.1 Descrição Sintética

Sumariamente pode-se sintetizar o funcionamento do algoritmo à apresentação de imagens, que resultam do cálculo da entropia dos componentes RGB de cada pixel. Partindo de uma imagem inicial, calculamos a entropia para área centrada num pixel da imagem, responsável pelo conjunto de valores a analisar. O processo é repetido para cada componente RGB do pixel. Como resultado desse processamento obtemos os valores da entropia para a componente R, G e B de cada pixel

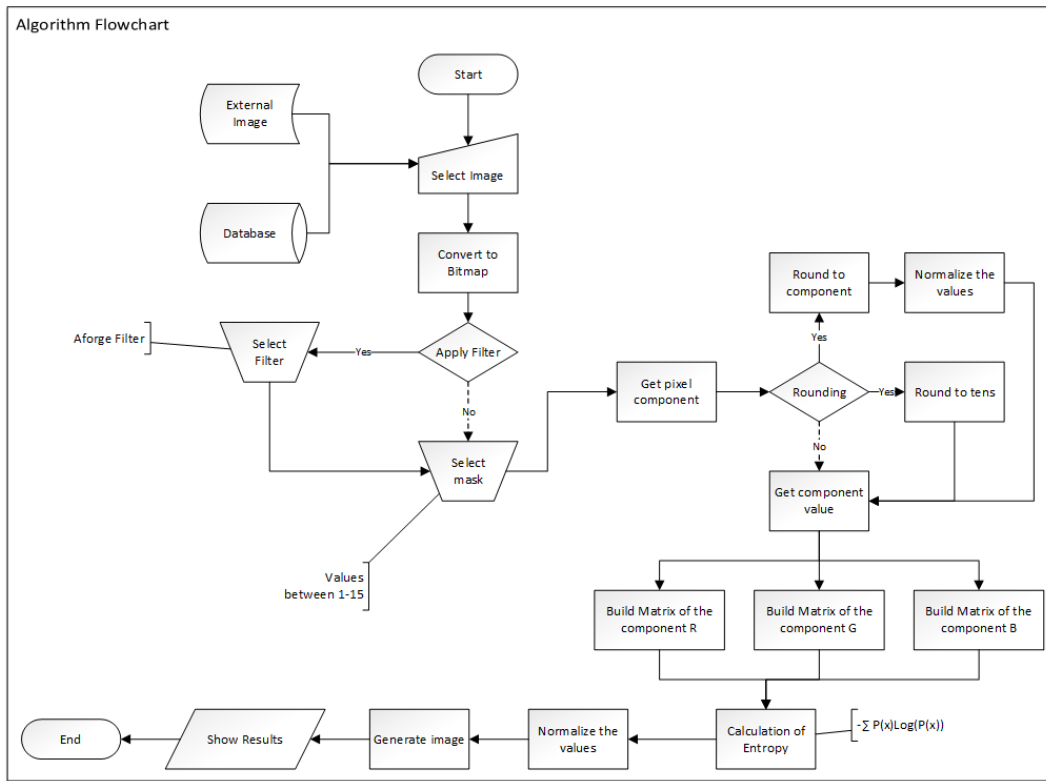


Figura 5.1: Fluxograma do Algoritmo desenvolvido.

da imagem. Finalmente podemos assim gerar uma imagem em que os componentes de cada pixel assentam nos valores da entropia de cada pixel da imagem original. Como resultado ideal pretende-se distinguir na imagem zonas naturais de zonas artificiais.

5.1.2 Descrição Processual

Processualmente o algoritmo obedece a um conjunto de passos que vão desde a seleção de imagem a apresentação dos resultados, esses passos são descritos de seguida.

1. Seleção da Imagem

- (a) Seleciona-se uma imagem proveniente da base de dados ou de uma fonte externa;
- (b) Converte-se o formato da imagem para *bitmap*.

2. Configuração da Análise

- (a) Definição da máscara de análise. A máscara vai de 1 a 15 e define um bloco em que o pixel em análise é o centro do mesmo, a altura e a largura são os valores escolhidos para a máscara. Quando a máscara do pixel ultrapassa regiões fronteiriças os valores que não se encontrem dentro do limite da imagem não são analisados;
- (b) Aplicação de filtros Aforge [5]. O utilizador pode selecionar um filtro que entenda beneficiar a análise da imagem. Os filtros descritos na tabela 4.2 destinam-se a tratar algumas lacunas da imagem, a fim de obter melhores resultados, operações com suavização da imagem ou eliminação ruído podem auxiliar em alguns casos específicos;
- (c) Aplicação de arredondamentos. A aplicação de arredondamentos baseia-se na necessidade de oferecer consistência aos dados diminuindo para isso a sua gama de valores. No

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

caso do arredondamento as dezenas é feita uma redução da escala, sendo que se passa de uma escala 0-255 para 0-25, este conceito surge na necessidade de obter solidez na análise. O arredondamento por componente que consiste na divisão do componente em análise pela soma dos três componentes RGB, assente num princípio de uniformização dos valores, que pretende também atribuir consistência aos dados. Em situações de arredondamentos por componente é necessário efetuar uma normalização dos valores.

3. Obter os dados

- (a) Percorre-se a matriz da imagem obtendo o valor de cada pixel da mesma;
- (b) Em cada pixel são obtidos os valores dos componentes em separado, ou seja R, G, e B;
- (c) É definido o conjunto de vizinhos em análise. O conjunto de vizinhos em análise trata-se de um bloco dentro da matriz em que o centro é o pixel em análise, e o tamanho do mesmo é dado pela máscara definida pelo utilizador;
- (d) São armazenados os valores dos componentes de todos os pixels do conjunto de vizinhos;
- (e) A obtenção de dados é feita recorrendo ao processamento em paralelo, uma vez que é um processo lento e de alto consumo, mesmo trabalhando em imagens de baixa resolução como no caso.

4. Processamento de dados

- (a) O cálculo da Entropia é efetuado para cada pixel, sendo que este se baseia na Entropia da Shannon (5.1);

$$- \sum_{i=1}^N P(x_i) \log(P(x_i)) \quad (5.1)$$

- (b) O conjunto de dados utilizados para o cálculo da entropia para cada pixel é definido pela máscara, sendo que a probabilidade do acontecimento assenta também ela dentro dos valores englobados na máscara;
- (c) Após o cálculo dos valores da entropia para cada pixel é necessário normaliza-los. A normalização é efetuada dentro de uma escala entre 0 e 255;
- (d) Por fim obtemos uma matriz de pixels onde os valores de cada componente do pixel, ou seja R,G e B, são os valores da entropia por componente daquele pixel, sendo que esse valor assenta num conjunto de vizinhos.

5. Apresentação dos Resultados

- (a) Gerar a imagem de resultado definindo os pixels com os valores da entropia;
- (b) Gerar imagens de resultado em função de filtros por componente sobre a imagem de resultado, ou seja, imagem em escala de vermelhos, verdes e azuis

5.2 Implementação

A implementação de um algoritmo que opere cálculos de entropia em imagens padece de um problema específico, a velocidade de processamento. O facto da análise assentar essencialmente em imagens de baixa resolução ajuda, uma vez que diminui bastante o número de cálculos, acelerando

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

todo o processo, ainda assim e especialmente quando se visa caracterizar imagens usando a entropia, imagens com maiores resoluções aumentam a quantidade de informação, o que indica melhores resultados. Uma vez que se pretende classificar áreas dentro de imagens, quanta mais informação tivermos dessa área mais visível e perceptível será o resultado, imagens com maior resolução dispõem de mais pixels por área, logo oferecem mais informação. Além do processamento em paralelo já referido na descrição do algoritmo, uma outra forma de acelerar o processo é simplificar rotinas, tentando para isso executar o máximo de operações de forma sequencial, evitando o armazenamento de variáveis temporárias e auxiliares.

Na especificação do algoritmo a especificação da máscara é um detalhe importante. A máscara define o número de vizinhos em análise, sendo que esta especifica uma matriz que enquadra um bloco da imagem. Os blocos definidos pela máscara serão o conjunto de análise para o pixel central desse bloco, a necessidade da noção de bloco baseia-se na eliminação de subjetividade dos valores. Como já referido a identificação de zonas naturais e artificiais parte da heterogeneidade da cor nessas zonas, sendo que objetos naturais são mais irregulares que objetos artificiais.

O cálculo da entropia para o bloco permite uma classificação sustentada da zona natural, uma vez que servirá como impressão digital de uma determinada superfície visível na imagem, ou seja superfícies como pele ou vegetação terão um valor de entropia semelhante para os pixels que se encontrem nessas regiões. Em imagens de baixa resolução/qualidade existe um menor número de pixels por área o que apresenta uma falsa noção de homogeneidade de uma determinada zona, o que pode levar o algoritmo a errada classificação de áreas naturais. Essa má classificação assenta no conceito de profundidade, que é outro aspeto fulcral, imagens em que a noção de profundidade do objeto seja elevada vão transparecer uma regularidade da zona, o que é equiparado a uma característica artificial, pelo contrário uma profundidade reduzida apresenta uma padronização dos valores o que transmite também uma noção de artificialidade. O conceito de profundidade é essencial na classificação em função da entropia, um noção de profundidade média na disposição dos objetos e áreas na imagem resulta em melhores classificações.

O cálculo da entropia em zonas artificiais apresenta uma constante de valor, uma vez que zonas artificiais são mais regulares. Existem contudo zonas artificiais irregulares, mas estas obedecem por norma a um padrão, sendo que a aplicação de uma máscara visa identificar o padrão. A deteção do padrão assenta na identificação da repetição do conjunto variável, o que pode ser simples se o padrão se repetir com frequências elevadas, ou muito complicado se o padrão for de tamanho elevado e tiver uma baixa frequência de repetição. A aplicação de máscaras maiores pode identificar padrões de baixa repetição e grandes dimensões mas descredibilizaria os resultados em zonas artificiais de reduzidas dimensões e em zonas naturais, uma vez que a informação analisada por bloco seria demasiado abstrata para se conseguir obter informação dela.

A iluminação na imagem afeta em muito os resultados, dado que zonas sujeitas ao efeito desta são inqualificáveis. Valores pertencentes a mesma área mas sujeitos a iluminações diferentes apresentam valores de componentes RGB diferentes, o que impossibilita a deteção e classificação da área. No entanto em imagens com fraca iluminação, nem mesmo um humano consegue fazer uma classificação adequada.

A implementação de um algoritmo para classificação de zonas artificiais e naturais recorrendo a entropia, é um processo cheio de condicionantes e altamente irregular, é muito difícil obter resultados consistentes. Abordando problemáticas como a iluminação, a profundidade, subjetividade dos valores torna-se difícil apresentar soluções que satisfaçam uma condicionante sem deterioração

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

das outras. Em função destas condicionantes o algoritmo é personalizável e escalável no que diz respeito a máscara em análise, dado que as imagens estão sujeitas a diferentes condicionantes é necessário que análise sustente essas condicionantes, sendo essa análise diferente de imagem para imagem.

Capítulo 6

Resultados

As imagens 6.1, 6.2 e 6.3 são as imagens utilizadas como caso de estudo do algoritmo. As imagens foram escolhidas para demonstrarem os fatores condicionantes à detecção de zonas naturais e zonas artificiais. Os casos de teste 1 e 2 referem-se a ambientes internos enquanto o teste 3 representa um ambiente externo. As imagens do teste 1 e 3 têm uma resolução de 160*120, a imagem 2 tem uma resolução de 320*240.



Figura 6.1: Imagem do caso de teste 1.



Figura 6.2: Imagem do caso de teste 2.



Figura 6.3: Imagem do caso de teste 3.

6.1 Análise Normal

A análise normal a uma imagem assenta essencialmente na máscara que especificamos. A aplicação permite testar o algoritmo com máscaras compreendidas entre 1 e 15. A máscara define um bloco centrado no pixel em que se pretende calcular a entropia. A máscara tem uma influência direta na subjetividade dos dados em análise, uma vez que esta indica a quantidade de informação a levar em conta na análise do pixel. Nas imagens com pouca resolução, em que existem poucos pixels por área, a classificação é difícil ou incoerente devido a falta de detalhe, dado que a informação é reduzida. A falta de detalhe numa análise invalida a heterogeneidade das zonas naturais, uma vez que análise revela uma regularidade da cor que é uma propriedade das zonas artificiais.

6.1.1 Análise normal para o teste 1.

O caso de teste 1, ao ser analisado, apresentou os resultados descritos nas figuras 6.4, 6.5 e 6.6. A variação da máscara aplicada afeta diretamente a nitidez dos resultados. Com uma máscara mais

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

elevada obtemos maior subjetividade na definição e detecção de áreas nos resultados.



Figura 6.4: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 3.



Figura 6.5: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 5.



Figura 6.6: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 1 com máscara de 10.

Com a realização do teste verifica-se que máscaras de menor tamanho proporcionam resultados menos ambíguos. Nota-se também uma influencia direta das condições de iluminação, que invalidam os resultados nas áreas que se encontram demasiado expostas a iluminação. Consegue-se identificar os atores na cena, e os resultados indicam que existe heterogeneidade naquela área, o que é uma característica de uma área natural. Os resultados são parcialmente satisfatórios neste teste uma vez que os objetos na imagem não sofrem da condicionante de profundidade.

6.1.2 Análise normal para o teste 2.

O caso de teste 2, ao ser analisado, apresentou os resultados descritos nas figuras 6.7, 6.8 e 6.9. A cena descrita na imagem é relativamente simples e revela-nos uma forte incidência dos efeitos da iluminação nos resultados.

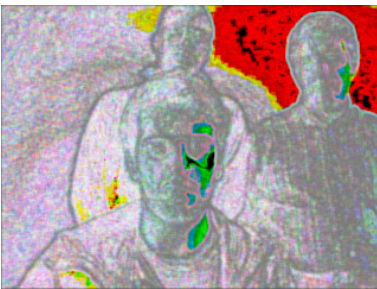


Figura 6.7: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 3.

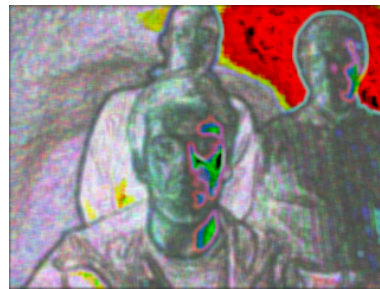


Figura 6.8: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 5.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens



Figura 6.9: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 2 com máscara de 10.

A condicionante de profundidade afeta os resultados, dado que apesar de serem detetados os atores, a heterogeneidade na área que os engloba é pouca, o que indica que é encontrada uma regularidade na cor da área que devia ser natural. As zonas afetadas pela iluminação são notoriamente identificáveis, aparecendo manchas nas áreas onde a iluminação é mais incidente. A cor das manchas depende da superfície, na parede estas apresentam tons de encarnados e na pele tons esverdeados. Como se pode ver neste teste a iluminação é uma grande condicionante na classificação, sendo que esta descaracteriza os resultados nas áreas fortemente iluminadas.

6.1.3 Análise normal para o teste 3.

O caso de teste 3, ao ser analisado, apresentou os resultados descritos nas figuras 6.10, 6.11 e 6.12. A imagem do caso de teste 3 apresenta um cenário exterior. Neste caso de teste é possível identificar bem a condicionante da profundidade, e a sua direta influência nos resultados.



Figura 6.10: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 3.

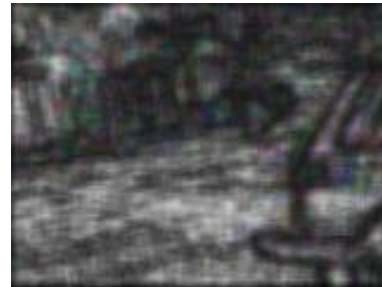


Figura 6.11: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 5.

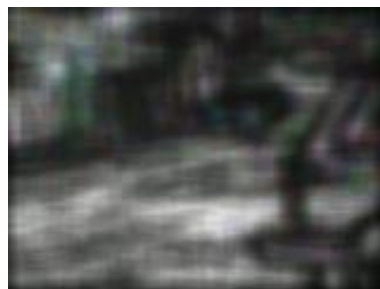


Figura 6.12: Resultado da análise da imagem do caso de Teste 3 com máscara de 10.

Nos resultados obtidos para o teste 3 observa-se uma falta de objetividade na identificação das áreas. A profundidade das áreas e objetos reflete-se nos resultados uma vez que é reduzida a

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

quantidade de pixels por área. Quando uma área inside em poucos pixels da imagem, a informação dessa área é reduzida e dado que o cálculo da entropia é uma quantificação da informação os resultados serão fracos. Apesar de com a máscara de 5 ser ainda visível a árvore, essa detecção é demasiado ambígua para que seja definida como funcional. No caso do teste com a máscara de 3 a abstração dos resultados é demasiado grande para serem considerados relevantes.

6.2 Análise com Arredondamentos

A análise com arredondamentos visa eliminar ou atenuar a subjetividade dos resultados. Os arredondamentos servem para limitar os valores em análise. Essa limitação é efetuada através de dois modos, pelo modo da limitação da escala ou por uma harmonização dos valores em análise. Definiu-se por limitação da escala o arredondamento às dezenas e entendeu-se a harmonização dos valores em análise por arredondamento por componente.

6.2.1 Arredondamento às Dezenas

A análise por arredondamento às dezenas assenta numa limitação da escala, onde em vez de uma variação entre 0 e 255, os valores variam entre as 25 dezenas dessa escala. Com o arredondamento pretende-se limitar a escala e obter resultados mais concisos especialmente em imagens onde exista um grau de abstração elevado.



Figura 6.13: Análise com arredondamento as dezenas para o teste 1.

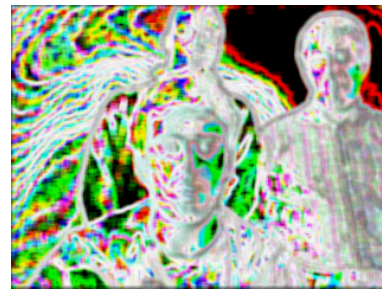


Figura 6.14: Análise com arredondamento as dezenas para o teste 2.

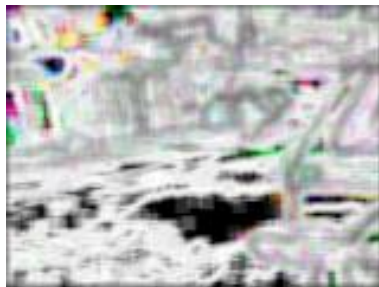


Figura 6.15: Análise com arredondamento as dezenas para o teste 3.

Como é visível nos resultados as condições da imagem afetam os resultados. Especialmente o nível de abstração e o conceito de profundidade, o teste 1 e 2 que tem um nível de abstração menor apresentam uma melhor detecção. No teste 3 ao contrário da análise normal, é possível identificar com mais certeza a árvore na cena, ainda que não de forma totalmente clara. O facto de eliminação

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

de um condicionante prejudicar a informação analisada verifica-se no caso do teste 3 onde o nível de heterogeneidade aumenta verticalmente na cena podendo indicar áreas artificiais como naturais. No teste 2 vemos que com este arredondamento há uma regularização das zonas naturais, como é visível na roupa dos atores da cena, enquanto na parede verifica-se uma diversificação de resultados. Estes testes demonstram que o tratamento ou limitação de uma condicionante atua negativamente sobre os efeitos das outras condicionantes na caracterização de uma área.

6.2.2 Arredondamento por Componente

O arredondamento por componente pretende limitar a escala dos valores em análise, para isso é feita uma harmonização dos mesmos. Ao harmonizarmos os valores as variações dos valores assentarão em comportamentos semelhantes. Como já descrito no algoritmo o arredondamento por componente consiste na divisão de uma componente RGB em análise pela soma do total das componentes RGB ($R=R/(R+G+B)$).

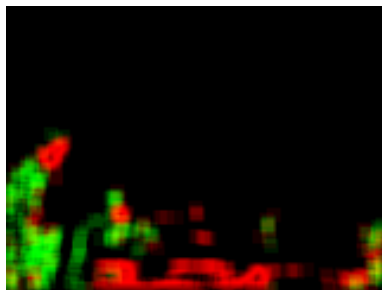


Figura 6.16: Análise com arredondamento por componente para o teste 1.

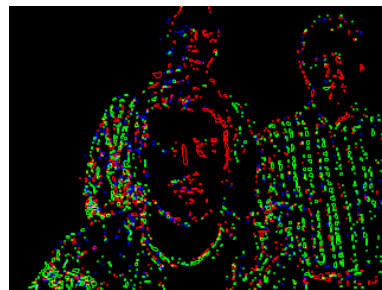


Figura 6.17: Análise com arredondamento por componente para o teste 2.

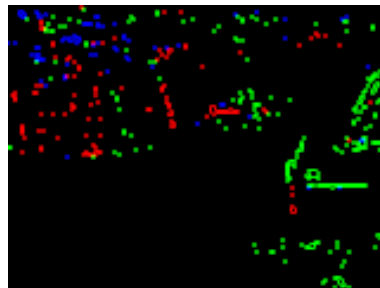


Figura 6.18: Análise com arredondamento por componente para o teste 3.

Como é visível nos resultados nos três testes há um aumento da homogeneidade nas áreas analisadas. Com o aumento homogeneidade das áreas analisadas, as áreas mais irregulares ou heterogêneas tidas como naturais são destacadas. Os resultados depois variam consoante o nível de abstração da cena, sendo que níveis de abstração menores permitem resultados mais consistentes e objetivos.

6.3 Análise com aplicação de filtros

A aplicação de filtros surge na necessidade do tratamento das condições da imagem. Como já foi referido a análise sofre de muitos fatores condicionantes, como a iluminação, a profundidade e a subjetividade. Cada um dos filtros pode ou não auxiliar no tratamento dos fatores condicionantes

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

da imagem. A aplicação destes é definida pelo utilizador que em função de testes e resultados verifica a validade ou não da aplicação do filtro a análise. A aplicação de filtros deve ser moderada e comedida, como já referido o tratamento de uma condicionante afeta negativamente o efeito de outras condicionantes na imagem, o que deteriora os resultados. Assim ao aplicar-se um filtro para corrigir um fator podemos estar a descompensar um fator que até ao momento era correto. O cálculo da entropia assenta numa quantificação da informação, ao aplicar-mos um filtro adulteramos essa informação, a adulteração é irrelevante até a um certo ponto, sendo que a repetitiva utilização de filtros em cima de filtros altera a informação e descredibiliza os resultados. A aplicação de filtros deve ser cautelosa e prudente, dado que o utilizador só os deve utilizar se realmente houver melhoria de resultados.

6.3.1 Aplicação de filtros para o teste 1

As imagens 6.19, 6.20, 6.21 e 6.22 apresentam resultados para a análise ao teste 1 utilizando filtros de imagem Aforge [5]. A análise da entropia como já referido baseia-se numa quantificação da informação, não em caracterização da informação. Com a aplicação de filtros no caso de teste 1 espera-se que os resultados sejam apresentados de forma diferente se possível mais objetiva e clara.



Figura 6.19: Análise com o filtro de Gaussian para o teste 1.

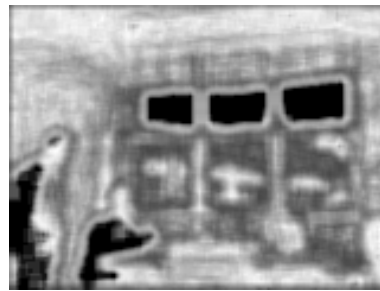


Figura 6.20: Análise com o filtro de HSL para o teste 1.



Figura 6.21: Análise com o filtro de HSL linear para o teste 1.

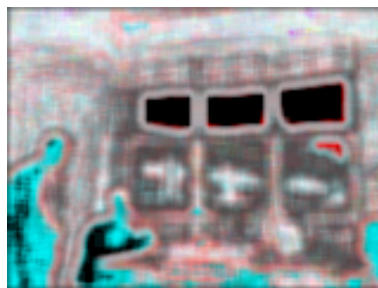


Figura 6.22: Análise com o filtro de Hue para o teste 1.

A aplicação dos filtros não adulterou os resultados, existindo uma maior distinção entre áreas no caso do filtro de Gaussian 6.19, o que é normal já que este elimina o ruído. A aplicação dos outros filtros mostra os resultados de forma diferente mas não altera os mesmos, tal facto pode ser importante quando os resultados na análise normal forem um pouco ambíguos.

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

6.3.2 Aplicação de filtros para o teste 2

As imagens 6.23, 6.24, 6.25 e 6.26 apresentam resultados para a análise ao teste 2 utilizando filtros de imagem Aforge [5]. No caso do teste 2 onde as condicionantes da profundidade e da iluminação são visíveis, esperava-se que a aplicação dos filtros atenua-se os seus efeitos.



Figura 6.23: Análise com o filtro de Gaussian para o teste 2.



Figura 6.24: Análise com o filtro de equalização do Histograma para o teste 2.

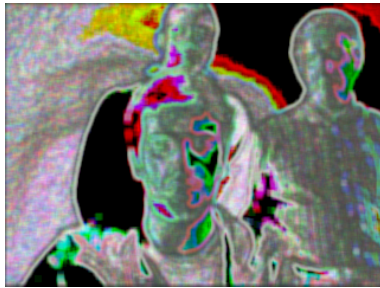


Figura 6.25: Análise com o filtro de correcção de contraste para o teste 2.

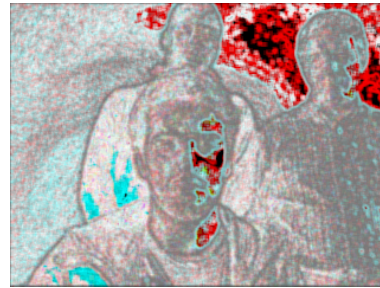


Figura 6.26: Análise com o filtro de Hue para o teste 2.

Os resultados demonstram que aplicação de filtros não garante sempre os mesmos resultados, o que nos impossibilita de definir uma análise sequencial baseada em filtros. Os filtros devem ser aplicados consoante as condições da imagem e a validação destes provém do teste e do resultado da utilização. Como é visível enquanto no teste 1 com a aplicação do filtro de Gaussian houve a distinção entre áreas, aqui o filtro de Gaussian não gerou esse efeito. Neste teste foi a equalização pelo histograma que acentuou a distinção entre áreas. Os outros resultados como podemos ver pioram a análise, servindo estes de reforço para a ideia que a aplicação de filtros assenta numa política experimental, não sendo os seus resultados objetivos, uma vez que esta depende de condicionantes da imagem.

6.3.3 Aplicação de filtros para o teste 3

As imagens 6.27, 6.28, 6.29 e 6.30 apresentam resultados para a análise ao teste 3 utilizando filtros de imagem Aforge [5]. O caso de teste 3 é uma imagem em que a distribuição de informação é muito abstrata, sendo que a quantidade de pixels por área é reduzida. Os efeitos da profundidade fazem-se sentir, uma vez que os objetos e áreas se encontram a grande distancia da câmara, o que aumenta a ambiguidade na cena. A aplicação de filtros neste teste visa diminuir a subjetividade e abstração dos resultados.

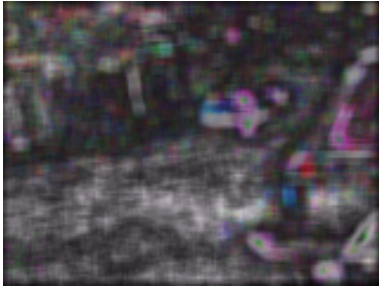


Figura 6.27: Análise com o filtro de Gaussian para o teste 3.

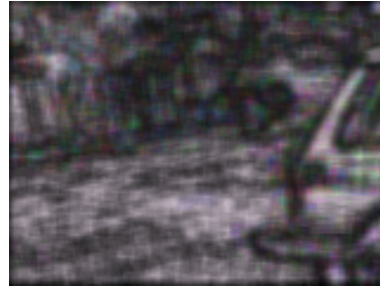


Figura 6.28: Análise com o filtro de equalização do Histograma para o teste 3.

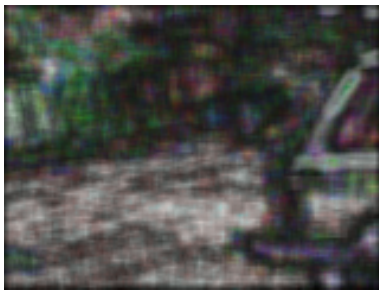


Figura 6.29: Análise com o filtro de HSL Linear para o teste 3.

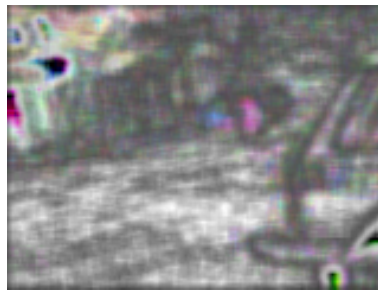


Figura 6.30: Análise com o filtro de correção de contraste para o teste 3.

Como se vê nestes resultados com a aplicação de filtros é possível identificar as zonas naturais ainda que com pouca clareza em imagens de grande abstração. A aplicação de filtros visa tratar as imagens para que a análise demonstre melhor os resultados. As imagens 6.27, 6.29 e 6.30, conseguem indicar as zonas que podem ser identificadas como zonas naturais. Por outro lado a aplicação de filtros contém um revés pois descaracteriza zonas em que análise era correta, nos resultados podemos ver que na zona do carro dois dos filtros apresentam comportamento semelhante ao de zona natural.

6.4 Conclusões

Ao analisar-se os resultados verifica-se o elevado número de condicionantes da análise da entropia para a classificação de zonas naturais e artificiais dentro de imagens. A profundidade, a iluminação e ainda a abstração dos dados são talvez as condicionantes mais influentes. De referir que o algoritmo foi testado com três câmaras diferentes, sendo duas delas de telemóvel e uma *webcam*, os resultados apresentaram características similares nos três casos. O algoritmo é vocacionado para imagens de baixa/média resolução o que assentava nos objetivos propostos, mas em imagens de elevadas resoluções em que a quantidade de informação é maior pressupõe-se obter mais detalhe na análise.

O efeito de história é uma condicionante que deve ser tida em conta. O efeito de história consiste na influência dos resultados por acontecimentos prévios, o que inside dentro da análise através da máscara. Ao definir-se uma máscara que configura um bloco, que se especifica como conjunto de análise para cada pixel da imagem, esta-se a agregar a análise um conjunto de valores vizinhos para uma só ocorrência de análise. Analisando o conjunto de vizinhos permite-se que a informação

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

nesses vizinhos integre a especificação da análise. O efeito de história surge porque um pixel vizinho que não seja adequado por qualquer motivo, defeito da câmara ou efeito do ambiente, pode condicionar o resultado naquele bloco e assim o resultado final. Contudo o efeito de história é um risco que se tem de correr, dado que a análise por blocos é fulcral para o algoritmo, uma vez que esta elimina subjetividade dos valores e identifica padrões e a sua regularidade, o que permite classificar áreas artificiais que padeçam de irregularidade de cor.

Os resultados mostram a dificuldade em encontrar um comportamento sequencial para a classificação e identificação de zonas naturais e artificiais. As condicionantes são muitas, como referido corrigindo uma acentua-se os efeitos das outras, perdendo informação. O reconhecimento foi quase sempre parcial, sendo que os objetos naturais apresentam sempre mais variação de valor nas áreas que os circundam apresentando cores mais aguerridas, contrariamente aos objetos artificiais. O cálculo da entropia visa quantificar informação, ao recorrer-se a essa informação pretendia-se classificar em função da quantidade obtida e dos seus valores. A informação abrange uma grande diversidade e sofre de elevadas condicionantes, sendo que a lógica de zonas naturais serem heterogéneas e as artificiais homogéneas na diversificação de cor, é uma premissa pouco abrangente. O conjunto destes factos leva a que os resultados obtidos sejam parciais e exista a necessidade de uma configuração complexa para uma classificação aceitável.

Capítulo 7

Conclusões e trabalho futuro

No seguimento do trabalho desenvolvido são várias as considerações retiradas, sendo algumas de nível pessoal, nível profissional e outras experimentais.

A nível experimental refiro que a classificação de zonas artificiais e naturais é um processo complexo que produz resultados diversos que não obedecem a conceito específico. Sendo que se propôs a classificação dentro do conceito do AAL, em que esta serviria para a análise comportamental, indico que dada as suscetibilidades do AAL e parcialidade dos resultados, o procedimento não eficiência desejada. Contudo dentro do AAL seria interessante aplicar o algoritmo para análise de imagens a cores que especificassem patologias. A capacidade do algoritmo em reconhecer padrões e diferencia-los seria útil na análise de exames médicos a cores onde a distinção entre áreas fosse necessária. A nível experimental mas teórico refiro que sendo o cálculo da entropia um medidor de informação, a utilização dessa informação para classificação padece de muitos pressupostos, sendo que só será uma mecanismo de classificação válido se a informação for controlada e condicionada. Os conceitos que abordem quantificações e variações de informação são ainda uma área abstrata e em crescimento, espero por isso que com este projeto tenha contribuído de uma humilde forma para o avanço desta área.

A nível profissional o desafio que me foi proposto foi enriquecedor, acredito que contribuiu para um crescimento enquanto profissional. Conhecimentos de diversas áreas foram consolidados, tais como conhecimentos da linguagem de programação *C Sharp*, conhecimentos de engenharia de software, de análise de requisitos, de base de dados e de metodologias experimental. Dentro da área de análise e processamento de imagens, que foi a raiz do trabalho desenvolvido, acredito ter havido uma enorme angariação de conceitos, que me serão úteis de futuro.

Mais importante que um resultado é o caminho que se percorre para o atingir. A maturidade vêm essencialmente dos desafios que se ultrapassam para atingir um resultado, sendo que a vitória está em vencer os desafios. A nível pessoal são estes os ensinamentos que recolhi não só deste trabalho como da minha vida académica.

Como trabalho futuro, sugerem-se as seguintes funcionalidades ou melhoramentos à aplicação desenvolvida:

- Processamento do algoritmo em GPU;
- Caracterização assente na análise de objetos extraídos da imagem, por técnicas de segmentação e erosão da cena;
- Aplicação do algoritmo de caracterização para outras áreas, tais como exames médicos ou catalogação geográfica;
- Criação de um conjunto de resultados do algoritmo que sirva de uma base de sustento em mecanismos de mineração de dados, que permita a classificação da informação, para que a caracterização seja realizada de forma comparativa e não completamente processual.

Bibliografia

- [1] A. Bosch, A. Zisserman, and X. Munoz, “Image classification using random forests and ferns,” *International Conference on Computer ...*, 2007. [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.64.9365&rep=rep1&type=pdf%5Cdelimiter%026E30F%5Cnpapers://3fc38edd-8398-4e15-a317-8f94eea1de4c/Paper/p2475> xi, 4, 5
- [2] M. P. D. Albuquerque and I. A. Esquef, “Image Segmentation using nonextensive relative entropy,” pp. 477–483, 2008. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4839118> xi, 5, 21
- [3] Aforge.net :: Framework samples - computer vision. (Visited on 10/18/2013). [Online]. Available: http://www.aforgenet.com/framework/samples/computer_vision.html xi, 6
- [4] Aforge.net :: Framework samples - video. (Visited on 10/18/2013). [Online]. Available: <http://www.aforgenet.com/framework/samples/video.html> xi, 7
- [5] “Aforge.imaging.filters namespace,” <http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/cdf93487-0659-e371-fed9-3b216efb6954.htm>. xiii, 20, 22, 32, 33
- [6] R. Costa, D. Carneiro, P. Novais, L. Lima, J. Machado, A. Marques, and J. Neves, “Ambient Assisted Living,” in *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 86–94. [Online]. Available: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-85867-6_10 3
- [7] I. Ayala, M. Amor, and L. Fuentes, “Autonomic Agents for Mobile Ambient Assisted Living Applications,” in *5th International symposium on ubiquitous computing and ambient intelligence*, J. Bravo, D. Lopez de Piña, S. Ochoa, and J. Favela, Eds., 2011, p. 8. 3
- [8] A. A. Chaaraoui, P. Climent-Pérez, and F. Flórez-Revuelta, “A review on vision techniques applied to Human Behaviour Analysis for Ambient-Assisted Living,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, no. 12, pp. 10 873–10 888, Sep. 2012. [Online]. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417412004757> 3
- [9] T. B. Moeslund, V. Krüger, and A. Hilton, “A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis,” pp. 90–126, 2006. 3
- [10] J. W. J. Wu, A. Osuntogun, T. Choudhury, M. Philipose, and J. Rehg, “A Scalable Approach to Activity Recognition based on Object Use,” *2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision*, 2007. 3
- [11] C. E. Shannon, “Communication theory of secrecy systems. 1945.” *M.D. computing : computers in medical practice*, vol. 15, no. 1, pp. 57–64, 1948. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23484506> 4
- [12] —, “A Mathematical Theory of Communication,” *Bell System Technical Journal*, vol. 27, no. July 1928, pp. 379–423, 1948. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=584093> 4, 21
- [13] E. D. E. Shannon, E. L. L. Rodrigues, C. A. D. França, V. O. Roda, and A. Gonzaga, “Classificação de imagens baseada na entropia de shannon.” pp. 26–29. 5, 21

Uso da Entropia de Shannon para classificação de zonas artificiais ou naturais em imagens

- [14] A. K. C. Wong and P. Sahoo, “A gray-level threshold selection method based on maximum entropy principle,” *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 19, no. 4, pp. 866–871, 1989. 5, 21
- [15] “Aforge.net :: Framework,” <http://www.aforgenet.com/framework/>. 6
- [16] Aforge.net :: Framework features - linear color correction filters. (Visited on 10/18/2013). [Online]. Available: http://www.aforgenet.com/framework/features/color_correction_filters.html 6
- [17] L. Rainingsih, Arini, and V. Arifin, “Implementation of motion detection on early warning system for residential security based multimedia messaging service (mms),” in *Information and Communication Technology for the Muslim World (ICT4M), 2010 International Conference on*, 2010, pp. E48–E53. 6
- [18] Opencv | opencv. (Visited on 10/18/2013). [Online]. Available: <http://opencv.org/> 7
- [19] Geocoding, “The google geocoding api - google maps api web services ? google developers,” <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>. 17
- [20] “My ip address lookup, community geotarget ip address lookup project,” <http://www.hostip.info/>, location by IP. 17