



Universidade Nova de Lisboa
OMNIS CIVITAS CONTRA SE DIVISA NON STABIT
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Detecção e Quantificação Automática da Actividade Solar

Teresa Rebelo

**Dissertação para obtenção do grau de Mestrado Integrado em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

Orientador: *José Manuel Fonseca*

Fevereiro 2009



Universidade Nova de Lisboa
OMNIS CIVITAS CONTRA SE DIVISA NON STABIT
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Detecção e Quantificação Automática da Actividade Solar

Teresa Rebelo

**Dissertação para obtenção do grau de Mestrado Integrado em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

Orientador: *José Manuel Fonseca*

Fevereiro 2009

Resumo

Esta dissertação teve como objectivo desenvolver uma ferramenta que efectue a detecção e reconhecimento automáticos de zonas activas utilizando técnicas de processamento digital de imagem. Este estudo foi produzido com base em observações solares nas gamas K1, K3 e H-alpha. Para além da análise das imagens também se pretendeu construir um servidor de imagens dotado de capacidade de processamento como resposta ao pedido de disponibilização do espólio de imagens do observatório de Coimbra à comunidade científica internacional.

Da análise das imagens solares, foram realizadas duas ferramentas. A primeira consiste em definir parâmetros obrigatórios para a orientação e dimensão das imagens do sol, que permitem obter imagens centradas, rodadas e normalizadas. A segunda, que opera com base nas imagens normalizadas da gama K1, permite criar imagens onde as manchas solares se encontram assinaladas assim como, contabilizar e mapear todas as manchas solares detectadas. Foi criado o website COSIS – Coimbra Solar Information System, que disponibiliza as ferramentas de processamento digital de imagem, as imagens resultantes do processamento, e as observações solares.

Como resultado do estudo desenvolvido, é possível ter acesso a uma grande quantidade de imagens já processadas bem como à rica e vasta colecção existentes no Observatório Astronómico de Coimbra.

Palavras-Chave:

Sol, imagem, manchas solares, detecção de zonas activas, Coimbra.

Abstract

It was intended with this dissertation the development of an automatic tool for feature detection and recognition of solar disturbances using digital image processing methods. This work was base produced in solar observations in the K1, K3 and H α line. For beyond images analysis it is also intended to create an image server endowed with capacity of image processing as answer to provide the image gallery of the Observatory of Coimbra to the international scientific community.

From the analysis of the solar images, two tools were accomplished. The first tool consists of creating standard orientation and dimension solar images, which allow achieving, centered rotated and normalized images. The second tool works with those normalized images. It allows the creation of highlighted sunspots images and maps all the detected sunspots.

As result of the developed study, it is possible to obtain a great amount of processed images as well as the rich and huge image collection of Coimbra Observatory.

Keywords:

Sun, image, sunspots, detection of active regions, Coimbra.

Agradecimentos

Com o receio de me esquecer de alguém, e não estabelecendo nenhuma ordem em particular, seguem-se os agradecimentos.

Ao orientador da dissertação, Professor José Manuel Fonseca pelos seus conselhos, por todo o apoio dado durante o decorrer da dissertação e pela oportunidade concedida e confiança depositada.

À Professora Rita Ribeiro, HOLOS e o projecto COSIS pela bolsa de estudo em prol do trabalho desenvolvido.

Ao grupo de trabalho do UNINOVA-CRI, e em especial, quer ao Professor André Mora pela disponibilidade e por todos os bons conselhos transmitidos, quer ao colegas de trabalho Henrique Ferreira, Nelson Ruivo, Pedro Barroso e Sara Granjo por todo o apoio dado e por terem criado um excelente ambiente de trabalho.

Ao departamento de Engenharia Electrotécnica e ao Centro de Robótica Inteligente do UNINOVA pelas condições de trabalho oferecidas.

Ao Tiago Peres e Ricardo Rodrigues por todo o apoio concedido no decorrer do projecto.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus amigos e namorado, por todo o apoio, paciência e incentivo durante a realização do projecto.

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Março de 2009

Teresa Rebelo

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 ENQUADRAMENTO.....	2
1.3 CONTEXTO HISTÓRICO E ESTUDOS RELACIONADOS.....	8
1.4 OBSERVAÇÃO SOLAR EM COIMBRA.....	12
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	14
NOTAÇÕES ADOPTADAS.....	15
CAPÍTULO 2. DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA ACTIVIDADE SOLAR	17
2.1 OBJECTIVOS E CONTRIBUIÇÕES.....	17
2.2 INVESTIGAÇÃO EFECTUADA.....	17
2.3 SOLUÇÃO DESENVOLVIDA.....	18
2.3.1 <i>Normalização de Imagens</i>	<i>19</i>
2.3.2 <i>Detecção de Perturbações Solares</i>	<i>20</i>
2.3.3 <i>Website COSIS</i>	<i>20</i>
CAPÍTULO 3. DEFINIÇÃO DE CONCEITOS.....	23
3.1 IMAGEM BINÁRIA.....	23
3.2 IMAGEM EM TONS DE CINZENTO.....	23
3.3 IMAGEM RGB.....	23
3.4 COMPLEMENTO.....	23
3.5 BINARIZAÇÃO.....	24
3.6 THRESHOLD.....	24
3.7 VARIÂNCIA.....	24
3.8 MÉTODO DE OTSU.....	24
3.9 ÁREA.....	25
3.10 CENTRO GEOMÉTRICO.....	25
3.11 EIXO MAIOR E EIXO MENOR.....	26
3.12 ORIENTAÇÃO – EIXO DE MOMENTO.....	26
3.13 CIRCULARIDADE.....	28
3.14 EROÇÃO.....	28
3.15 DILATAÇÃO.....	28
3.16 ABERTURA.....	29
3.17 FECHO.....	30
3.18 DISTÂNCIA EUCLIDIANA.....	31
3.19 MÉDIA E MEDIANA.....	31
3.20 ALGORITMO DE COMPONENTES LIGADOS.....	32

3.21	TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA NO ESPAÇO.....	33
3.22	TRANSFORMADA WATERSHED.....	35
CAPÍTULO 4. FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM.....		37
4.1	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO IMPLEMENTADA.....	37
4.1.1	<i>Normalização das Imagens</i>	38
4.1.2	<i>Detecção de Manchas Solares</i>	44
4.2	TECNOLOGIAS DE SUPORTE.....	51
4.2.1	<i>Requisitos mínimos do Sistema</i>	55
4.3	IMPLEMENTAÇÃO.....	55
4.4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	61
4.4.1	<i>Normalização das Imagens</i>	61
4.4.2	<i>Detecção de Manchas Solares</i>	66
CAPÍTULO 5. WEBSITE COSIS.....		75
5.1	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO IMPLEMENTADA.....	75
5.2	TECNOLOGIAS DE SUPORTE.....	76
5.1.1	<i>Joomla!</i>	76
5.1.2	<i>WAMP</i>	78
5.1.3	<i>Apache</i>	79
5.1.4	<i>PHP5</i>	79
5.1.5	<i>MySQL</i>	79
5.1.6	<i>SQLite</i>	80
5.1.7	<i>MySQL Migration Toolkit</i>	80
5.1.8	<i>PHPmyAdmin</i>	80
5.1.9	<i>Requisitos mínimos do Sistema</i>	80
5.2	IMPLEMENTAÇÃO.....	80
5.2.1	<i>Interface Gráfica do Website COSIS</i>	82
5.2.2	<i>Requisitos Funcionais</i>	86
5.2.2.1	<i>Menu de Topo</i>	86
5.2.2.2	<i>Menu Principal</i>	87
5.2.2.3	<i>Login</i>	88
5.2.2.4	<i>Menu do Utilizador</i>	89
5.2.3	<i>Interface de Administração</i>	90
5.2.4	<i>Extensões e Integrações</i>	90
5.2.4.1	<i>Inclusão das ferramentas de processamento digital de imagem no website COSIS</i> 91	
5.2.4.2	<i>Inclusão de requisitos funcionais no website COSIS</i>	92
6	CONCLUSÕES.....	97
6.1	APRECIÇÃO CRÍTICA DO TRABALHO DESENVOLVIDO.....	97

6.2	TRABALHO FUTURO	97
	ANEXO A. SISTEMAS DE GESTÃO DE CONTEÚDO.....	99
	BIBLIOGRAFIA.....	104
	REFERÊNCIAS ONLINE	105
	LISTA DE SIGLAS	108

Índice de Figuras

FIGURA 1-1 ESQUEMA DO INTERIOR E EXTERIOR SOLAR. [3]	2
FIGURA 1-2 VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MANCHAS ENTRE 1700 E 1995: CICLO SOLAR.	3
FIGURA 1-3 A) E B): "SOLAR MAX" E "SOLAR MIN" [4].....	4
FIGURA 1-4 ESPECTRO SOLAR NAS VIZINHANÇAS DA RISCA DE HIDROGÉNIO, HA (RISCA MAIS INTENSA A 6563 Å).....	5
FIGURA 1-5 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NA ATMOSFERA SOLAR (0 KM CORRESPONDE À BASE DA FOTOSFERA) E O CORRESPONDENTE LOCAL DE FORMAÇÃO DAS RISCA	6
FIGURA 1-6 A) E B): ESPECTROHELIOGRAMAS HA E K3. PROTUBERÂNCIAS (SETAS), FILAMENTOS (ELIPSES) E REGIÃO FACULAR (CIRCUNFERÊNCIA).	6
FIGURA 1-7 DETALHE DE UMA MANCHA SOLAR: SOMBRA E PENUMBRA. [7]	7
FIGURA 1-8 O SOL VISTO DA SUPERFÍCIE TERRESTRE [8].....	8
FIGURA 1-9 ECLIPSE SOLAR [9]	10
FIGURA 2-1 ARQUITECTURA LÓGICA DO SISTEMA.....	18
FIGURA 3-1 COMPLEMENTO A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE [36]	24
FIGURA 3-2 MÉTODO DE OTSU A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE. [12]	25
FIGURA 3-3 CENTRO GEOMÉTRICO.....	26
FIGURA 3-4 A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM ERODIDA [36]	28
FIGURA 3-5 A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM DILATADA [36]	28
FIGURA 3-6 ABERTURA A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE [36].....	29
FIGURA 3-7 ABERTURA A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE [36].....	29
FIGURA 3-8 FECHO A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE [36]	30
FIGURA 3-9 FECHO A) IMAGEM ORIGINAL E B) IMAGEM RESULTANTE [36]	30
FIGURA 3-10 DISTÂNCIA EUCLIDIANA ENTRE 3 PONTOS.	31
FIGURA 3-11 MEDIANAS DE UM TRIÂNGULO	32
FIGURA 3-12 A) ADJACÊNCIA A 4 PÍXEIS E B) ADJACÊNCIA A 8 PÍXEIS.	32
FIGURA 3-13 ALGORITMO DE COMPONENTES LIGADOS.	33
FIGURA 3-14 TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA NO ESPAÇO.	34
FIGURA 3-15 WATERSHED A) IMAGEM DE ENTRADA, B) SUPERFÍCIE.....	35
FIGURA 4-1 PROCESSO DE NORMALIZAÇÃO DOS ESPECTROHELIOGRAMAS: A) BINARIZAÇÃO; B) ETIQUETAGEM; C) ROTAÇÃO; D) ELIMINAR MARCAS DE ORIENTAÇÃO; E) CORRECÇÃO DA NÃO CIRCULARIDADE DO DISCO SOLAR; F) REDIMENSIONAMENTO.....	38
FIGURA 4-2 BINARIZAÇÃO DA IMAGEM A) IMAGEM ORIGINAL B) IMAGEM RESULTANTE.	39
FIGURA 4-3 ETIQUETAGEM A) IMAGEM ORIGINAL B) IMAGEM RESULTANTE.	39
FIGURA 4-4 REGIÕES DE INTERESSE PARA NORTE E SUL	40
FIGURA 4-5 ROTAÇÃO A) TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA B) TRANSFORMAÇÃO NO ESPAÇO.....	41
FIGURA 4-6 ORIENTAÇÃO DA IMAGEM A) EIXOS DAS MARCAS DE ORIENTAÇÃO B) IMAGEM RODADA C) IMAGEM RESULTANTE. .	42

FIGURA 4-7 CORRECÇÃO DA NÃO-CIRCULARIDADE A) TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA EM X B) TRANSFORMAÇÃO GEOMÉTRICA EM Y.	43
FIGURA 4-8 NORMALIZAÇÃO DA IMAGEM A) IMAGEM RODADA E ORIENTADA B)CORRECÇÃO DA NÃO-CIRCULARIDADE C)REDIMENSIONAMENTO.....	44
FIGURA 4-9 PROCESSO DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES: A)CORRECÇÃO DE LUMINOSIDADE; B)SEGMENTAÇÃO E ETIQUETAGEM; C)EXTRACÇÃO DE MANCHAS SOLARES; D)CENTROS GEOMÉTRICOS DE CADA MANCHA SOLAR.	45
FIGURA 4-10 TRANSFORMADA TOPHAT: A) IMAGEM ORIGINAL; B) IMAGEM BINÁRIA; C) ABERTURA; D) IMAGEM RESULTANTE.	46
FIGURA 4-11 TRANSFORMADA TOPHAT: A) IMAGEM ORIGINAL; B) IMAGEM RESULTANTE.	47
FIGURA 4-12 IMAGENS BINÁRIAS: A) THRESHOLD MÁXIMO (0.5529); B) THRESHOLD DE OTSU (0.4529); c) THRESHOLD MÍNIMO (0.3529)	48
FIGURA 4-13 TRANSFORMADA WATERSHED: A) IMAGEM BINÁRIA; B) CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS; C) OBJECTOS RESULTANTES DA SEGMENTAÇÃO	48
FIGURA 4-14 CLASSIFICAÇÃO: A)IMAGEM BINÁRIA; B) SEGMENTAÇÃO E ETIQUETAGEM; C) OBJECTOS RESULTANTES DA CLASSIFICAÇÃO.....	49
FIGURA 4-15 MANCHAS SOLARES	50
FIGURA 4-16 CONFIGURAÇÃO DE REDE[36]	52
FIGURA 4-17 CONFIGURAÇÃO DE REDE (COMPLEXA)	53
FIGURA 4-18 PROCESSO DE COMUNICAÇÃO DO MATLAB NA WEB.	54
FIGURA 4-19 GUI DE APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE NORMALIZAÇÃO DE IMAGENS.	56
FIGURA 4-20 GUI PARA GESTÃO DOS DADOS DE ENTRADA DA FERRAMENTA DE NORMALIZAÇÃO DE IMAGENS.	56
FIGURA 4-21 GUI COM OS RESULTADOS DA FERRAMENTA DE NORMALIZAÇÃO DE IMAGENS.	57
FIGURA 4-22 GUI DE APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES.	59
FIGURA 4-23 GUI COM OS RESULTADOS DA FERRAMENTA DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES.	60
FIGURA 4-24 NORMALIZAÇÃO: A) ESPECTROHELIGRAMA K1V_03_02_01_11H_49, B) IMAGEM NORMALIZADA.	62
FIGURA 4-25 PROPRIEDADES RESULTANTES DA NORMALIZAÇÃO DO ESPECTROHELIOGRAMA K1V_03_02_01_11H_49.....	62
FIGURA 4-26 NORMALIZAÇÃO: A) ESPECTROHELIGRAMA K3_01_02_01_11H_48 B) IMAGEM NORMALIZADA.....	63
FIGURA 4-27 PROPRIEDADES RESULTANTES DA NORMALIZAÇÃO DO ESPECTROHELIOGRAMA K3_01_02_01_11H_48.	64
FIGURA 4-28 NORMALIZAÇÃO: A) ESPECTROHELIGRAMA HA_01_02_01_11H_45 B) IMAGEM NORMALIZADA.	65
FIGURA 4-29 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES: A) ESPECTROHELIGRAMA K1V_18_03_01_14H_28 B) ESPECTROHELIGRAMA K1V_27_03_01_08H_25.	66
FIGURA 5-1 SISTEMA DE GESTÃO DE CONTEÚDOS – SGC.....	99
FIGURA 5-2 JOOMLA! FRONT-ÉND - PÁGINA [17]	101
FIGURA 5-3 JOOMLA! BACK-ÉND - CONFIGURAÇÃO [17].....	101
FIGURA 5-4 DRUPAL FRONT-ÉND - PÁGINA [19].....	102
FIGURA 5-5 DRUPAL BACK-ÉND – CONFIGURAÇÃO [19].....	102
FIGURA 5-6 PÁGINA PLONE [20].....	103

FIGURA 5-7 PÁGINA DE ADMINISTRAÇÃO: PAINEL DE CONTROLO [17].....	76
FIGURA 5-8 ARQUITECTUTA DE SOFTWARE DO JOOMLA! [22].	78
FIGURA 5-9 PÁGINA INICIAL DA INTERFACE COSIS.....	82
FIGURA 5-10 RESULTADOS DE UMA SONDAAGEM.	83
FIGURA 5-11 PÁGINA PRINCIPAL DA INTERFACE COSIS, PARA UTILIZADORES REGISTADOS.	83
FIGURA 5-12 <i>THUMBNAIL</i> DO TEMPLATE DIGITALEYE_MITRA_BLUE	85
FIGURA 5-13 MENU DE TOPO	86
FIGURA 5-14 MENU PRINCIPAL	87
FIGURA 5-15 ÁREA DE LOGIN.....	88
FIGURA 5-16 MENU DO UTILIZADOR	89
FIGURA 5-17 ALTERAR PERFIL DE UTILIZADOR.	92
FIGURA 5-18 LISTA DE UTILIZADORES DO WEBSITE COSIS.....	93
FIGURA 5-19 FÓRUM DE DISCUSSÃO DO WEBSITE COSIS.....	94
FIGURA 5-20 ARQUIVO DE FICHEIROS DO WEBSITE COSIS.	95
FIGURA 5-21 GALERIA DE FOTOGRAFIAS DO WEBSITE COSIS.....	95
FIGURA 5-22 GALERIA DOS ESPECTROHELIOGRAMAS NA RISCA K1.....	96

Índice de Tabelas

TABELA 2-1 MAPEAMENTO: COMPONENTE – FUNCIONALIDADE	19
TABELA 3-1 TRANSFORMAÇÕES AFFINE	35
TABELA 4-1 CARACTERÍSTICAS DAS MANCHAS SOLARES.....	50
TABELA 4-2 PROPRIEDADES RESULTANTES DA NORMALIZAÇÃO DO ESPECTROHELIOGRAMA HA_01_02_01_11H_45.	65
TABELA 4-3 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25.	67
TABELA 4-4 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25 (CONTINUAÇÃO).	68
TABELA 4-5 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25 (CONTINUAÇÃO).	69
TABELA 4-6 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25 (CONTINUAÇÃO).	70
TABELA 4-7 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25 (CONTINUAÇÃO).	71
TABELA 4-8 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28 E k1v_27_03_01_08H_25 (CONTINUAÇÃO).	72
TABELA 4-9 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_18_03_01_14H_28.....	73
TABELA 4-10 UNIÃO DE DUAS MANCHAS SOLARES.	74
TABELA 4-11 DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MANCHAS SOLARES APLICADA AOS ESPECTROHELIOGRAMAS k1v_27_03_01_08H_25.....	74
TABELA 5-1 MAPA DO WEBSITE COSIS	82
TABELA 5-2 MAPEAMENTO: ACESSO – FUNCIONALIDADE DO MENU DE TOPO	86
TABELA 5-3 MAPEAMENTO: ACESSO – FUNCIONALIDADE DO MENU PRINCIPAL.....	88
TABELA 5-4 MAPEAMENTO: ACESSO – FUNCIONALIDADE DO MENU DO UTILIZADOR.....	90

Capítulo 1. Introdução

1.1 Introdução

A análise sistemática de imagens é uma tarefa fastidiosa e dificilmente reproduzível por ser demasiado dependente de critérios subjectivos. A recolha contínua de imagens solares pelo Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (OAU) ao longo dos últimos 80 anos permitiu criar um arquivo de grandes dimensões contendo milhares de imagens que, uma vez digitalizadas, serão de enorme utilidade para a comunidade científica internacional. No entanto, só uma ferramenta de análise automatizada poderá proporcionar um meio de comparar as múltiplas imagens ao longo deste período de tempo.

Alguns dos maiores desafios da ciência na actualidade dizem respeito a informação. Os avanços da tecnologia permitem disponibilizar grandes volumes de dados, de forma mais acessível do que até há poucos anos. Os progressos que advêm da Internet juntamente com a possibilidade, a cada dia mais barata, de armazenar dados e de ter acesso a computadores rápidos, significam que estes já não precisam de ser guardados em papel, aumentando o desejo da comunidade em geral de partilhar o seu conhecimento e efectuar estudos colectivos. O problema principal, no âmbito da astronomia e astrofísica, e mais especificamente na área referente ao estudo do Sol, é identificar e adquirir dados que possam ter interesse. [2]

O Sol é a estrela do sistema solar e a sua energia sustenta toda a Vida terrestre. O estudo do Sol, e consequente análise da actividade solar e das suas manifestações, apresenta-se hoje em dia como uma ferramenta muito importante para compreender muito do que ocorre à superfície do nosso planeta. [sun4all] O ciclo solar tem uma grande influência sobre as condições atmosféricas e no clima da Terra. No século XVII, o ciclo solar parecia ter parado durante décadas e durante essa época, atingiram-se temperaturas muito frias na Europa. Esse período ficou conhecido como o *minimum de Maunder* ou *Little Ice Age*. (Lean, 1992)

Nesta dissertação, apresenta-se o estudo efectuado que passa pela análise de zonas activas do Sol. Recorrendo ao arquivo de imagens de Coimbra, estuda-se em particular as manchas solares que são um elemento muito importante para o estudo dos fenómenos que ocorrem à superfície do Sol. O Sol possui um campo magnético, que resulta de um efeito conjunto entre os movimentos ascendentes, descendentes e de rotação de gás que ocorrem

perto da superfície solar. O campo magnético gerado no interior ascende à superfície originando as manchas. [34]

Os principais objectivos e contributos desta dissertação são o desenvolvimento de ferramentas de processamento digital de imagem que permitem a detecção e quantificação automática da actividade solar e disponibilizar a grande quantidade de imagens e informação resultantes, bem como disponibilizar o rico espólio de imagens do Sol existente no OAUC.

Este projecto foi efectuado em colaboração com a Universidade de Coimbra, OAUC, Media Primer e Royal Observatory of Belgium.

1.2 Enquadramento

A Terra bem como outros planetas, asteroídes, meteoritos, cometas e poeiras encontram-se em órbita com o Sol, que sozinho constitui cerca de 99.8% da massa do sistema solar. O Sol é composto por hidrogénio (aproximadamente 74% da sua massa, ou 92% do seu volume), hélio (aproximadamente 25% de massa, 7% de volume) e uma pequena quantidade de outros elementos. O seu espectro contém linhas de metais neutros e ionizados como também linhas de hidrogénio muito fracas. O Sol, como a maioria das estrelas, gera a sua energia por fusão de núcleos de hidrogénio em hélio e mantém-se em equilíbrio hidrostático, pelo que não se contrai nem expande ao longo do tempo (Than, 2006). A sua atmosfera divide-se em 3 regiões: a fotosfera, a cromosfera e a coroa, que se encontram ilustradas na figura seguinte.

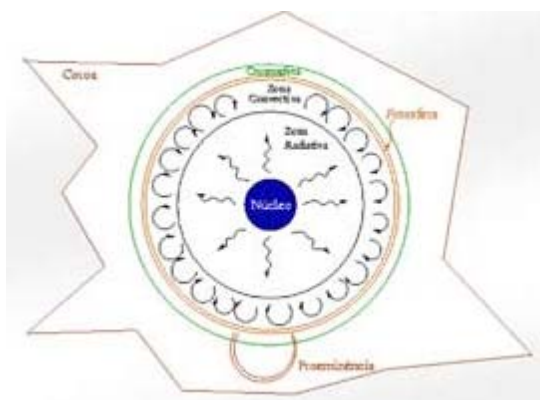


Figura 1-1 Esquema do interior e exterior solar. [3]

A fotosfera constitui a superfície visível do Sol. Encontra-se a uma temperatura de 5770 K, sendo o local onde se formam as manchas solares. Acima da fotosfera, a luz solar

propaga-se no espaço, e a energia solar é transmitida. As manchas solares são zonas de intensa actividade magnética, mais escuras do que a fotosfera circundante, reflectindo uma diferença entre a sua temperatura da ordem de 3000 K, e a temperatura da superfície solar circundante.

O número de manchas solares visíveis no Sol não é constante mas varia periodicamente, segundo um período de aproximadamente 11 anos [4], conhecido como o ciclo solar. Ao longo de cada período, a contagem de manchas apresenta mínimos onde poucas e ocasionalmente nenhuma mancha solar é visível. À medida que o ciclo solar avança, aumenta o número de manchas visíveis que se movem em direcção ao equador do Sol, um fenómeno descrito pela lei de *Spörer*. Normalmente as manchas solares existem aos pares, onde uma tem polaridade oposta à outra. A polaridade das manchas solares inverte em cada ciclo solar.

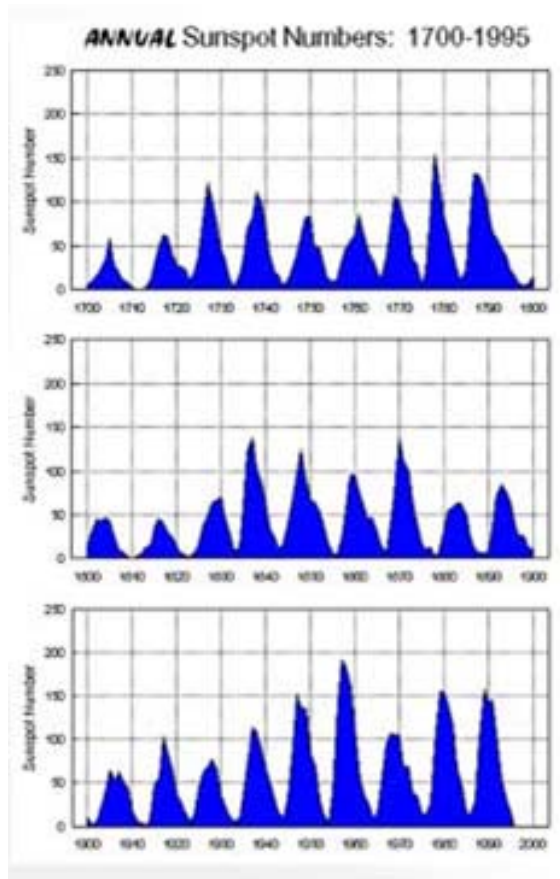


Figura 1-2 Variação do número de manchas entre 1700 e 1995: ciclo solar.

Na imagem que se segue pode observar-se duas imagens do Sol onde o número de manchas solares é consideravelmente diferente. Na imagem da esquerda, que data de

Março de 2001, atingiu-se um máximo na contagem das manchas solares, denominado "*solar maximum*" (ou "*solar max*"). Na imagem da esquerda que data de Janeiro de 2005, não se consegue observar nenhuma mancha solar. Os períodos em que poucas manchas solares se encontram visíveis, denominam-se "*solar minimum*" (ou "*solar min*"). O período de um ciclo solar, como já foi referido, é de aproximadamente 11 anos. No entanto este intervalo pode variar. Desde 1700 até aos dias de hoje, o ciclo solar, desde o "*solar min*" até ao "*solar max*", já variou desde o período mínimo de 9 anos até ao período mais longo de 14 anos [4].



Figura 1-3 a) e b): "Solar max" e "Solar min" [4]

O estudo das manchas solares é um elemento muito importante para o estudo dos fenómenos que ocorrem à superfície do Sol, e por conseguinte para entender outros fenómenos que ocorrem no nosso planeta. A luz do Sol é muito brilhante, e quando observada a olho nu pode provocar cegueira parcial por breves momentos (Tso and F.G. La Piana, 1975). Ao olhar directamente para o Sol, recebe-se aproximadamente 4 mW de luz solar na retina que provoca lesões nos olhos, que assim não conseguem responder correctamente à claridade recebida (Hopeross, 1993). (Schatz, 1973) A exposição a raios UV amarela gradualmente as lentes dos olhos contribuindo, ao final de alguns anos, para o possível aparecimento de cataratas. Modelos teóricos que visam o desenvolvimento do Sol sugerem que há 3.8 a 2.5 biliões de anos atrás, o Sol era apenas 75% tão luminoso quanto é hoje. No entanto, uma estrela tão fraca não teria podido sustentar a existência de água no estado líquido à superfície da Terra, um bem essencial à Vida (Kasting, et al., 1986).

Na atmosfera solar, alguns dos elementos químicos não estão no seu estado fundamental, isto é, alguns dos electrões foram "arrancados" aos átomos por força das altas temperaturas. O fenómeno, conhecido como ionização, produz no espectro solar

zonas mais escuras, que correspondem a uma absorção da radiação pelo elemento químico em troca de um ou mais electrões. Da análise do espectro solar, conhecida como espectroscopia, resultam os espectroheliogramas. Na Figura 1.3 é apresentada a zona do espectro da risca $H\alpha$. Na imagem de cima pode observar-se o espectro e as riscas de absorção [5], e identificar a relação com o gráfico da variação da intensidade de radiação em função dos comprimentos de onda [6].

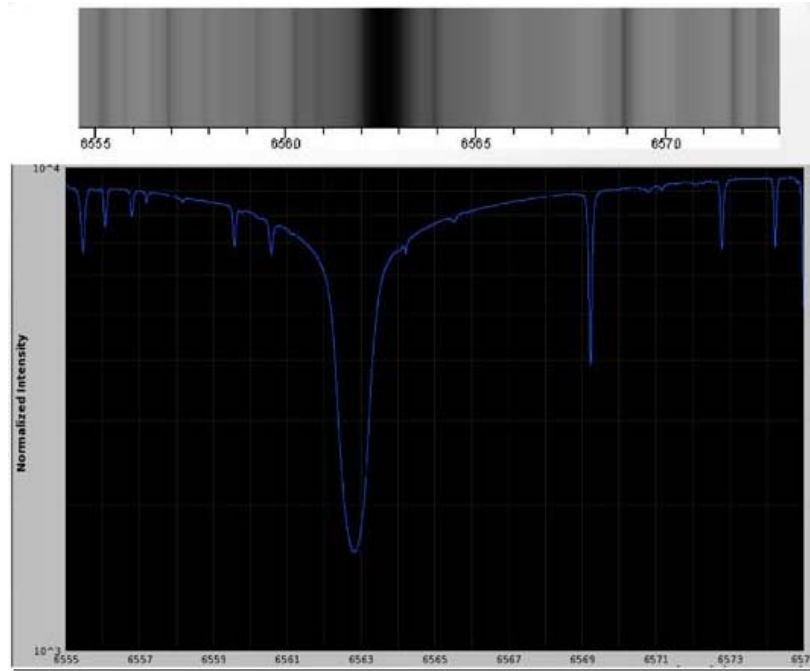


Figura 1-4 Espectro solar nas vizinhanças da risca de Hidrogénio, $H\alpha$ (risca mais intensa a 6563 Å).

Por outro lado, há uma outra risca de capital importância para este trabalho por dar informação da fotosfera e cromosfera: a risca do Cálcio ionizado ($CaII$), que se detecta entre 3900 e 4000 Å. As várias riscas que compõem o espectro solar são emitidas em zonas diferentes da atmosfera do Sol, que se encontram a diferentes temperaturas.

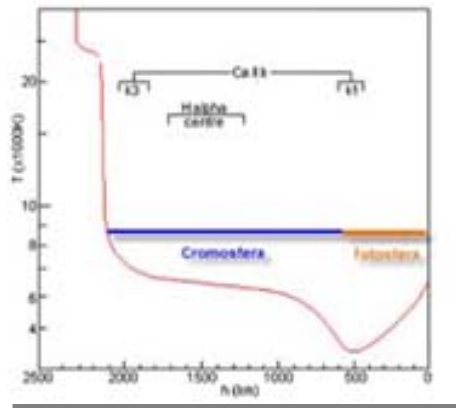


Figura 1-5 Variação da temperatura na atmosfera solar (0 km corresponde à base da fotosfera) e o correspondente local de formação das riscas

O espectroheliograma na componente K1v dá informação relativa aos fenómenos de actividade solar que se verificam na fotosfera e o espectroheliograma na componente K3 e na riscas H α revelam a actividade da cromosfera. Assim, na riscas K1 são facilmente observadas as manchas solares e nas riscas H α e K3 podem ser observados os filamentos e as protuberâncias, que consistem em filamentos observados no disco solar. Na riscas K3 podem ainda ser observadas as regiões faculares, regiões mais esbranquiçadas e (contrariamente às manchas) mais quentes que as vizinhanças. As regiões faculares aparecem frequentemente associadas a manchas solares [34].

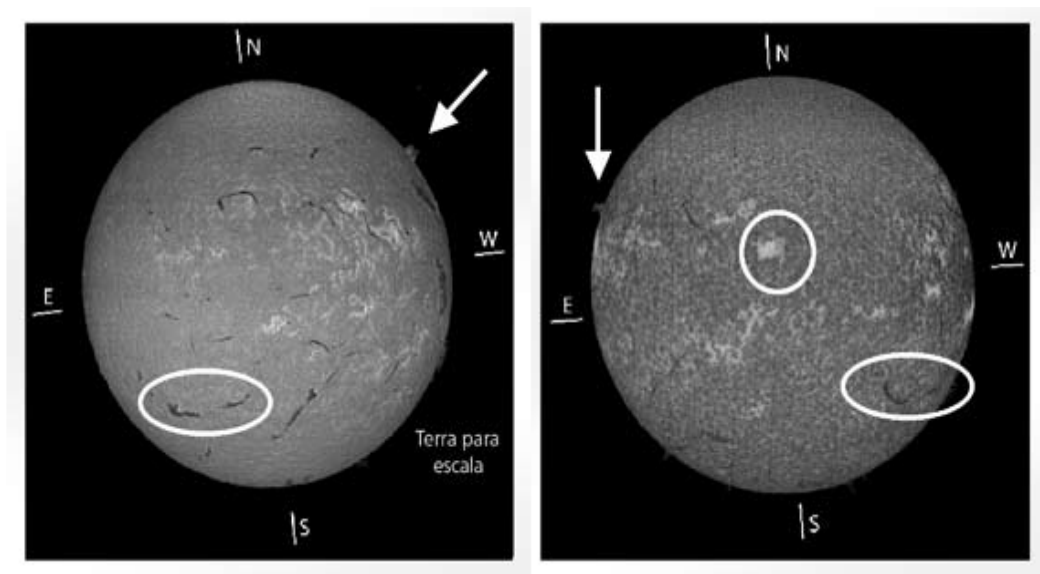


Figura 1-6 a) e b): Espectroheliogramas H α e K3. Protuberâncias (setas), filamentos (elipses) e região facular (circunferência).

Numa mancha podem ser detectadas duas regiões diferentes: a sombra, central e mais escura, e a penumbra, mais clara e que rodeia a sombra [34]. Na figura que se segue pode observar-se uma mancha solar moderadamente grande. Na realidade a imagem apresentada abrange aproximadamente 60000Km na horizontal e 38000Km na vertical. A penumbra apresenta um diâmetro aproximadamente igual a 16500Km, superior ao diâmetro equatorial da Terra [7].

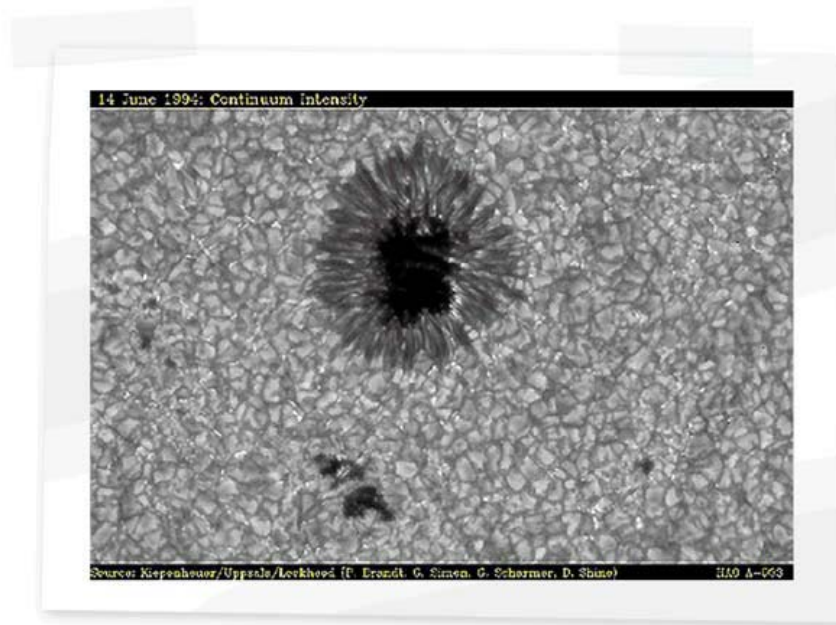


Figura 1-7 Detalhe de uma mancha solar: sombra e penumbra. [7]

As manchas solares podem apresentar diâmetros, considerados pequenos, de aproximadamente 1500Km e chegar a atingir diâmetros superiores a 50000Km. Embora se saiba que a aparência mais escura da sombra e da penumbra é devido às suas baixas temperaturas, a nitidez das fronteiras entre a sombra e a penumbra, e entre a penumbra e fotosfera, é um fenómeno que ainda não é bem conhecido. Embora as manchas solares, especialmente as de maiores dimensões, possam existir durante semanas ou mesmo meses, normalmente acabam por desaparecer, devido a sucessivas fragmentações em manchas solares cada vez mais pequenas. Da mesma forma normalmente surgem como pequenas estruturas, com forma irregular, geralmente sem penumbra, e crescem durante dias ou mesmo semanas, até atingir o seu tamanho bruto.

Outra característica marcante da Figura 1.6, diz respeito ao padrão granular que se apresenta bem visível na vizinhança dos poros e da mancha solar, onde se podem observar regiões mais claras rodeadas por zonas mais estreitas de fronteiras mais escuras. Este padrão é conhecido por granulação e deve-se ao movimento de fluidos em larga

escala logo abaixo da fotosfera; as regiões mais escuras correspondem a zonas de fluxo mais quente, enquanto as regiões mais claras e mais estreitas corresponde a zonas de fluxo mais frio. A velocidade do movimento dos fluidos ronda poucos quilómetros por hora.

Desde 1926 são tiradas periodicamente no observatório de Coimbra espectroheliogramas na risca K do CaII (K1 e K3) que abrangem todo o círculo solar. Em 1990, começou-se a adquirir regularmente observações na gama H α . Estas observações são efectuadas por um espectroheliógrafo, muito semelhante ao espectroheliógrafo que existe no observatório de Meudon. Em 2002, a nossa colecção de mais de 30000 imagens solares começou a ser digitalizada (Dorotovic, 2007).

Os espectroheliogramas têm sido usados ao longo das últimas décadas para trabalhos científicos e de investigação [34] e, são a base de estudo e desenvolvimento para os objectivos propostos nesta dissertação.

Na secção que se segue, faz-se um enquadramento histórico dos cenários que vão ser apresentados, que retratam o estudo efectuado, e de um conjunto de outros estudos que por outras abordagens visam analogamente ajudar a compreender melhor a actividade solar e as suas manifestações.

1.3 Contexto Histórico e Estudos Relacionados

Para muitos, o conceito elementar de Sol, passa por um círculo de luz que quando nasce sobre o horizonte cria o dia e, cuja ausência concebe a noite.

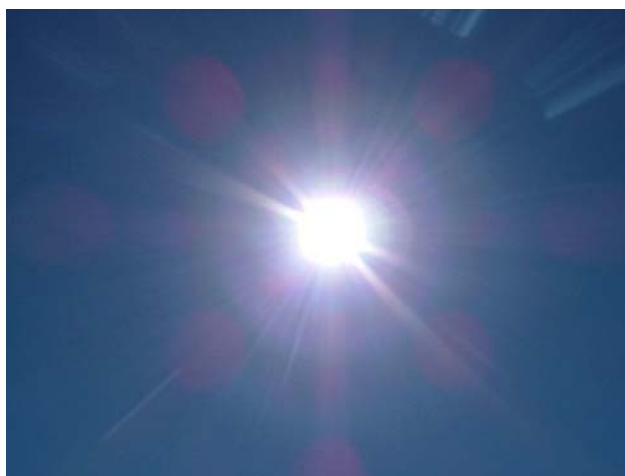


Figura 1-8 O Sol visto da superfície terrestre [8]

Ainda assim, uma das primeiras pessoas a oferecer uma explicação científica para o Sol, foi o filósofo grego Anaxágoras (500 a.C. – 428 a.C) que argumentou que o Sol era uma grande bola de metal em chamas, e que por ensinar esta “heresia” foi preso e condenado à morte. Saiu mais tarde em liberdade, devido à intervenção política em sua defesa, protagonizada por Pericles, sendo no entanto forçado a abandonar Atenas, considerada por alguns historiadores com sendo a capital da cultura do período pré-socrático em que Anaxágoras viveu (Taylor, 1917).

Só no século XVI surgiu por Nicolaus Copernicus a teoria heliocêntrica que afirma ser o Sol o centro do sistema solar. No início do século XVII, a invenção do telescópio possibilitou observações detalhadas de manchas solares por Thomas Harriot, Galileo e outros astrónomos. O desenho das primeiras observações Ocidentais conhecidas por manchas solares, a par da descoberta dos quatro maiores satélites de Júpiter e da identificação das fases de Vénus, foi criado por Galileu (Galilei, 2006). Isaac Newton observou a luz solar através de um prisma e demonstrou que era composta por muitas cores (Newton, 2006), e em 1800 William Herschel descobriu a radiação infravermelha além da parte vermelha do espectro solar (Cool Cosmos, 2006).

Em 1890 Joseph Lockyer, que até à data já tinha descoberto o elemento químico Hélio no espectro solar, publicou uma hipótese para a formação e evolução do Sol, com origem em meteoritos (Lockyer, 1890). Porém só em 1905 surgiu a relação massa-energia, definida pela equação (1), por Albert Einstein, que foi a chave para explicar a origem da energia solar:

$$E = m.c^2 \tag{1}$$

Onde:

- E, Energia [J]
- m, massa [Kg]
- c, velocidade da luz no vácuo [m/s]

Einstein foi o primeiro a deduzir correctamente esta relação e a declará-la como um princípio geral, visto ser uma consequência da simetria que existe entre o Espaço e o Tempo (Highfield, 1993). Na equação (1), a parcela c^2 é o factor de conversão de unidade de Massa para unidade de Energia ($c = 299,792,458$ [m/s]). A maioria das relações propostas até então previa que a massa de um corpo, electricamente neutro, era constante. Várias equações foram surgindo após a teoria de Einstein [10].

Estudos mais recentes (J.C.D.Marsh, 1982), confirmam que a temperatura à superfície do Sol ronda os 6000°C, que corresponde a uma potência exterior de aproximadamente $4 \cdot 10^{36}$ Watt, onde:

$$1[\text{W}] = 1[\text{J} \cdot \text{s}^{-1}] = 1[\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] = 1[\text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}] \quad (2)$$

O fluxo total de radiação recebido fora da atmosfera terrestre por unidade de área, à distância média entre o Sol e a Terra, é de $140 [\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}]$ e, a intensidade da radiação solar que se recebe ao nível da retina enquanto se observa o Sol a olho nu, sem serem tomadas precauções, pode causar danos irreversíveis. O nosso olho comporta-se como uma lente que ao focar a imagem do Sol, aumenta a intensidade de radiação que chega à nossa retina. Ainda assim, esta intensidade é reduzida pelos seguintes factores:

1. Absorção e dispersão na atmosfera da Terra, igual a $32 [\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}]$
2. Absorção estimulada pelo olho, igual a $40 [\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}]$;
3. O diâmetro da pupila, directamente proporcional à ampliação efectiva da imagem do Sol recebida.

Em [Marsh1982], são sugeridas algumas precauções que devem ser tomadas em consideração para observar o Sol com segurança, e os seus leitores são ainda advertidos para os perigos que advêm deste problema.



Figura 1-9 Eclipse solar [9]

Os primeiros satélites projectados para observar o Sol, denominados os Pioneers 5,6,7,8 e 9, foram desenhados pela NASA e lançados entre 1959 e 1968. Das observações

resultantes tiveram origem as primeiras medidas com boa precisão do vento e do campo magnético solar [11]. Segundo Peter N.Brandt e Michael Steinegger as observações a longo prazo da irradiação solar, efectuadas por satélite, começaram em 1978 e conduziram à descoberta de variações no fluxo da energia solar, segundo períodos que podem abranger apenas alguns minutos ou chegar a afectar até um ano do ciclo solar. Foram desenvolvidos modelos empíricos que visam compreender estas variações de irradiação mas ainda subsistem inúmeras incertezas e dúvidas referentes aos mecanismos físicos responsáveis pelo armazenamento e redistribuição da energia solar. Em (Peter N. Brandt, 1997) é apresentado um método para determinar a *center-to-limb variation* (CLV) para espectroheliogramas da risca K do CaII, que propõem obter espectroheliogramas normalizados com base no estudo e no cálculo de anéis da mesma intensidade, com áreas constantes, centrados no centro geométrico do círculo solar. No entanto, depois de efectuada a conversão apresentada nesse estudo, podem ainda ser visíveis variações de intensidade nos espectroheliogramas normalizados. (Peter N. Brandt, 1997)

No OAUC a fotosfera e a cromosfera solar são estudadas desde 1926, através de observações feitas com um tipo clássico de espectroheliógrafo. O espectroheliógrafo é usado quase diariamente em observações fotográficas monocromáticas, da totalidade do disco solar nas componentes da risca do cálcio ionizado, K3 e K1V e ainda, na risca do hidrogénio, H α . Com o espectroheliógrafo do OAUC obtem-se em média cerca de 240 a 260 observações por ano, será provavelmente, a melhor prestação quantitativa que se consegue actualmente obter na Europa. Nos últimos anos o Grupo de Física Solar do OAUC tem desenvolvido trabalho científico relevante, com base nas observações efectuadas com o espectroheliógrafo, em colaboração com diferentes grupos e intuições espalhadas pelo mundo (Goddard Space Flight Center, NASA, Observatório de Paris, Meudon, Rep. Checa, Hungria, etc.). Sendo de destacar a participação no projecto SOHO como observatório terrestre [35]. Desde 1997 o OAUC tem vindo a desenvolver o “Dia da Astronomia na Escola”. Este projecto, financiado no âmbito do programa Ciência Viva/97 ("acções para o ensino experimental das ciências"), pretende despertar o interesse dos mais novos pela Astronomia, bem como proporcionar a alunos e professores uma forma agradável e interactiva, de complementar, apoiar e consolidar as matérias abordadas nos programas oficiais. Neste período, já foram visitadas mais de uma centena de escolas do ensino básico e secundário, tendo sido abrangidos mais de cinquenta mil alunos, destinando-se preferencialmente a escolas da Região Centro.

O estudo do Sol e das suas manifestações tem-nos acompanhado ao longo dos séculos e representa um assunto da actualidade, ainda assim com inúmeras incertezas. Na secção que se segue, faz-se referência aos mais de oitenta anos de dedicação à observação solar protagonizados em Coimbra, devido à importância indiscutível e única que teve no desenvolvimento da observação solar em Portugal.

1.4 Observação Solar em Coimbra

É inquestionável o valor da criação do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra para evolução do estudo da Astronomia em Portugal. Foi o primeiro grande Observatório nacional e traduziu a vontade da época em aliar o conhecimento teórico ao prático com reais vantagens para a Ciência portuguesa.

O processo de edificação do Observatório, tanto físico como científico, sofreu algumas vicissitudes, que só no fim do séc. XVIII são ultrapassadas. Em 1770, o Observatório começou a ser construído no Pátio da Universidade de Coimbra que ficou concluído em 1799 tendo funcionado neste local durante cerca de 150 anos. Já no século XX, no início dos anos quarenta, o novo plano da Cidade Universitária previa a demolição do Observatório do Terreiro, no intuito de lhe destinar novas instalações mais consentâneas e de modo a desanuviar o pátio da Universidade. Assim, o Observatório foi transferido para o Alto de Santa Clara em 1951 e desde então tem funcionado nestas instalações [35].

Monteiro da Rocha foi o primeiro Director do Observatório Astronómico, uma figura de destaque neste processo de estabelecimento do Observatório Astronómico como instituição científica. Monteiro da Rocha foi ainda o grande impulsionador da publicação das Efemérides, incluindo trabalhos seus nos primeiros volumes. As Efemérides de Coimbra foram uma constante fonte de novidades científicas cujas notícias publicadas abrangem temas como a determinação de eclipses (volumes para os anos 1804 e 1807), determinação das posições de Marte (1804), determinação da longitude geográfica (1804 e 1805) e métodos de interpolação (1808 e 1809). A publicação das Efemérides do Observatório Astronómico manteve-se, quase interruptamente, até aos dias de hoje. Vários foram os astrónomos de renome como Barão de von Zach ou o francês Delambre que se referiram às efemérides de Coimbra com elogio. Na realidade tal como Rudolfo Guimarães afirma as efemérides de Coimbra estavam longe de ser uma cópia de almanaques estrangeiros (1909 - Imprensa da Universidade de Coimbra) [35].

A história da observação solar em Portugal deve-se em grande parte à dedicação do astrónomo e professor da Universidade de Coimbra, Francisco Miranda da Costa Lobo (1864-1945). Francisco Costa Lobo é um marco da Astronomia nacional do séc. XX e qualificou Monteiro da Rocha como um astro de primeira grandeza. O plano de trabalhos elaborado pelo Prof. Costa Lobo, para a instalação no Observatório de um espectroheliógrafo com características análogas às do existente no Observatório de Astronomia Física de Paris, entrou em fase de execução em 1912. As dificuldades de ordem técnica que implicam a instalação do espectroheliógrafo são de morosa execução, vindo a eclosão da Primeira Grande Guerra contribuir para que o primeiro espectroheliograma só viesse a ser obtido no ano de 1926 [35].

A obtenção de imagens monocromáticas do Sol, segundo as componentes K1 e K3 da risca K do Cálcio Ionizado (CaII) começou a ser realizada sistematicamente a partir do início do ano de 1926. Só em 1989 se deu início a uma rotina de observações na risca H α do hidrogénio, através de uma rede de difracção. Em meados de 1967 começaram os trabalhos de mudança e reinstalação do espectroheliógrafo (sob a supervisão do Prof. Dr. Simões da Silva), sendo estes concluídos em Abril de 1968. A 10 de Julho do mesmo ano voltou-se a obter espectroheliogramas de uma forma sistemática. Desde então, o espectroheliógrafo tem funcionado regularmente nestas instalações [35].

Costa Lobo conta, na comunicação “A Astronomia em Portugal na actualidade” que proferiu no discurso inaugural do congresso da Associação Espanhola para o progresso das ciências, em 1926, que em 1907 teria visitado os principais observatórios da Europa com “o propósito de conseguir para o Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra uma instalação para o estudo do Sol” de um espectroheliógrafo. Muitas foram as barreiras que Costa Lobo teve que transpor, no entanto, pôde sempre contar com a colaboração de Deslandres, que ofereceu peças para o aparelho e d’Azambuja, astrónomo francês descendente de portugueses, que participou na instalação definitiva do espectroheliógrafo em 1925. Em Julho desse ano, a II Assembleia Geral da União Astronómica Internacional, em Cambridge, regista que “*Coimbra, Portugal, has installed a spectroheliograph and plans to add direct photography and spectroscopic work*” (1925, Transactions IAU) [34].

Assim se inicia um trabalho de observação cujos princípios e bases do protocolo de observação se mantêm até aos dias de hoje, permitindo o já referido espólio de imagens [34].

1.5 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos, como se resume em seguida.

Na Capítulo 2 (“Detecção e Quantificação automática da actividade solar”), faz-se uma análise dos objectivos e das soluções propostas. Na primeira secção apresenta-se os objectivos e contribuições da dissertação. Na segunda efectua-se uma breve análise dos conceitos e problemáticas abrangidas nesta dissertação, e das tecnologias de suporte propostas. Na última secção apresenta-se uma visão geral da solução desenvolvida.

No Capítulo 3 (“Definição de Conceitos”), descreve-se os conceitos da área de processamento de imagem, que são aplicados nos capítulos que se seguem, permitindo um conhecimento prévio do significado dos termos técnicos que são usados no decorrer da dissertação.

No Capítulo 4 (“Ferramentas de processamento digital de imagem”), descreve-se em detalhe a solução desenvolvida para as ferramentas de processamento digital de imagem, e faz-se uma análise crítica das tecnologias usadas. Na última secção é efectuada uma análise dos resultados obtidos.

No Capítulo 5 (“Website COSIS”), descreve-se em detalhe a solução Web desenvolvida. Na primeira secção é efectuada a descrição do website COSIS. Na segunda secção faz-se uma análise crítica das tecnologias usadas. Na última secção descreve-se em detalhe a implementação do website COSIS.

No Capítulo 6 (“Conclusões”), faz-se uma análise global do trabalho realizado e identifica-se as questões em aberto e consequentes trabalhos futuros.

Notações Adoptadas

Para facilitar a interpretação do texto, utilizou-se a seguinte notação:

- Conceitos importantes estão a **negrito**;
- Código de programas, nomes de funções, tipos de dados ou outra informação relacionada com a programação estão em caracteres de máquina de escrever (Courier);
- (Os nomes dos parâmetros dos algoritmos propostos nesta dissertação estão em *itálico*);
- Expressões em línguas estrangeiras estão em *itálico*. As exceções são expressões vulgarmente adoptadas para o Português (e.g. software, Web, download), expressões intensamente usadas ao longo do texto (e.g. Internet, website, browser) ou nomes de produtos ou siglas de origem anglo-saxónica (e.g. MATLAB, Joomla!).

Capítulo 2. Detecção e Quantificação Automática da Actividade Solar

2.1 Objectivos e Contribuições

O principal objectivo desta dissertação é o desenvolvimento de ferramentas de software para permitir a análise científica dos espectroheliogramas do Observatório de Coimbra. Este estudo foi desenvolvido com base em espectroheliogramas H α e na risca K do CaII (K1 e K3), e dedicado em particular à análise de manchas solares de K1 na fotosfera. A solução desenvolvida engloba os seguintes contributos específicos:

- Ferramenta de normalização das imagens;
- Ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares;
- Website COSIS.

As ferramentas de processamento digital de imagem estão disponíveis no website COSIS para validar os espectroheliogramas também disponibilizados, e podem ser descarregadas para o computador local de qualquer utilizador registado.

2.2 Investigação Efectuada

Tendo por base os objectivos propostos, foi efectuada uma investigação inicial de modo a obter um conhecimento efectivo quer dos conceitos teóricos envolvidos, quer das tecnologias disponíveis para efectuar o desenvolvimento.

Relativamente a conceitos e problemáticas abrangidas nesta dissertação, foi possível verificar que na altura de início do projecto (Setembro de 2006) já tinham sido efectuados estudos que também visam a detecção e quantificação automática da actividade solar. Assim, foi possível compreender de uma forma clara e completa os conceitos em que a actividade solar e as suas manifestações se baseiam. No entanto, a construção de um servidor de imagens dotado de capacidade de processamento de imagens, que permite a detecção e quantificação automática de manchas solares constitui o alvo inovador da solução desenvolvida, relativamente às soluções existentes no mercado.

A investigação tecnológica, consistiu na identificação das vantagens e desvantagens das diversas tecnologias de software disponíveis e em períodos de auto formação das tecnologias seleccionadas:

- Image Processing Toolbox, - MATLAB 7.1
- MATLAB Web Server – MATLAB 7.1
- WAMP5
 - Apache HTTP Server 2.2.2
 - PHP5
 - MySQL database
 - PHPmyAdmin
 - SQLiemanager
- Joomla 1.0.11

2.3 Solução Desenvolvida

Esta secção apresenta uma visão geral do sistema, que passa por dar a conhecer a arquitectura do sistema desenvolvido e descrever a realização dos contributos propostos. Dos conhecimentos adquiridos durante a investigação inicial, resultou a arquitectura lógica apresentada na figura 2.1 que descreve as interacções entre os vários componentes do sistema:

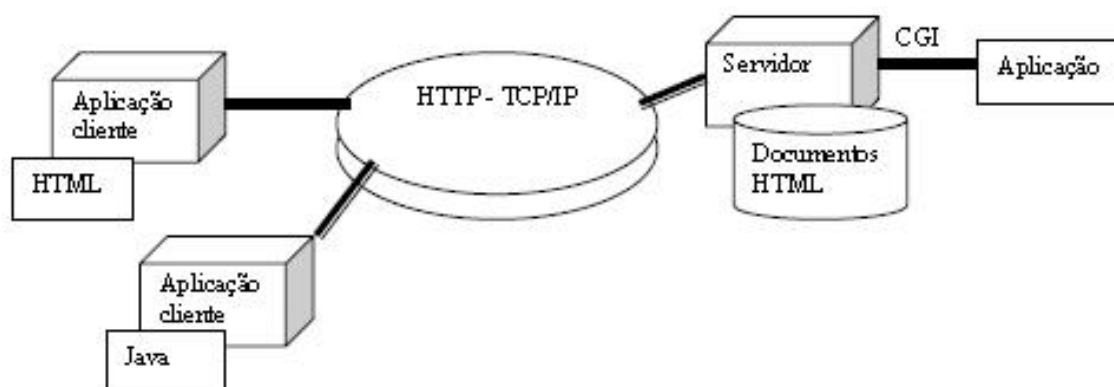


Figura 2-1Arquitectura Lógica do Sistema

A arquitectura apresentada segue o modelo cliente-servidor, onde cada cliente pode enviar pedidos ao servidor que por sua vez pode aceitá-los, processá-los e responder ao respectivo cliente de forma a fornecer a informação que lhe foi solicitada. Como qualquer sistema baseado neste modelo, o processamento da informação é dividido em módulos ou

processos distintos. Um processo é responsável pela manutenção da informação (o servidor), enquanto outro é responsável pela obtenção de dados (cliente) (Tanenbaum, 2002). Na tabela seguinte são introduzidos os componentes que caracterizam o servidor MATLAB:

<u>Componente</u>	<u>Funcionalidade</u>
matlabserver	Gestor de comunicações entre a aplicação Web e o MATLAB.
matweb	Cliente TCP/IP do matlabserver.
matweb.m	Efectuar a chamada do ficheiro.m que a aplicação Web deve correr.
Matweb.conf	Ficheiro de configuração que permite efectuar a sua ligação do matweb ao matlabserver.

Tabela 2-1 Mapeamento: Componente – Funcionalidade

2.3.1 Normalização de Imagens

O método utilizado para a normalização de imagens (vide Capítulo 4), analisa e processa os espectroheliogramas com origem no Observatório de Coimbra, e resulta em imagens que seguem características específicas de orientação, dimensão e formato. Em traços gerais, o algoritmo desenvolvido compreende as seguintes operações:

1. Orientação:
 - Detecção de objectos;
 - Classificação dos objectos detectados, nomeadamente as marcas de orientação e o disco solar;
 - Cálculo do ângulo formado pelo plano compreendido entre as marcas de orientação e os quatro pontos cardeais;
 - Rotação da imagem original segundo o ângulo já determinado;
 - Apagar as marcas de orientação depois de rodar a imagem;
2. Correção da não-circularidade do disco solar:
 - Detecção dos diâmetros máximos e mínimo do disco solar;
 - Calcular a orientação do disco solar;
 - Corrigir o disco solar para formato circular;

3. Redimensionamento:

- Redimensionar a imagem para que o diâmetro do círculo solar apresente 368 pixéis;
- Redimensionar a imagem obtida para a resolução final de 512x512 pixéis;
- Coincidir o centro geométrico do círculo solar com o centro geométrico da imagem resultante.

2.3.2 Detecção de Perturbações Solares

O método utilizado para a detecção de perturbações solares analisa e processa as imagens já normalizadas da risca K1, resultantes da ferramenta de processamento digital de imagem apresentada na secção anterior (vide Capítulo 4). O algoritmo desenvolvido tem por objectivo contabilizar e mapear as manchas solares existentes e compreende as seguintes operações:

1. Redução de ruído;
2. Uniformizar a luminosidade da imagem, reforçando as zonas em que a imagem se encontra mais clara ou menos nítida;
3. Detecção e classificação de áreas, onde as mais escuras correspondem possivelmente a manchas solares;
4. Calcular a distância entre as várias manchas solares;
5. Atribuição de etiquetas únicas a todas as manchas solares;
6. Extração de características:
 - Calcular a área de cada mancha solar, que equivale ao número total de pixéis da mancha;
 - Calcular o centro geométrico de cada mancha solar.

Os resultados obtidos deste procedimento podem ser ajustados segundo dez níveis de precisão onde normalmente, a uma maior precisão irá corresponder um maior número de manchas solares.

2.3.3 Website COSIS

O website COSIS permite aos seus utilizadores conhecer o projecto COSIS (*Coimbra Solar Information System*) que teve início em 2005 e encontra-se acessível em <http://biopattern.uninova.pt/cosis>. Como principais contribuições disponibiliza as ferramentas de processamento digital de imagem introduzidas nas subsecções anteriores,

e permite a utilização pública das imagens e informação resultantes dessas ferramentas, bem como do espólio de imagens do Sol existente no OAUC (vide Capítulo 5).

Capítulo 3. Definição de Conceitos

3.1 Imagem binária

Imagem onde os pixels têm apenas dois valores, ou zero correspondente ao preto, ou um correspondente ao branco. (Harley R. Myle, 1993)

3.2 Imagem em tons de cinzento

Imagem onde os pixels que a constituem, apresentam valores entre zero (que corresponde a um pixel preto) e 255 (que corresponde a um pixel branco). (Harley R. Myle, 1993)

3.3 Imagem RGB

Imagem decomposta nas cores vermelho, verde e azul (**Red, Green, Blue**) estabelecendo para cada um dessas cores um valor entre o máximo possível de reprodução daquela cor e o mínimo, ou seja, a ausência total dela. A soma dos três valores forma a imagem final. Tipicamente, cada pixel de uma imagem digital é decomposto em valores numéricos que traduzem todos os atributos de uma cor específica, permitindo que ela seja recuperada e reproduzida em variados dispositivos.

Quanto mais densa a malha for, maior será a o grau de detalhe possível na imagem. Também quanto mais abrangente for o intervalo de valores que cada pixel pode adquirir, maior será a quantidade de cores que poderemos colocar em cada pixel logo, maior a qualidade da imagem (Harley R. Myle, 1993)

3.4 Complemento

O complemento, consiste num método de processamento de imagem que pode ser aplicado tanto a imagens binárias, como a imagens em tons de cinzento, ou mesmo imagens RGB. (Harley R. Myle, 1993)

O complemento de uma imagem binária consiste em converter o valor dos pixels de zero para um e vice-versa. Para imagens em tons de cinzento e imagens RGB, o valor de cada pixel é subtraído ao valor máximo encontrado na imagem. Em seguida, cada pixel toma o valor encontrado, pelo que na imagem resultante, as regiões mais escuras correspondem as regiões mais claras da imagem original e, por sua vez, as regiões mais claras da imagem resultante correspondem às regiões mais escuras da imagem original.

Este método encontra-se ilustrado na figura que se segue.

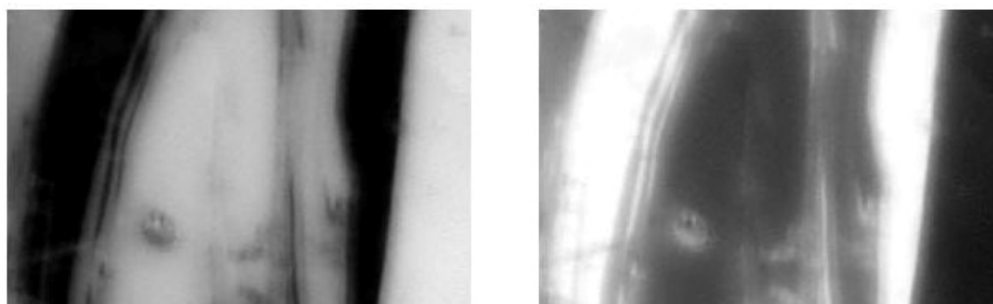


Figura 3-1 Complemento a) Imagem original e b) Imagem Resultante [36]

3.5 Binarização

A conversão de uma imagem em tons de cinzento para uma imagem com representação binária (dois tons) é denominada binarização. (Harley R. Myle, 1993)

3.6 Threshold

Threshold é o nível de intensidade utilizado para efectuar a binarização de uma imagem. Por exemplo, se tomar como threshold o valor '128', todos os pixéis da imagem em tons de cinzento, cuja intensidade seja menor que '128', tomam o valor 0 (equivalente a preto), e todos os pixéis de intensidade superior a 128, tomam o valor 1 (equivalente a branco) (Harley R. Myle, 1993)

3.7 Variância

A variância de uma variável, é uma medida da sua dispersão estatística, que contabiliza a diferença entre o valor esperado e o valor obtido. (Harley R. Myle, 1993)

Considere-se $\mu = E(X)$, o valor esperado da variável X , pelo que a variância σ_X^2 , é dada pela seguinte equação:

$$\sigma_X^2 = E((X - \mu)^2)$$

3.8 Método de Otsu

Método utilizado em visão computacional e processamento de imagem para transformar uma imagem em níveis de cinzento numa imagem binária. O algoritmo utilizado no processo de binarização, assume que a imagem de entrada tem duas classes de pixéis distintas, que consistem respectivamente, nos pixéis que pertencem ao fundo da

imagem (i.e. ao *background*), e nos pixels que se encontram em primeiro plano e revelam o conhecimento que cada imagem pretende evidenciar (i.e. os pixels que pertencem ao *foreground*). Como resultado, é encontrado o nível de intensidade que minimiza a variância entre os pixels da imagem original e da imagem binária resultante (Otsu, 1979).

Para ilustrar o método, este será aplicado à imagem apresentada na figura 3.2.a.



Figura 3-2 Método de Otsu a) Imagem original e b) Imagem Resultante. [12]

3.9 Área

A área de uma região R , de uma imagem binária, é dada pelo número de pixels com o valor um, ou seja, o número de pixels brancos da imagem binária. (Harley R. Myle, 1993)

Considere-se:

$$Area = \sum_{(r,c) \in R} 1$$

3.10 Centro geométrico

O centro geométrico de uma imagem binária (Harley R. Myle, 1993) é dado pela seguinte equação, onde C_x corresponde à coordenada em x do centro geométrico, e C_y corresponde à coordenada em y do centro geométrico:

$$C_x = \frac{\sum_i x_i}{Area}$$

$$C_y = \frac{\sum_i y_i}{Area}$$

Considere-se a seguinte imagem binária e o cálculo do centro geométrico do objecto representado.

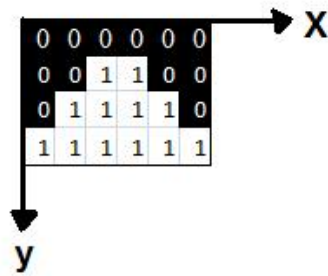


Figura 3-3 Centro Geométrico

Onde:

$$C_x = \frac{0 + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 1 + 2 + 3 + 4 + 2 + 3}{12} = \frac{30}{12} = 2.5$$

$$C_y = \frac{3 + 2 + 3 + 1 + 2 + 3 + 1 + 2 + 3 + 2 + 3 + 3}{12} = \frac{28}{12} = 2.33$$

3.11 Eixo maior e eixo menor

O eixo maior e eixo menor de uma região R da imagem, são dados respectivamente pelo diâmetro máximo e mínimo, contidos na área delimitada pelo perímetro convexo da região R. (Harley R. Myle, 1993)

3.12 Orientação – Eixo de momento

O eixo de momento de um objecto é o eixo que melhor se ajusta a todos os pixéis no sentido em que a soma dos quadrados das suas distâncias individuais ao eixo é minimizada. (Harley R. Myle, 1993)

Considere-se:

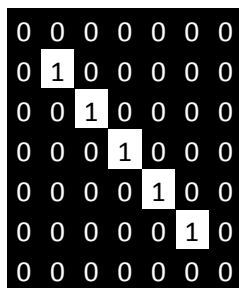
$$\begin{cases} S_x = \sum x_i \\ S_y = \sum y_i \\ S_{xx} = \sum x_i^2 \\ S_{yy} = \sum y_i^2 \\ S_{xy} = \sum x_i * y_i \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{xx} = S_{xx} - \frac{S_x^2}{Area} \\ M_{yy} = S_{yy} - \frac{S_y^2}{Area} \\ M_{xy} = S_{xy} - \frac{S_x * S_y}{Area} \end{cases}$$

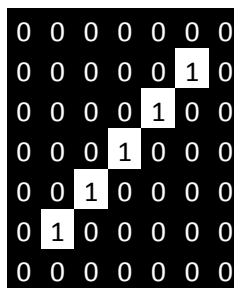
Onde a orientação será dada pela seguinte equação:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{M_{xx} - M_{yy} + \sqrt{(M_{xx} - M_{yy})^2 + 4 * M_{xy}^2}}{2 * M_{xy}} \right]$$

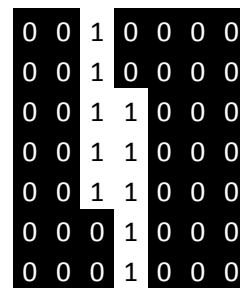
Considere-se as seguintes imagens binárias, como exemplos de cálculo dos momentos e respectiva orientação de cada objecto:



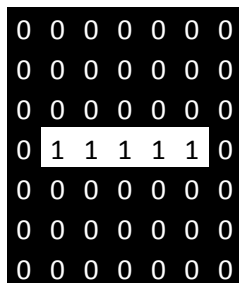
$$\begin{cases} M_{xx} = 17.5 \\ M_{yy} = 17.5 \\ M_{xy} = 17.5 \\ \theta = 45^\circ \end{cases}$$



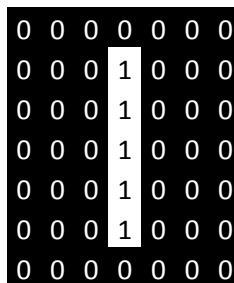
$$\begin{cases} M_{xx} = 17.5 \\ M_{yy} = 17.5 \\ M_{xy} = -17.5 \\ \theta = 45^\circ \end{cases}$$



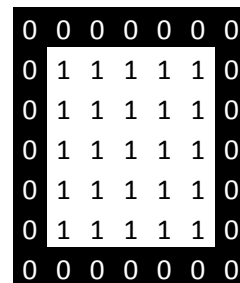
$$\begin{cases} M_{xx} = 2.5 \\ M_{yy} = 42.5 \\ M_{xy} = 7.5 \\ \theta = 79.7^\circ \end{cases}$$



$$\begin{cases} M_{xx} = 17.5 \\ M_{yy} = 0 \\ M_{xy} = 0 \\ \theta = NaN \end{cases}$$



$$\begin{cases} M_{xx} = 0 \\ M_{yy} = 17.5 \\ M_{xy} = 0 \\ \theta = NaN \end{cases}$$



$$\begin{cases} M_{xx} = 50 \\ M_{yy} = 50 \\ M_{xy} = 0 \\ \theta = NaN \end{cases}$$

3.13 Circularidade

A circularidade representa a característica de uma dada região R da imagem, dada pela seguinte fórmula: (Harley R. Myle, 1993)

3.14 Erosão

Operação morfológica que quando aplicada a um objecto reduz a sua área geométrica, atribuindo aos pixels que pertencem ao perímetro do objecto, o valor dos pixels adjacentes que pertencem ao fundo da imagem (Harley R. Myle, 1993).

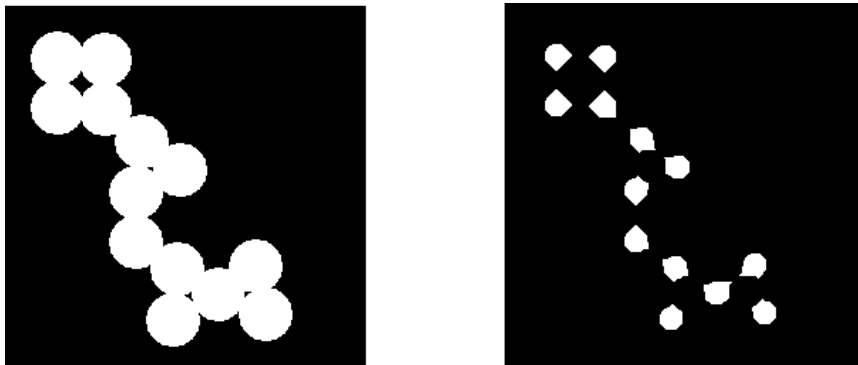


Figura 3-4 a) Imagem original e b) Imagem Erodida [36]

3.15 Dilatação

Operação morfológica que quando aplicada a um objecto aumenta a sua área geométrica, atribuindo aos pixels adjacentes ao objecto, que pertencem ao fundo da imagem, o valor dos pixels que pertencem ao objecto (Harley R. Myle, 1993).
Matematicamente a operação



Figura 3-5 a) Imagem original e b) Imagem Dilatada [36]

3.16 Abertura

O principal efeito da abertura é um pouco como a erosão, na medida em que tende a eliminar alguns dos pixels que não pertencem ao fundo, que por sua vez se encontram junto às fronteiras do objecto sobre o qual será aplicada esta operação. No entanto, é menos destrutivo do que a erosão.

Esta operação é definida por uma erosão seguida de uma dilatação, onde é aplicada a mesma estrutura em ambas as operações. A estrutura aplicada tem como objectivo preservar as regiões da imagem original, semelhantes à da estrutura usada. Esta operação é normalmente aplicada a imagens binárias, embora possa ser igualmente aplicada em imagens em tons de cinzento. (Harley R. Myle, 1993) Considere-se a seguinte abertura aplicada a uma imagem binária, que utiliza como estrutura um quadrado de 3x3 pixels.

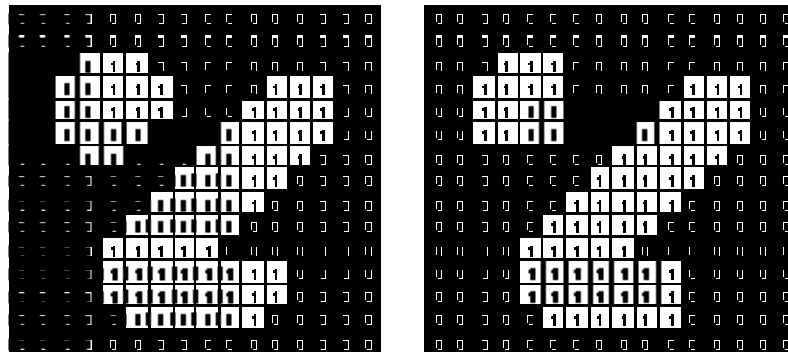


Figura 3-6 Abertura a) Imagem original e b) Imagem resultante [36]

Quando aplicado à imagem binária que se segue, o resultado pode ser mais evidente, visto que de uma imagem original constituída por pequenos círculos e linhas, é possível extrair as linhas, aplicando uma abertura onde a estrutura utilizada será um círculo com raio de 11 pixels (o tamanho da imagem original é de 56x56 pixels).

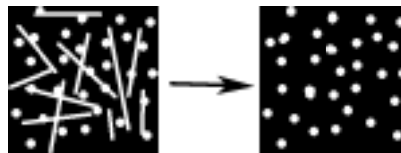


Figura 3-7 Abertura a) Imagem original e b) Imagem resultante [36]

3.17 Fecho

A operação de fecho é em parte similar à dilatação, na medida em que ao contrário da dilatação, tende a ampliar o fundo da imagem junto às fronteiras dos objectos e diminuir possíveis buracos, i.e. regiões que pertencem ao fundo da imagem original e se encontram contidas num objecto da imagem.

Esta operação, ao contrário da dilatação, é definida por uma dilatação seguida de uma erosão, onde é aplicada a mesma estrutura em ambas as operações. A estrutura aplicada tem como objectivo preservar as regiões de fundo da imagem original, semelhantes à da estrutura usada. Esta operação é normalmente aplicada a imagens binárias, embora possa ser igualmente aplicada em imagens em tons de cinzento. (Harley R. Myle, 1993) Considere-se a operação de fecho aplicada a uma imagem binária, que utiliza como estrutura um quadrado de 3x3 pixéis.

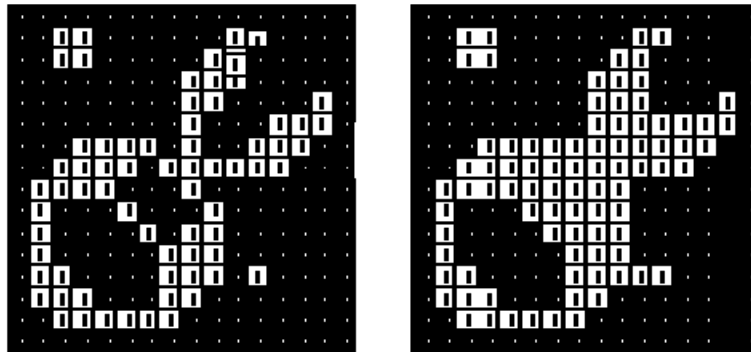


Figura 3-8 Fecho a) Imagem original e b) Imagem resultante [36]

Quando aplicado à imagem binária que se segue, o resultado pode ser mais evidente, visto que de uma imagem original constituída por pequenos e médios círculos contidos numa circunferência maior, é possível extrair os círculos mais pequenos, aplicando a operação de fecho onde a estrutura utilizada será um disco cujo diâmetro tem de ser superior ao dos círculos menores e inferior ao do círculos médios.



Figura 3-9 Fecho a) Imagem original e b) Imagem resultante [36]

3.18 Distância Euclidiana

A distância Euclidiana aplicada a uma imagem binária, atribui um valor a cada pixel da imagem, que corresponde à distância entre ele próprio e o pixel mais próximo de valor diferente de zero.

A distância Euclidiana entre dois pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) é dada pela seguinte equação [36]:

$$\text{Distância} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Na figura que se segue foi calculada a distância euclidiana entre 3 pontos.

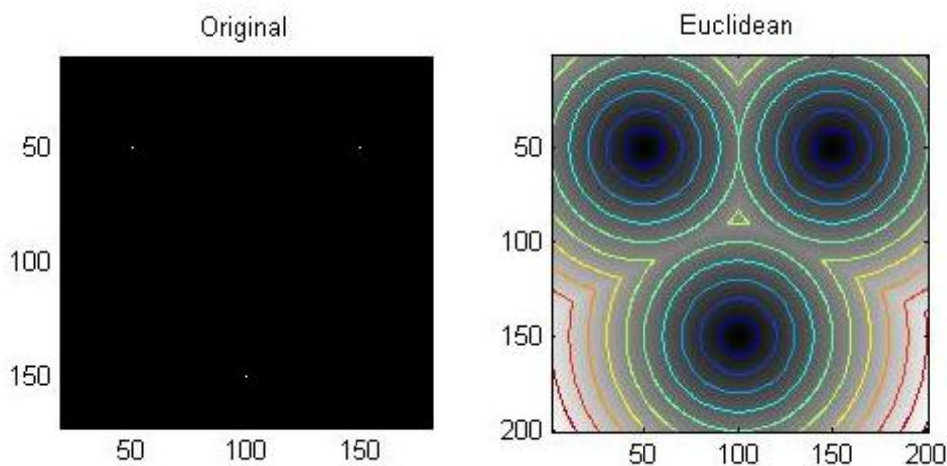


Figura 3-10 Distância Euclidiana entre 3 pontos.

3.19 Média e Mediana

A média, ou média aritmética, é dada pela seguinte fórmula (Harley R. Myle, 1993):

— —

Em geometria a mediana de um triângulo é a recta que liga um vértice deste triângulo ao ponto médio do lado oposto a este vértice. As três medianas de um triângulo são concorrentes e se encontram no centro de massa, ou baricentro do triângulo. Usando o teorema de Stewart temos:

$$m = \sqrt{\frac{2b^2 + 2c^2 - a^3}{4}}$$

Onde a é o lado do triângulo que a mediana intercepta, b e c são os outros lados e m é o tamanho da mediana. Considere-se a seguinte imagem:

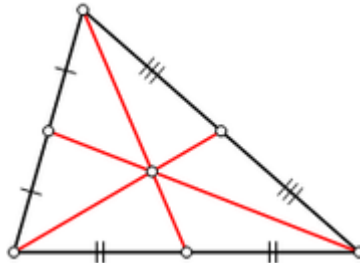


Figura 3-11 Medianas de um triângulo

3.20 Algoritmo de Componentes Ligados

O algoritmo de componentes ligados é muito utilizado em imagens de fundos contrastantes para detecção e classificação de objectos. Atribui uma etiqueta ao primeiro pixel da imagem e tenta propagar a etiqueta pelos pixels à sua direita ou abaixo dele. Podem ser utilizadas adjacências a 4 ou 8 pixels [13]:



Figura 3-12 a) Adjacência a 4 pixels e b) Adjacência a 8 pixels.

A imagem é percorrida duas vezes e é analisada pixel a pixel, de cima para baixo e da esquerda para a direita, de forma a identificar regiões onde os pixels se encontrem ligados e onde pixels da mesma região têm intensidades idênticas. O algoritmo pode ser aplicado a imagens binárias bem como imagens de cor com duas ou mais dimensões.

Considere-se que o algoritmo recebe uma imagem binária de duas dimensões como entrada:

Na primeira passagem, se o pixel não pertence ao fundo da imagem:

1. São identificadas as etiquetas vizinhas;

2. Se não forem encontradas etiquetas, é atribuída uma nova etiqueta ao pixel;
3. Caso contrário, é atribuída ao pixel a etiqueta de menos valor e registadas todas as etiquetas compatíveis;

Na segunda passagem as etiquetas são substituídas pela etiqueta compatível de menor valor.

Na figura 3-13 é possível ver o algoritmo de componentes ligados aplicado a uma imagem binária, onde estão presentes dois objectos independentes.

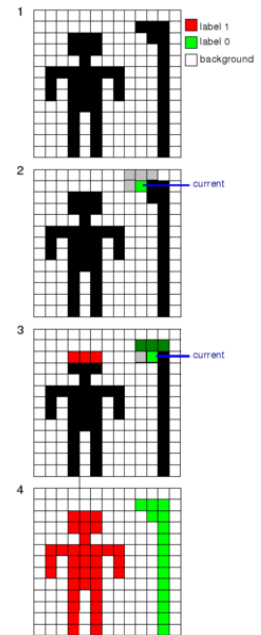


Figura 3-13 Algoritmo de Componentes Ligados.

3.21 Transformação geométrica no espaço

Considere-se uma imagem definida num sistema de coordenadas (w,z) , à qual é aplicada uma transformação geométrica no espaço que produz uma outra imagem definida no sistema de coordenadas (x,y) . (Gonzalez, et al., 2004) Esta transformação no espaço encontra-se representada na seguinte equação:

Por exemplo, se $\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} = \begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \begin{matrix} w \\ z \end{matrix}$, o resultado é uma imagem com metade do tamanho da imagem inicial.

Esta transformação geométrica no espaço encontra-se ilustrada na figura que se segue.

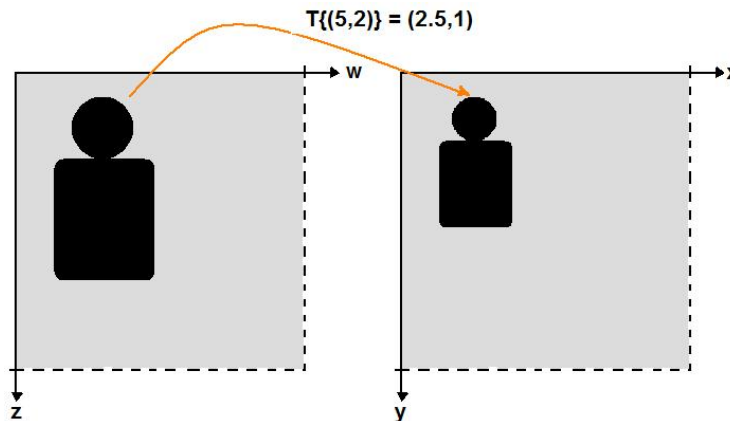


Figura 3-14 Transformação Geométrica no espaço.

A transformação mais comum é denominada no MATLAB por *affine*, e pode ser escrita sobre a forma matricial. (Gonzalez, et al., 2004) Considere-se a seguinte equação.

$$[x \ y \ 1] = [w \ z \ 1]T = [w \ z \ 1] \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

Esta transformação pode ser utilizada por exemplo para efectuar a rotação de um objecta ou mesmo de uma região da imagem original. (Gonzalez, et al., 2004) Na tabela que se segue, são apresentadas algumas das operações que podem ser efectuadas através desta transformação.

Transformação	Matriz T	Equações coordenadas	Diagrama
Identidade	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = w$ $y = z$	
Mudança de Escala	$\begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = s_x * w$ $y = s_y * z$	

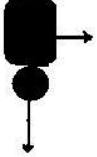

Rotação	$\begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = w * \cos(\theta) + z * \sin(\theta)$ $y = w * \sin(\theta) - z * \cos(\theta)$	
Translação	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ \delta_x & \delta_y & 0 \end{bmatrix}$	$x = w + \delta_x$ $y = z + \delta_y$	

Tabela 3-1 Transformações *affine*.

3.22 Transformada Watershed

Watershed em inglês, representa em geografia, o divisor de águas que separa bacias hidrográficas adjacentes e que pode ser determinado nas cartas topográficas. A formação da bacia hidrográfica dá-se através de desníveis dos terrenos que orientam os cursos de água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

A transformada de watershed efectua a segmentação de uma imagem em tons de cinzento em enumeras áreas, tendo em consideração a topologia da imagem, que contempla a imagem de entrada como uma superfície, onde as áreas mais claras correspondem a elevações, e as áreas mais escuras, correspondem a vales. (Gonzalez, et al., 2004) Considere-se a seguinte figura que ilustra este conceito.

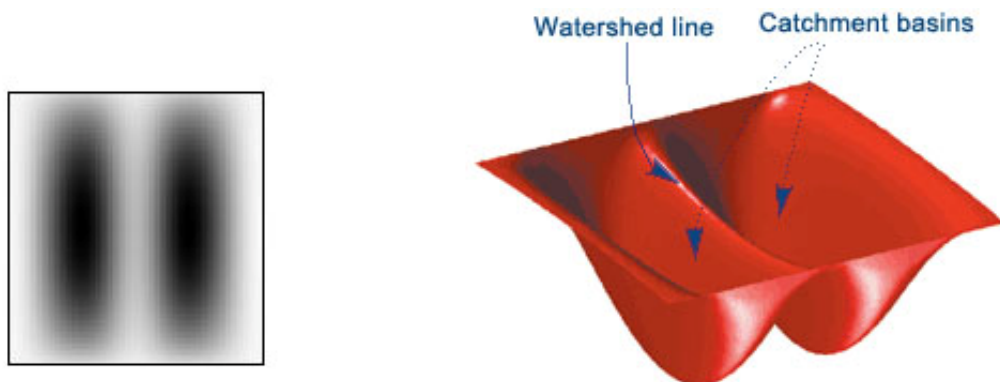


Figura 3-15 Watershed a) Imagem de entrada, b) Superfície.

Capítulo 4. Ferramentas de Processamento Digital de Imagem

Este capítulo apresenta as ferramentas de processamento digital de imagem que se encontram disponíveis para consulta, utilização e para aquisição em <http://biopattern.uninova.pt/cosis>. O capítulo encontra-se organizado em quatro secções. A primeira secção apresenta as funcionalidades e requisitos oferecidos pelas ferramentas desenvolvidas; a segunda secção apresenta as tecnologias de suporte à implementação das ferramentas; a terceira secção ostenta a implementação das ferramentas; e por fim, na quarta secção é possível analisar alguns dos resultados obtidos.

4.1 Descrição da Solução Implementada

As ferramentas de processamento digital de imagem desenvolvidas no âmbito deste projecto, permitem efectuar a detecção e quantificação automática da actividade solar, passando pela análise e normalização dos espectroheliogramas nas riscas K1, K3 e H α e pela extracção de características das imagens normalizadas obtidas da risca K1. Foram desenvolvidas duas ferramentas de software, já introduzidas no Capítulo 2. Na primeira subsecção que se segue é apresentado o processo de implementação da ferramenta de análise e normalização de imagens; na segunda subsecção é apresentado o processo de detecção e quantificação automática da actividade solar.

Para utilizadores registados no website COSIS, é permitido efectuar o download das duas ferramentas na secção “Web Based Tools” e ainda efectuar *à priori*, uma análise aos resultados e funcionalidades oferecidas por cada uma das ferramentas, através da categoria “Applications” que se encontra na secção denominada “Gallery” (vide capítulo 5).

4.1.1 Normalização das Imagens

A ferramenta de normalização das imagens permite criar imagens solares que seguem parâmetros restritos de orientação, dimensão e formato.

Na figura que se segue pode observar-se as transformações efectuadas pela ferramenta sobre um espectroheliograma da risca $H\alpha$.

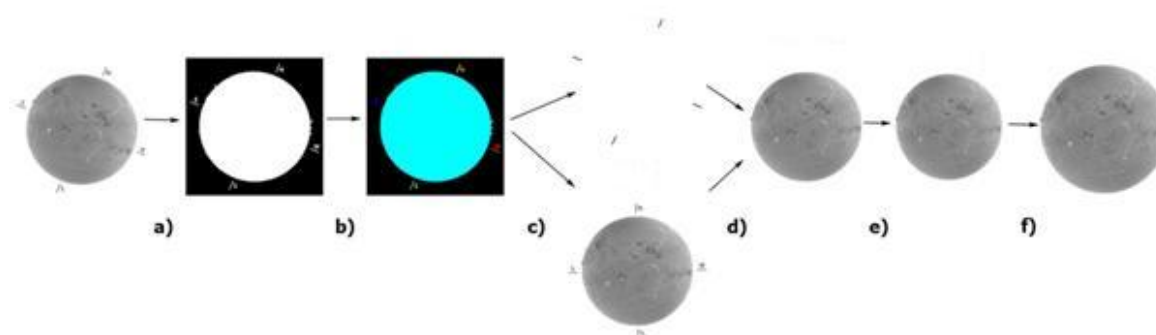


Figura 4-1 Processo de Normalização dos espectroheliogramas: a) Binarização; b) Etiquetagem; c) Rotação; d) Eliminar marcas de orientação; e) Correção da não circularidade do disco solar; f) Redimensionamento.

Como entrada para o processamento de normalização, a ferramenta recebe imagens originais do sol, digitalizadas pelo OAUC. O primeiro passo para atingir a imagem normalizada é inverter a imagem de entrada para que possa ser trabalhada em negativo. A imagem obtida é uma imagem tons de cinzentos à qual é aplicado um filtro onde todos os pixels cuja luminosidade seja superior a um determinado *threshold*, tomam o valor 1, correspondente ao branco, e todos os outros tomam o valor 0, correspondente ao preto, de forma a obter como imagem resultante a imagem em binário da imagem de entrada. Este processo é conhecido com binarização da imagem e encontra-se ilustrado na figura 4.1. O motivo para efectuar a binarização, consiste em facilitar o uso dos métodos de processamento de imagem disponíveis no MATLAB, um software interactivo de alta performance que oferece um conjunto abrangente de algoritmos e ferramentas gráficas para processamento, análise e visualização de imagens. O passo que se segue destina-se a efectuar a etiquetagem da imagem binária.

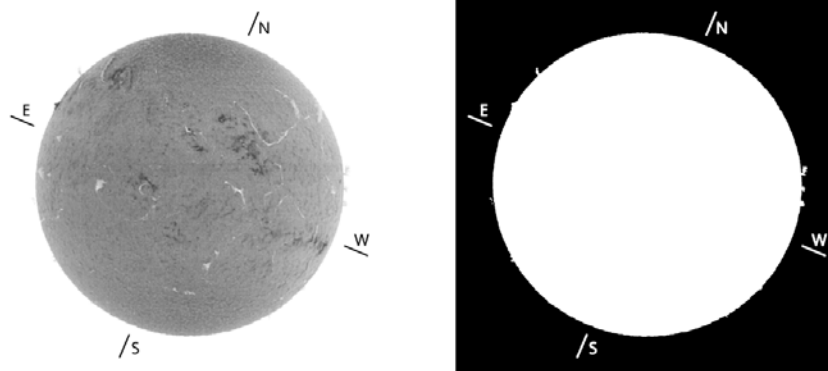


Figura 4-2 Binarização da imagem a) Imagem original b) Imagem resultante.

O processo de etiquetagem tem como entrada as imagens binárias resultantes do processo de binarização descrito anteriormente e permite identificar os diferentes objectos que constituem a imagem. Foi utilizado o algoritmo de etiquetagem de componentes ligados numa janela de 8x8 píxeis. A imagem binária é percorrida duas vezes pixel a pixel, e analisada sequencialmente da esquerda para a direita e de cima para baixo. O algoritmo aplicado consiste em atribuir a cada pixel não analisado uma etiqueta temporária que irá ser propagada até ser encontrado um pixel já analisado. Sempre que esta última situação ocorra e que a etiqueta a propagar seja diferente da etiqueta seguinte, estas serão definidas como compatíveis. O passo que se segue permite compatibilizar todas as etiquetas que foram identificadas no passo anterior criando uma imagem segmentada (vide Capítulo 3). A imagem resultante encontra-se ilustrada à direita da figura 4.2 e permite proceder em seguida à detecção das marcas de orientação.

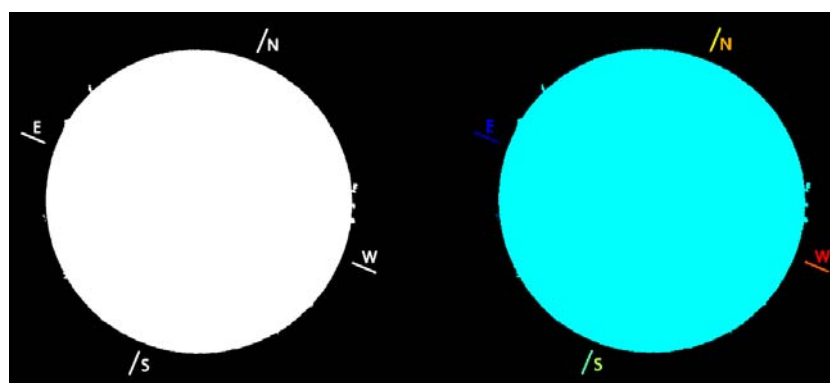


Figura 4-3 Etiquetagem a) Imagem original b) Imagem resultante.

As imagens depois de orientadas, ao contrário das imagens não orientadas, não apresentam marcas de orientação que apontam para Norte, para Sul, para Este e a para

Oeste. No entanto, após o processo de etiquetagem, a imagem pode ainda apresentar mais objectos do que as marcas de orientação e o próprio disco solar, tais como algumas manchas solares, pelo que é necessário proceder à contagem dos diferentes objectos presentes na imagem para identificar quais deles correspondem às marcas de orientação. Posteriormente, para cada um dos objectos encontrados, é determinada a sua área, o eixo maior, o eixo menor e a sua orientação (vide Capítulo 3).

Uma vez encontradas as propriedades de cada objecto, os nove objectos com maior área correspondem ao disco solar, objecto de área máxima, e aos quatro eixos e respectivas quatro letras, que compõem as marcas de orientação. Após encontrados os oito objectos (eixos e letras) que constituem as marcas de orientação, o passo que se segue permite diferenciar os eixos dos restantes objectos. Ao analisar o comprimento dos respectivos eixos maior e menor de cada objecto, pode constatar-se que as letras correspondem aos objectos cujo módulo da diferença entre o eixo maior e o eixo menor, fica mais perto de zero, pelo que já é possível proceder à triagem dos eixos das marcas de orientação da imagem binária.

Uma vez encontrados os eixos das marcas de orientação, é necessário reconhecer automaticamente, qual a posição cardinal correspondente a cada eixo, respectivamente Norte, Sul, Este ou Oeste. Considerando o ponto inicial de cada objecto, aquele cujas coordenadas se apresentam mais a cima e mais à esquerda da imagem, i.e. o ponto mais próximo da origem dos eixos coordenadas (ver figura 4.4), por análise aos espectroheliogramas disponibilizados pelo OAUC, constatou-se que o eixo correspondente ao ponto cardinal Norte, é aquele cuja coordenada x do seu ponto inicial é mínima e, o eixo correspondente ao ponto cardinal Sul, é aquele cuja coordenada x do seu ponto inicial é máxima.

Considere-se o seguinte eixo de coordenadas e respectivas zonas de interesse assinaladas a sombreado.

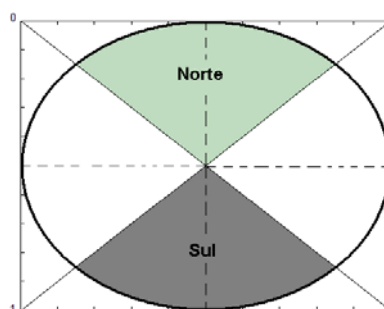


Figura 4-4 Regiões de Interesse para Norte e Sul.

Em seguida, é necessário analisar a orientação dos objectos que correspondem aos eixos das marcas de orientação a Norte e a Sul respectivamente, para calcular o ângulo segundo a imagem original será rodada, de forma a obter uma imagem orientada. No caso ideal, tanto o objecto Norte como o objecto Sul teriam a mesma orientação, no entanto pode constatar-se que nem sempre esta situação se verifica, pelo que estes objectos não apresentam a mesma orientação mas sim orientações próximas uma da outra. Assim, optou-se que o cálculo do ângulo segundo a imagem original deverá ser rodada, é dado pela média das orientações a Norte e Sul.

Determinado o ângulo de rotação, o passo que se segue é rodar a imagem original de forma a obter a imagem orientada e em seguida apagar os oito objectos que constituem as marcas de orientação. O processo de rotação da imagem é composto por duas operações de processamento de imagem, uma transformação geométrica e uma transformação no espaço. Por transformação geométrica entende-se uma aplicação bijectiva entre duas figuras geométricas, no mesmo plano ou em planos diferentes, neste caso o disco solar, de forma que a partir de uma figura geométrica original se forma outra geometricamente igual ou semelhante, neste caso a transformação aplicada é a rotação como já foi referido. No entanto, após a transformação geométrica a imagem resultante terá uma dimensão superior à dimensão original (ver figura 4.5 a), resultante da própria rotação, pelo que os pixéis da imagem resultante que se encontram fora dos limites da imagem original, tomam por defeito o valor 0, equivalente ao preto. A próxima transformação visa atribuir a esses pixéis a luminosidade apropriada, cujo valor no caso dos espectroheliogramas corresponde a 255, equivalente à cor de fundo, o branco.

Na figura que se segue encontram-se ilustrados os resultados das duas transformações.

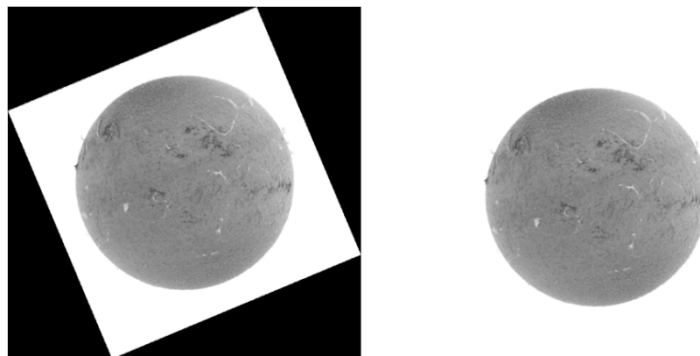


Figura 4-5 Rotação a) Transformação geométrica b) Transformação no espaço.

Na figura que se segue pode observar-se os eixos das marcas de orientação extraídos da imagem original, a imagem já orientada e por último a imagem orientada sem as respectivas marcas de orientação.

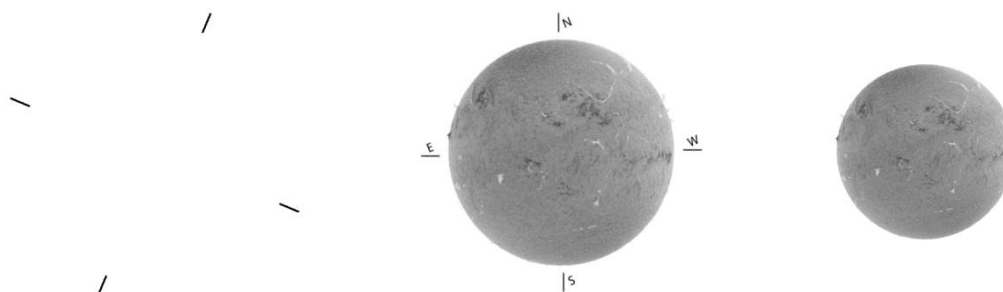


Figura 4-6 Orientação da imagem a) Eixos das marcas de orientação b) Imagem rodada c) Imagem resultante.

O passo que se segue visa corrigir a não-circularidade do disco solar, de forma a transformar o disco solar num círculo. Sobre a imagem orientada, foi inicialmente aplicado um processo denominado abertura onde a estrutura utilizada será um círculo de 20 pixéis de raio, com o objectivo de eliminar o ruído nas fronteiras do disco solar, causado por exemplo por algumas protuberâncias, que se não forem eliminadas podem aumentar a incerteza no cálculo do eixo do momento (vide capítulo 3) do disco solar. Em seguida, foi calculado o eixo de momento do disco solar resultante da abertura, que permite saber a orientação do objecto. Caso o disco solar apresentado não seja um círculo, serão aplicadas transformações geométricas e transformações no espaço à imagem orientada, para que o disco solar se converta num círculo.

Inicialmente é determinada a orientação do disco solar, que se traduz pelo ângulo formado pelo eixo de momento do objecto correspondente ao disco solar (vide capítulo 3). É efectuada a rotação do disco solar segundo o ângulo pré-determinado. Este processo foi efectuada de acordo com o processo rotação já descrito anteriormente que inclui uma transformação geométrica no espaço (vide capítulo 3). Desta forma é possível garantir que, até este momento, o disco solar apresenta o seu eixo máximo e mínimo, orientados segundo os eixos coordenados x,y , (i.e. os eixos do discos solar, encontram-se alinhados segundo $x = 0$ e $y = 0$). Em seguida são determinadas a altura e largura do disco solar, que correspondem ao comprimento do seu eixo máximo e do eixo mínimo e, cuja relação irá traduzir o factor que vai ser aplicado na transformação efectuada sobre o disco solar.

Caso a largura encontrada seja superior à altura, será aplicada ao disco solar a seguinte transformação em x (vide capítulo 3):

$$(x, y) = T\{(w, z)\} = (t_x * w, z)$$

Onde:

$$t_x = \frac{\text{eixo_maior}}{\text{eixo_menor}}$$

Caso a altura encontrada seja superior à largura, será aplicada ao disco solar a seguinte transformação em y (vide capítulo 3):

$$(x, y) = T\{(w, z)\} = (w, t_y * z)$$

Onde:

$$t_y = \frac{\text{largura}}{\text{altura}} = \frac{\text{eixo_maior}}{\text{eixo_menor}}$$

Na figura que se segue pode observar-se o efeito da transformação geométrica no espaço aplicada a um disco, que resulta num círculo.

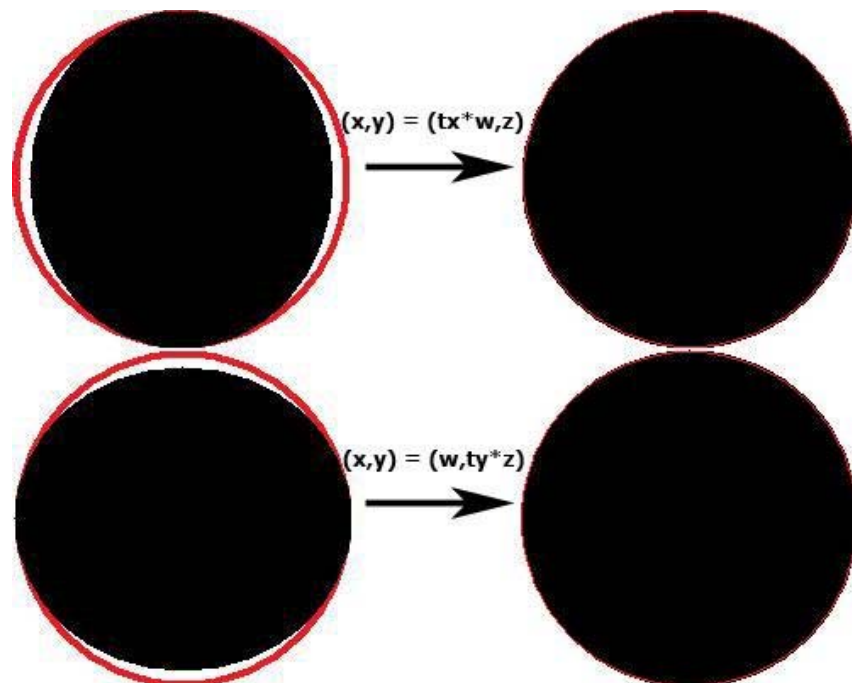


Figura 4-7 Correção da não-circularidade a) Transformação geométrica em x b) Transformação geométrica em y.

Por último é necessário garantir os parâmetros de normalização, que pretendem assegurar que o diâmetro do círculo solar apresenta 368 pixéis e que a imagem resultante apresenta uma resolução de 512x512 pixéis. O primeiro passo para efectuar o redimensionamento da imagem, diz respeito a garantir o diâmetro do círculo resultante de 368 pixéis, como já foi referido. Para isso foi necessário aplicar a seguinte transformação geométrica no espaço ao círculo solar (vide capítulo 3):

$$(x, y) = T\{(w, z)\} = (t_{xy} * w, t_{xy} * z)$$

Onde:

$$t_{yx} = \frac{\text{diâmetro_actual}}{\text{diâmetro_desejado}} = \frac{\text{diâmetro_actual}}{368} \text{ [px]}$$

Em seguida, a imagem resultante, cujo círculo solar apresenta 368 pixéis, foi cortada para que o centro geométrico do sol coincida com o centro geométrico da imagem, e também para que a imagem resultante apresente a resolução desejada de 512x512 pixéis. Considere-se a seguinte figura onde se pode observar o processo de correcção de circularidade bem como o processo de redimensionamento aplicado a uma imagem solar resultante da rotação de um espectroeliograma H-alpha.

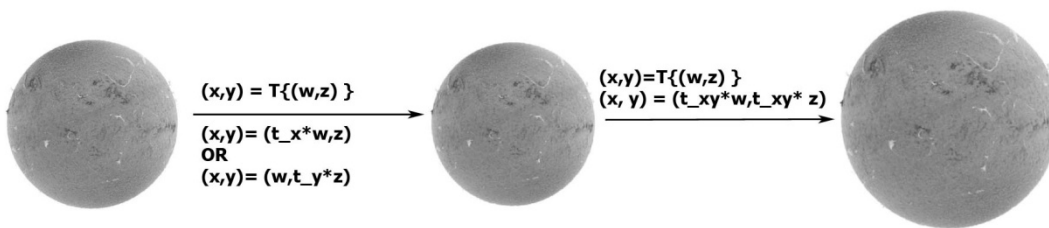


Figura 4-8 Normalização da imagem a) Imagem rodada e orientada b)Correcção da não-circularidade c)Redimensionamento.

A imagem resultante de todo o processo apresentado, que se encontra ilustrada na figura 4.8 c) é a imagem normalizada do espectroheliograma apresentado na figura 4.2 a).

4.1.2 Detecção de Manchas Solares

A segunda ferramenta de software destina-se a efectuar a detecção e quantificação de manchas solares e, tem como imagens de entrada os espectroheliogramas da risca K1, resultantes da ferramenta de processamento digital de imagem descrita na secção anterior.

Na figura que se segue pode observar-se as transformações efectuadas por esta ferramenta.

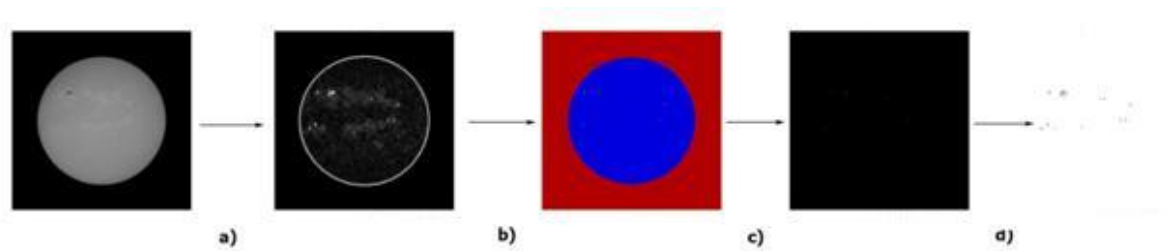


Figura 4-9 Processo de Detecção e quantificação de manchas solares: a)Correcção de luminosidade; b)Segmentação e etiquetagem; c)Extracção de manchas solares; d)Centros geométricos de cada mancha solar.

O processo de detecção e quantificação de manchas solares proposto, apresenta uma boa imunidade ao ruído, e tem como base os algoritmos de etiquetagem de componentes ligados e a transformada de watershed, que permite dividir a imagem em pequenas áreas (vide capítulo 3). Estas áreas representam vales de baixa intensidade, onde as mais escuras correspondem possivelmente a manchas solares. Todas as áreas encontradas são posteriormente estudadas por um processo de etiquetagem que atribui a cada região uma etiqueta cujo valor atribuído está contido no intervalo de um até ao número máximo de áreas definidas. Se não for aplicado previamente um filtro à imagem normalizada, a transformada de watershed pode gerar demasiadas áreas, que implicaria um processo de análise mais demorado e poderia detectar possíveis manchas solares que não são perceptíveis a olho nu, e que portanto não têm qualquer interesse para o estudo que se pretende.

Esta ferramenta de processamento de imagem, permite analisar várias imagens normalizadas em simultâneo, pelo que o primeiro passo para detectar as manchas solares consiste em identificar e adquirir para análise todas essas imagens. Para cada imagem adquirida é calculado, caso necessário, o seu complemento, de forma a garantir que o fundo da imagem é branco (vide capítulo 3). O passo que se segue consiste em garantir que o fundo da imagem de entrada apresenta uma luminosidade uniforme.

A abertura pode ser usada para compensar a não-uniformidade na luminosidade do fundo da imagem. Considere-se a figura 4.1.2.1 a) onde o fundo da imagem se apresenta mais escuro na parte inferior, e mais claro na parte superior. O facto de a luminosidade não ser uniforme, dificulta o cálculo do threshold, que tal como se pode verificar na

binarização da imagem apresentada na figura 4.1.2.1 b), implica que os grãos de arroz na zona superior tenham as fronteiras bem definidas, ao contrário dos grãos de arroz que se encontram na parte inferior da imagem que se difundem na imagem de fundo. Este efeito poderia adulterar a detecção e quantificação das manchas solares, pelo que deve ser evitado. **Aplicar** uma abertura à imagem original, com uma janela de dimensão superior à dos grãos de arroz, permite obter uma boa aproximação da imagem do fundo, que se encontra representada na figura 4.1.2.2 c). Em seguida, ao subtrair a imagem de fundo resultante à imagem original, é possível obter uma imagem onde o fundo apresenta uma luminosidade uniforme. O resultado desta transformação encontra-se representado na figura 4.1.2.2 c). Todo este método é denominado transformada $TopHat$.

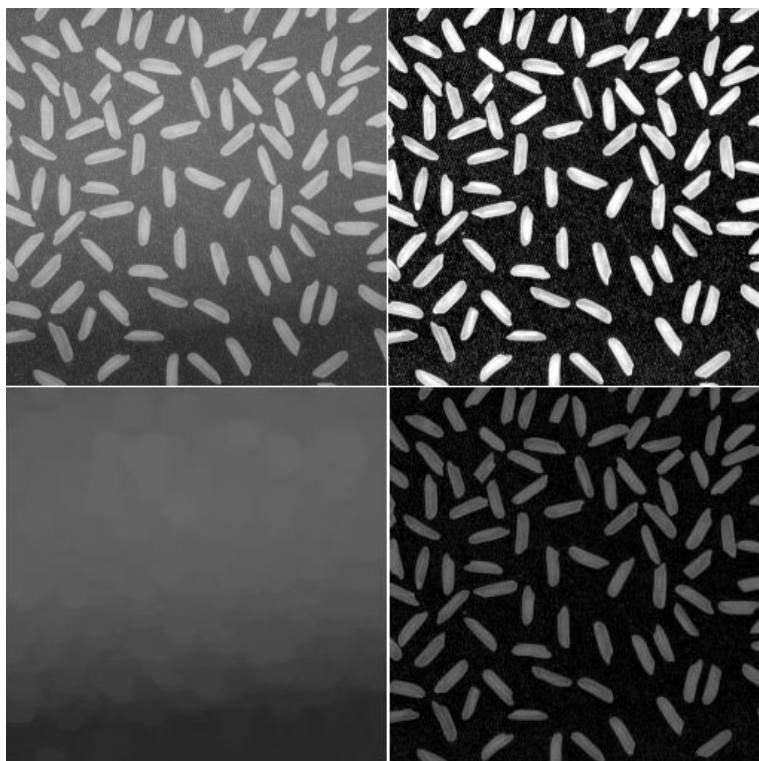


Figura 4-10 Transformada $TopHat$: a) Imagem original; b) Imagem binária; c) Abertura; d) Imagem resultante.

A transformada $TopHat$ foi aplicada à imagem complemento da imagem normalizada, para assegurar que o processo de binarização e por conseguinte a segmentação que será posteriormente aplicada a cada imagem, é consistente com as formas geométricas das manchas solares existentes e, assim garantir a todo o processo, uma boa imunidade ao ruído.

O resultado deste processo encontra-se demonstrado na figura que se segue.

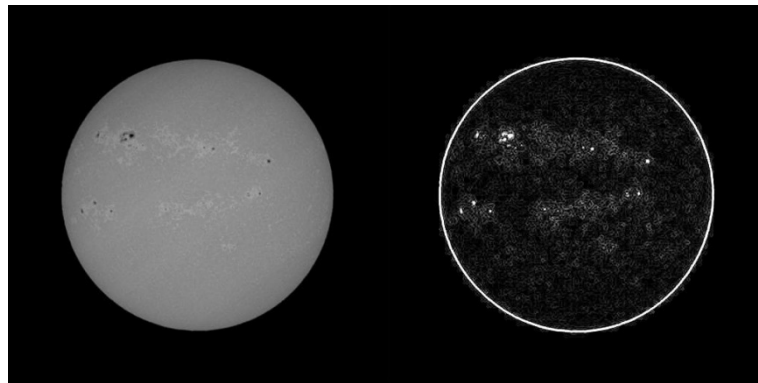


Figura 4-11 Transformada TopHat: a) Imagem original; b) Imagem resultante.

Pode observar-se que as áreas activas, onde se encontram as manchas solares que se pretendem quantificar e detectar, correspondem às zonas mais claras da imagem resultante. Toda a área pouco activa apresenta uma luminosidade uniforme e está representada em tons de cinzento muito escuro. O passo que se segue consiste em determinar o threshold óptimo da imagem actual, para proceder em seguida à binarização da imagem actual. Utilizou-se o método de Otsu que minimiza a variância entre os pixéis da imagem original e da imagem binária resultante (vide capítulo 3). Ao threshold encontrado foi imposto um maior grau de tolerância, o que significa que o processo de binarização, vai ser aplicado várias vezes à imagem actual, com diferentes thresholds, de forma a permitir encontrar no final de todo o processo de detecção e quantificação, os resultados que melhor se ajustam aos valores esperados. O valor do threshold calculado pelo método de Otsu encontra-se compreendido no intervalo de zero a um. O intervalo de tolerância computado consiste em somar ao threshold encontrado os seguintes valores:

$$(-0.10:0.02:0.10) = [-0.1 - 0.08 - 0.06 - 0.04 - 0.02 \ 0 \ 0.02 \ 0.04 \ 0.06 \ 0.08]$$

O que significa que caso o threshold calculado pelo método de Otsu, tenha por exemplo o valor 0.4529, o processo de binarização vai ser executado onze vezes para cada imagem, com os seguintes thresholds:

$$[0.5529 \ 0.5329 \ 0.5129 \ 0.4929 \ 0.4729 \ \mathbf{0.4529} \\ 0.4329 \ 0.4129 \ 0.3929 \ 0.3729 \ 0.3529]$$

Na figura que se segue pode observar-se as imagens binárias resultantes da imagem 4.1.2.3 b).

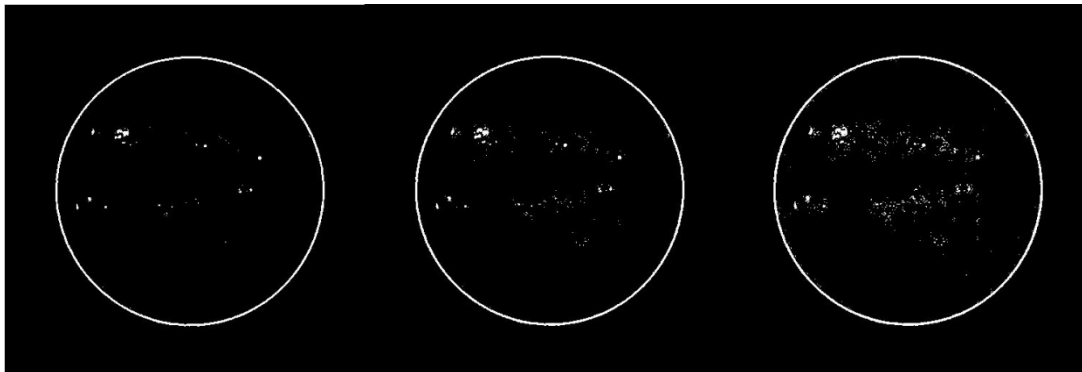


Figura 4-12 Imagens binárias: a) Threshold máximo (0.5529); b) Threshold de Otsu (0.4529); c) Threshold mínimo (0.3529)

O passo que se segue consiste em efectuar a segmentação de cada imagem binária encontrada. O método proposto é a transformada de watershed que recorre ao cálculo das distâncias entre cada pixel da imagem binária e o pixel vizinho mais próximo, cujo valor seja diferente de zero. Na figura que se segue, foi aplicado este método de segmentação a duas esferas que tocam, i.e. que contêm uma área comum.

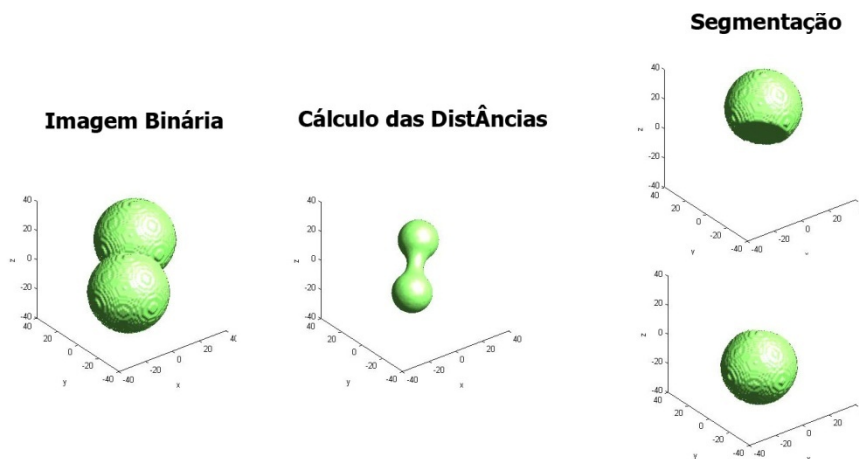


Figura 4-13 Transformada Watershed: a) Imagem binária; b) Cálculo das distâncias; c) Objectos resultantes da segmentação

Como resultado do processo de segmentação, para cada imagem devem ser retornados os objectos correspondentes às diferentes manchas solares e ainda o objecto que abrange todo o círculo solar. O passo que se segue consiste em seleccionar quais das

etiquetas resultantes da transformação de watershed correspondem efectivamente a manchas solares, pelo que as áreas geradas têm de ser classificadas. O processo de classificação permite assim identificar quais das etiquetas geradas pela transformada de watershed são manchas solares e quais não são. É proposto o algoritmo de componentes ligados (vide capítulo 3) para detecção e classificação de objectos. Tal como foi mencionado na ferramenta de normalização de imagens estudada na subsecção anterior (vide capítulo 4.1.1), o algoritmo de componentes ligados atribui uma etiqueta diferente a cada um dos objectos encontrados, permitindo encontrar quais os objectos que se encontram em primeiro plano que neste caso correspondem às manchas solares cujo conhecimento se pretende evidenciar.

Na figura que se segue é apresentada a imagem do sol resultante do processo de segmentação e etiquetagem de onde são extraídos apenas os objectos que correspondem às manchas solares. A imagem de entrada utilizada corresponde à imagem resultante do método de Otsu.

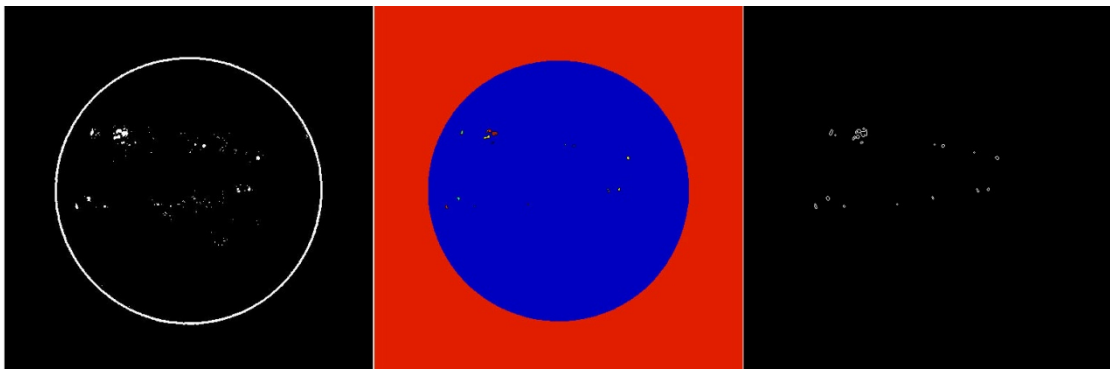


Figura 4-14 Classificação: a) Imagem binária; b) Segmentação e Etiquetagem; c) Objectos resultantes da classificação.

A imagem classificada apresenta as possíveis manchas solares. Para cada uma das imagens resultantes, são determinadas a área e centro geométrico de cada mancha solar, que posteriormente ficam registadas num ficheiro de texto, bem como o número total de manchas solares detectadas e informação referente à imagem de entrada normalizada, como o nome e o formato.

Na figura que se segue é possível observar as manchas solares detectadas e, na tabela pode consultar-se os dados obtidos para imagem actualmente em análise, onde forem detectadas vinte e duas manchas solares.

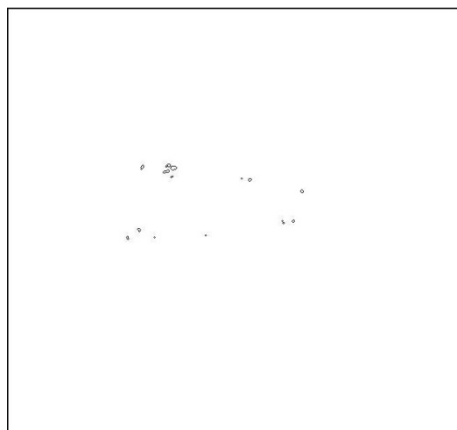


Figura 4-15 Manchas Solares

<u>Mancha Solar</u>	<u>Centro Geométrico</u>		<u>Area</u>
	<u>Coordenada X</u>	<u>Coordenada Y</u>	
0	169	180	1
1	168	178	32
2	161	174	11
3	118	268	9
4	122	176	9
5	155	183	8
6	158	174	1
7	159	182	9
8	278	195	8
9	353	212	6
10	101	280	1
11	140	279	3
12	157	176	5
13	341	255	1
14	121	179	1
15	164	191	1
16	166	190	1
17	214	276	1
18	264	268	1
19	266	193	1
20	325	255	1
21	327	258	2

Tabela 4-1 Características das manchas solares.

Por análise à tabela apresentada pode verificar-se que várias manchas solares encontradas têm uma área inferior a 6 pixels, pelo que, de acordo com o projecto de final de curso desenvolvido por Gonçalo Bandeira e Paulo Martins, não devem ser tidas em consideração, de forma a evitar que grandes poros sejam confundidos com pequenas manchas solares.

4.2 Tecnologias de Suporte

Foi proposto que o desenvolvimento das ferramentas de processamento de imagem fosse elaborado em MATLAB. O MATLAB cujo nome surge de *matrix laboratory*, encontra-se definido na documentação que acompanha o software de instalação, como uma linguagem técnica de programação de alto nível que integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos. Apresenta uma interface gráfica de fácil utilização que pretende ser intuitiva para os utilizadores, e permite resolver problemas e criar soluções através de notação matemática, cujo elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. Desta forma permite resolver muitos problemas numéricos em espaços de tempo reduzidos, que caso fossem abordados em linguagens como o Basic ou C levariam mais tempo a implementar. Os casos de uso mais comuns são:

- Matemática e computação
- Desenvolvimento de algoritmos
- Aquisição de dados
- Modelação e simulação
- Análise de dados, pesquisa e visualização
- Elaboração de gráficos
- Desenvolvimento de aplicações, e criação de interfaces gráficas de utilização.

O MATLAB dispõe de diversas extensões denominadas *toolboxes*, que permitem aos seus utilizadores aprender e aplicar tecnologias especializadas. Estas *toolboxes* são compostas por colecções de funções em MATLAB, denominados ficheiros M, que permitem resolver determinadas categorias de problemas. Algumas das áreas de especialização das *toolboxes* dizem respeito a processamento de sinais, sistemas de controlo, redes neuronais, lógica fuzzy, wavelets, processamento digital de imagem, entre outros.

A toolbox de processamento de imagem teve uma importância especial no desenvolvimento das ferramentas propostas, ao oferecer uma colecção de métodos e ferramentas gráficas para processamento, análise, desenvolvimento e visualização de imagens que permitem, por exemplo, restaurar imagens ruidosas ou degradadas, valorizar as imagens para uma melhor inteligibilidade, extrair características e analisar formas e texturas, entre outros. Na lista que se segue são enumeradas algumas das operações de processamento de imagem suportadas pela toolbox de processamento de imagem.

- Transformações no espaço
- Transformações geométricas
- Operações morfológicas
- Análise e valorização de imagens
- Definir e operar sobre regiões de interesse (ROI)

A maioria das toolboxes são compostas por funções escritas em MATLAB dando a possibilidade ao utilizador de consultar o código fonte, bem como modificar e criar as suas próprias funções personalizadas.

O MATLAB permite disponibilizar as suas aplicações e funções como um serviço Web, através do MATLAB Web Server. O MATLAB Web Server encontra-se descrito no respectivo manual, como um projecto de código e licença livre, baseado em padrões abertos, que possibilita o envio de dados para MATLAB e, a recepção de resultados provenientes de funções MATLAB para serem visualizadas num *browser*. Este servidor permite ao utilizador aceder às funcionalidades de qualquer aplicação desenvolvida em MATLAB através da interface HTML, permitindo executar cálculos científicos com relativa facilidade, visto que o software escrito na linguagem técnica trabalha em segundo plano. A transmissão de dados entre o cliente e o MATLAB é efectuada com base nos protocolos TCP/IP. A figura se segue representa a configuração de rede do sistema.

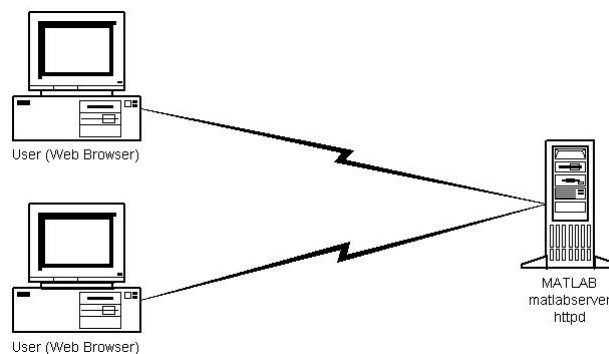


Figura 4-16 Configuração de rede[36]

Como se pode observar, o *browser* corre na máquina cliente, enquanto o Matlab, o Matlab Web Server (`matlabserver`), e o Web Server daemon (`httpd`) correm no servidor. Outra configuração de rede possível, e um pouco mais complexa, encontra-se ilustrada na figura que se segue onde o Web Server daemon se encontra numa máquina independente.

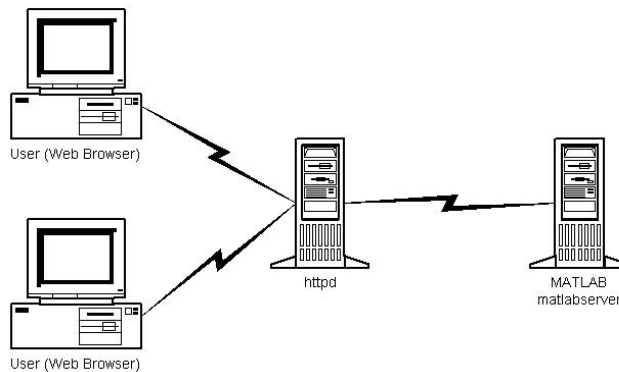


Figura 4-17 Configuração de rede (complexa)

Para desenvolver uma aplicação de Matlab Web Server, que é composta por ficheiros M, HTML e interface gráfica de utilizador (GUI), é necessário proceder aos seguintes passos:

1. Criar os documentos HTML responsáveis pela gestão dos dados de entrada e dos dados de saída.
2. Editar o ficheiro `matweb.conf`, colocar a informação relativa às aplicações que se pretendem executar, como o nome das aplicações e os dados de configuração.
3. Criar os ficheiros de Matlab responsável por receber os dados de entrada gerados pelo documento HTML inicial, analisar e processar os dados recebidos, colocar os dados de saída na respectiva estrutura de Matlab, e invocar a função `htmlrep` que coloca a informação resultante no documento HTML final.

O Matlab Web Server é constituído pelo seguinte conjunto de programas, que permitem aos programadores de Matlab, aceder às suas aplicações na internet:

- `matlabserver`: Servidor TCP/IP multitarefa (ou *multithread* em inglês). Este programa invoca o `matweb.m`, que executa o ficheiro M que se encontra especificado no documento HTML que se encontra na pasta

m1mfile. No ficheiro de configuração `matlabserver.conf`, encontram-se especificados os portos de comunicação em que o servidor `matlabserver` se encontra à escuta.

- `matweb`: Cliente TCP/IP do servidor `matlabserver`. Este programa utiliza uma CGI (*Common Gateway Interface*) para extrair os dados dos documentos HTML e transferi-los para o `matlabserver` e necessita do ficheiro de configuração `matweb.conf` para estabelecer a ligação ao `matlabserver`. O ficheiro de configuração `matweb.conf` deve listar todas as aplicações que se pretendem executar.
- `matweb.m`: Executa o ficheiro M que se pretende integrar.

Este processo de comunicação do Matlab na *Web* encontra-se ilustrado na figura que se segue.

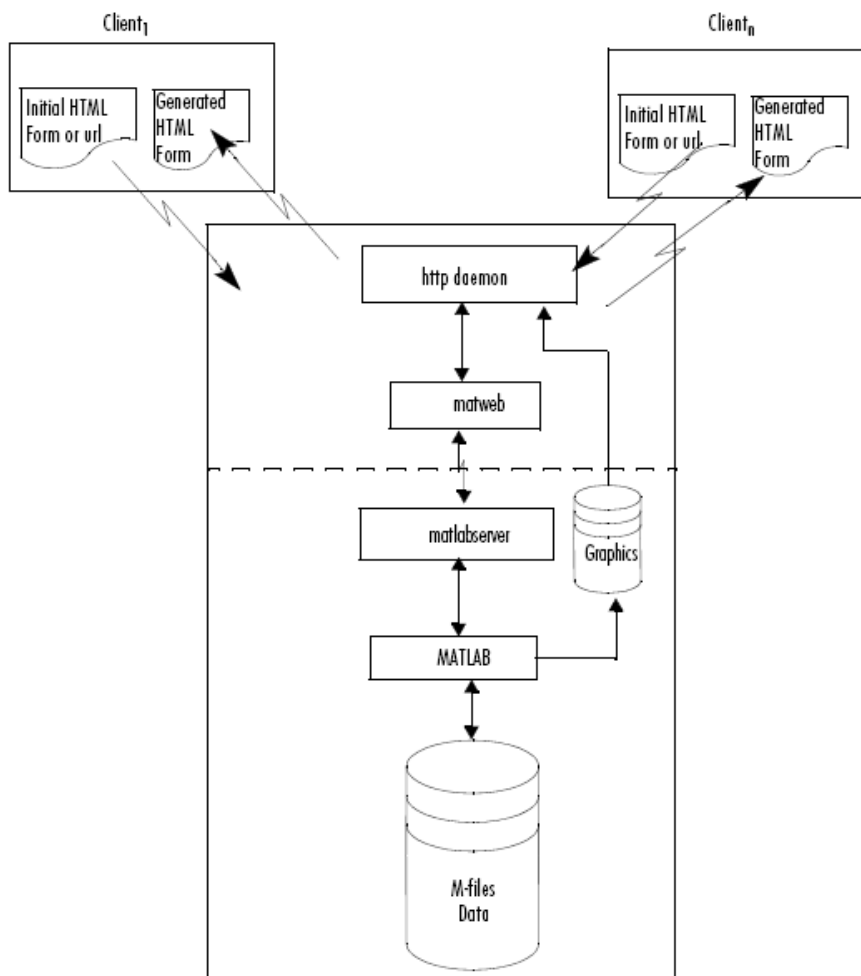


Figura 4-18 Processo de comunicação do Matlab na *Web*.

Na próxima secção são enumerados os requisitos de software das ferramentas de processamento digital de imagem apresentadas.

4.2.1 Requisitos mínimos do Sistema

- Windows XP
- MATLAB 7.00.19920 (R14)
- MATLAB Image Processing toolbox
- Editor de PHP
- Editor de HTML

4.3 Implementação

A implementação visa descrever a estrutura implementada em cada uma das ferramentas de processamento de imagem, bem como apresentar as respectivas interfaces gráficas, e as funcionalidades disponibilizadas.

A ferramenta de normalização das imagens é composta por quatro ficheiros PHP, um ficheiro M, um ficheiro de texto e 5 imagens JPEG. O primeiro ficheiro PHP denominado `swb.php` é responsável pela interface gráfica apresentada ao utilizador, quando este acede pela primeira vez, à ferramenta de normalização de imagens. A figura 4.3.1 apresenta a GUI.

O segundo ficheiro PHP, denominado `swb1.php` é responsável pela visualização e gestão dos dados apresentados ao utilizador. Para seleccionar a imagem que se pretende submeter ao processo de normalização, o utilizador tem de seleccionar inicialmente o tipo de imagem que pretende, i.e. espectroheliogramas da risca K1, K3 ou H-alpha, e de seguida escolher a imagem da lista de imagens disponíveis. Sempre que o utilizador seleccionar a imagem pretendida, será gerado um *preview* da imagem seleccionada que permite uma melhor abordagem da imagem que vai ser submetida ao processo de normalização. Ao carregar no botão 'Process', o nome da imagem seleccionada pelo utilizador é gravada no ficheiro de texto `swb.txt` e é invocado o programa `matweb.exe` que vai executar o ficheiro M denominado `eixos_regionprops_SERVER_back.m`. Por sua vez o ficheiro M recebe como dados de entrada a informação armazenada no ficheiro `swb.txt`. A figura 4.3.2 apresenta a GUI após a imagem que vai ser processada ter sido seleccionada.

Na figura que se segue é apresentada a interface gráfica que resulta do ficheiro `swb.php`.

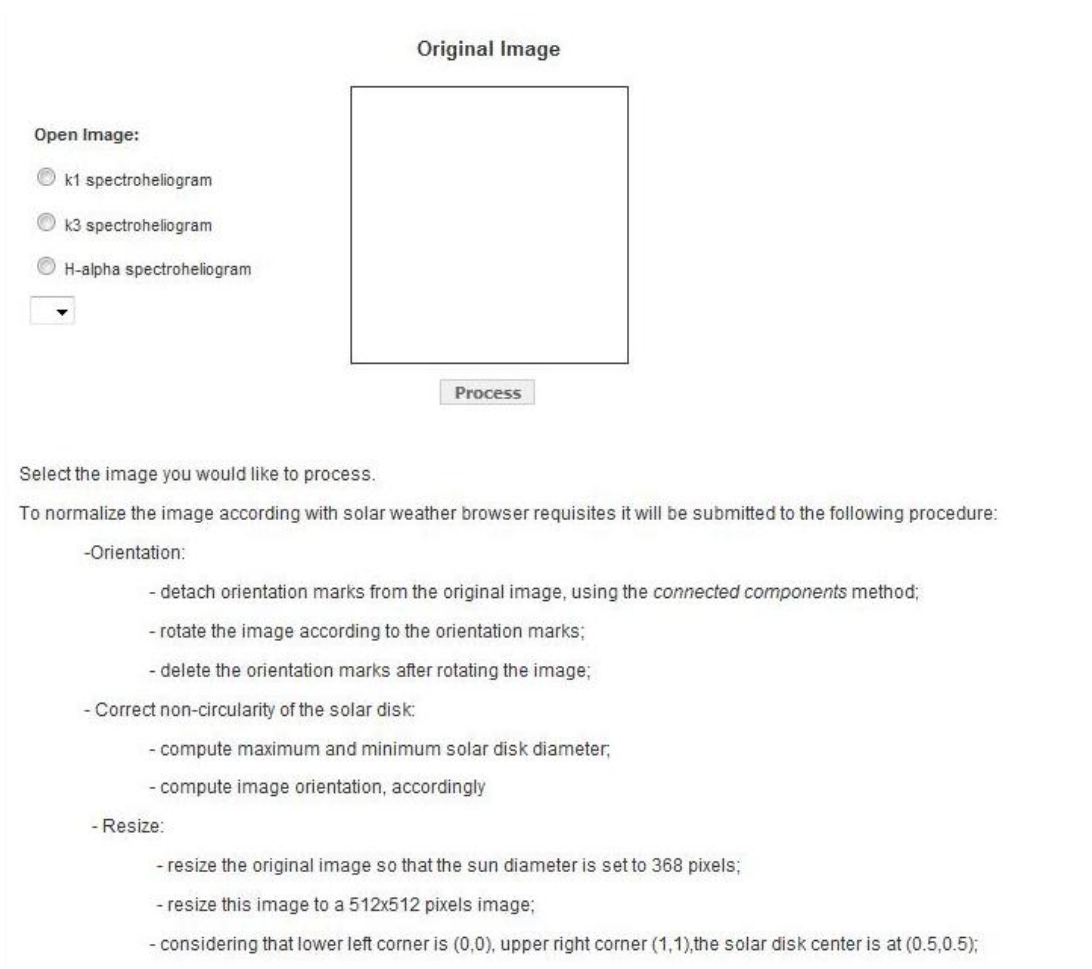


Figura 4-19 GUI de apresentação da ferramenta de normalização de imagens.

Na figura que se segue é apresentada a interface gráfica que resulta do ficheiro `swb1.php`.

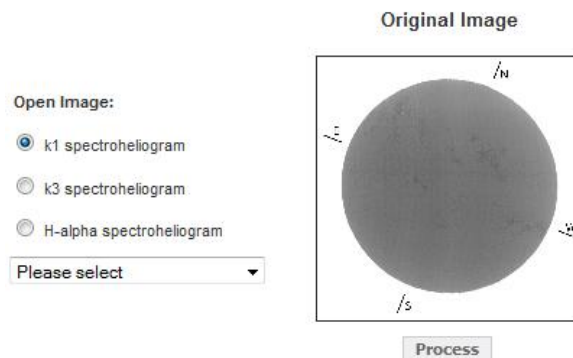


Figura 4-20 GUI para gestão dos dados de entrada da ferramenta de normalização de imagens.

Tanto o ficheiro PHP `swb1.php` como o ficheiro `M` são responsáveis por efectuar a validação dos dados de entrada. O ficheiro `M` efectua todo o processamento descrito em detalhe na secção anterior, para a imagem cujo nome se encontra registado no ficheiro de texto `swb.txt`, e invoca o terceiro ficheiro PHP denominado `swb2.php`. O ficheiro `swb2.php` contém código HTML para redireccionar todo o fluxo para o quarto ficheiro PHP, denominado `swb3.php`. Deste modo, o processo de integração da ferramenta de normalização no website COSIS, que será abordada em maior detalhe no próximo capítulo, à vista do utilizador não é mais que um processo de transição entre páginas Web. A figura que se segue apresenta a interface gráfica final, onde são oferecidos os resultados da normalização da imagem inicialmente seleccionada.

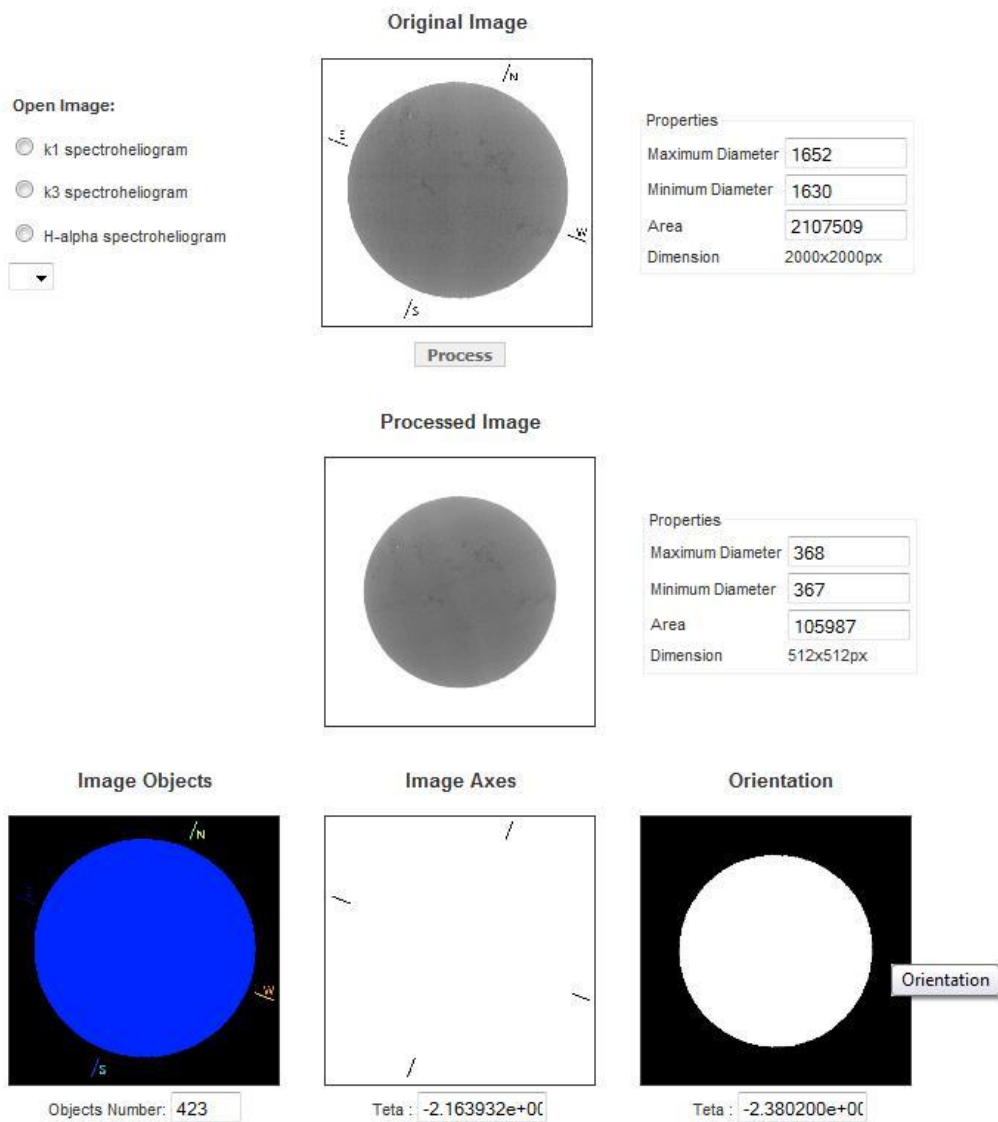


Figura 4-21 GUI com os resultados da ferramenta de normalização de imagens.

Como resultado esta ferramenta devolve quatro imagens onde uma corresponde à imagem normalizada e se encontra disponível na janela 'Processed Image', e as outras três correspondem respectivamente à imagem segmentada após o processo de etiquetagem, onde se podem contabilizar o número de objectos encontrados, que se encontra disponível para visualização na janela 'Image Objects'; a imagem com os eixos das marcas de orientação e respectiva orientação que se encontra disponível para visualização na janela 'Image Axes'; e por ultimo a imagem do círculo solar como respectivo ângulo Teta de orientação que se encontra disponível para visualização na janela 'Orientation'. As imagens são armazenadas pelo Matlab em ficheiros JPEG, e por último podem ser visualizadas na página de saída, correspondente ao ficheiro PHP `swb3.php`. A função `htmlrep` (vide 4.2) processa apenas código HTML, pelo que não é possível carregar dados de Matlab directamente para a página de saída. Com vista a contornar esta limitação, o MATLAB guarda os resultados do processamento efectuado pelo ficheiro M num ficheiro de texto e em ficheiros de imagem, que são posteriormente carregados pelo website COSIS. O ficheiro de PHP `swb3.php`, contém todas as funcionalidades do ficheiro PHP `swb1.php` e ainda possibilita a visualização de todos os resultados do processo de normalização de imagens. Para analisar tanto as imagens resultantes como a imagem original em maior detalhe, basta carregar sobre cada uma as janelas de *preview* que se pretendem enfatizar. Como resultado, a imagem seleccionada é carregada numa nova página com o seu tamanho original.

O processo de implementação da ferramenta de detecção e quantificação das manchas solares é muito semelhante ao da ferramenta de normalização de imagens. Esta ferramenta é composta por três ficheiros PHP, um ficheiro M, dois ficheiros de texto e 4 imagens JPEG. O primeiro ficheiro PHP denominado `iframeback.php` é responsável pela interface gráfica apresentada ao utilizador e pela gestão dos dados compreendidos na própria GUI. Para seleccionar a imagem que se pretende submeter ao processo de detecção e quantificação das manchas solares, o utilizador deve seleccionar uma imagem da lista de imagens disponíveis. Sempre que o utilizador seleccionar a imagem pretendida, será gerado um *preview* da imagem seleccionada, à semelhança do que acontece na ferramenta de normalização. Ao carregar no botão 'Process', o nome da imagem seleccionada pelo utilizador é gravada no ficheiro de texto `spotFileName.txt` e é invocado o programa `matweb.exe` que vai executar o ficheiro M denominado `procDots7.m`. Por sua vez o ficheiro M recebe como dados de

entrada a informação armazenada no ficheiro `spotFileName.txt`. A figura que se segue apresenta a interface gráfica de entrada.

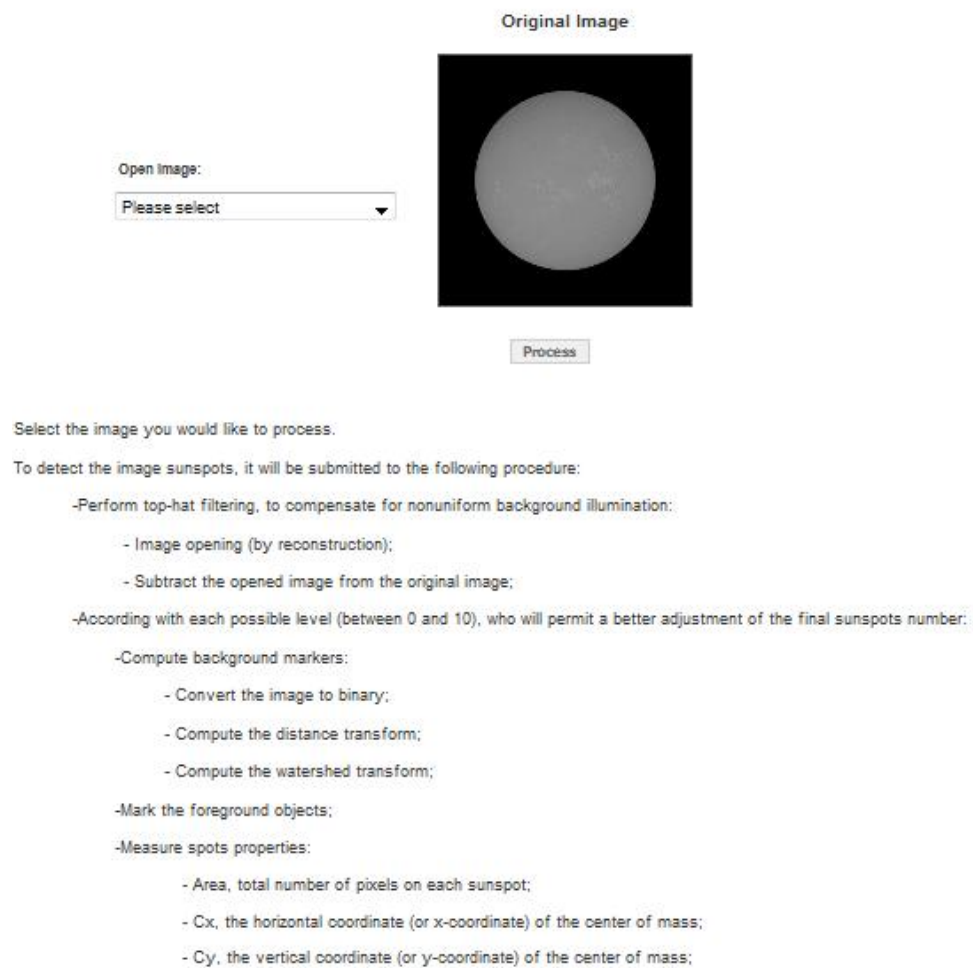


Figura 4-22 GUI de apresentação da ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares.

O ficheiro PHP `iframeback.php` bem como o ficheiro `M procDots7.m`, são responsáveis por efectuar a validação dos dados de entrada. O ficheiro `M` efectua todo o processamento descrito em detalhe na secção anterior, para a imagem cujo nome se encontra registado no ficheiro de texto `spotFileName.txt`. Em seguida invoca o ficheiro PHP denominado `iframeback3.php` que contém código HTML para redireccionar todo o fluxo para o ficheiro PHP `iframeback2.php`. Como resultado esta ferramenta devolve três imagens JPEG.

A figura que se segue apresenta a interface gráfica final, onde são oferecidos os resultados da detecção e quantificação de manchas solares na imagem inicialmente seleccionada.

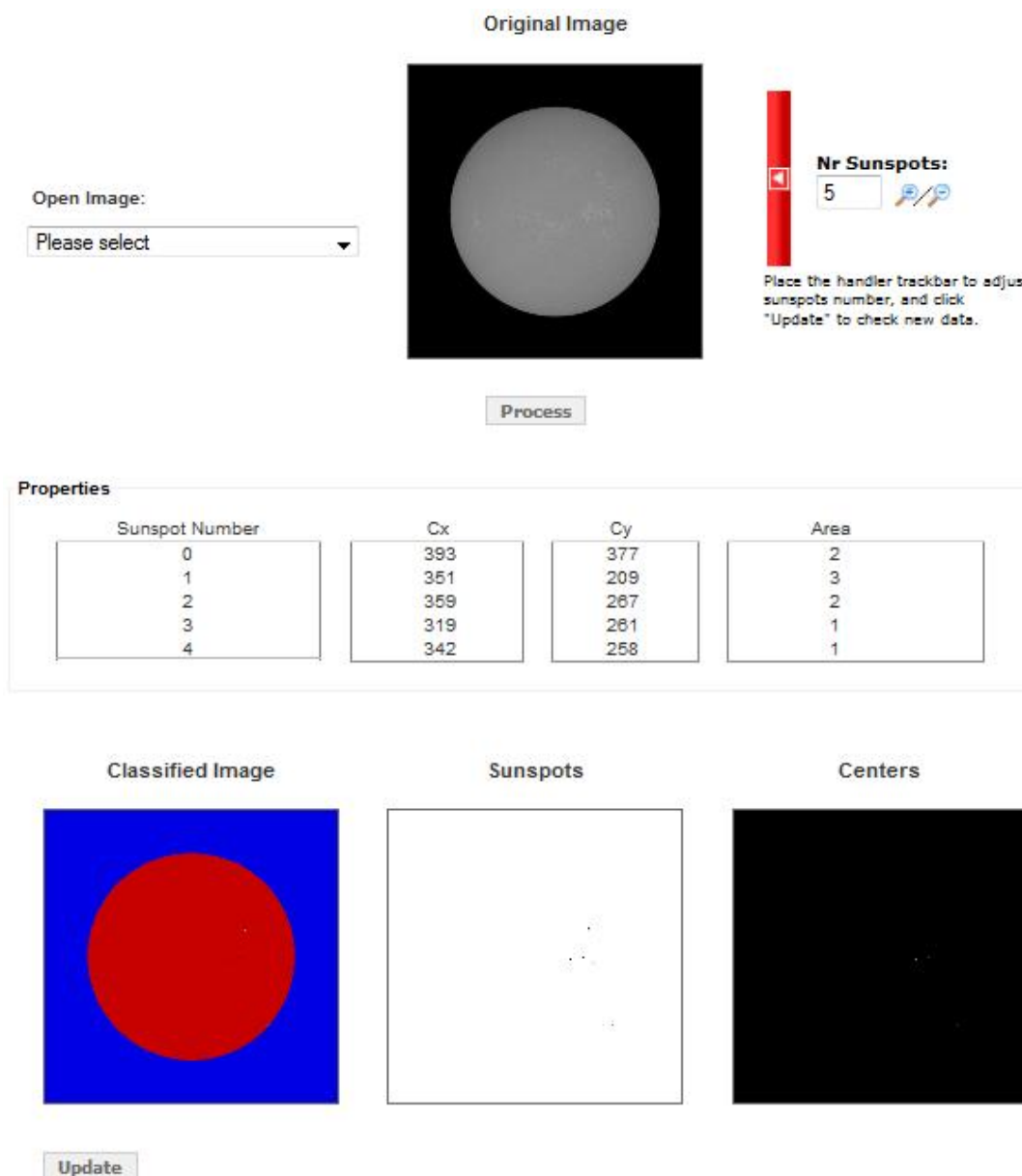


Figura 4-23 GUI com os resultados da ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares.

A imagem que se encontra disponível na janela ‘Classified Image’ corresponde à imagem segmentada após o processo de etiquetagem. Em seguida a imagem disponível na janela ‘Sunspots’ apresenta as manchas solares detectadas. Por último a imagem disponível na janela ‘Centers’ apresenta os centros geométricos das manchas solares representadas na imagem anterior.

As imagens são armazenadas pelo Matlab em ficheiros JPEG e os resultados relativos ao número de manchas solares, respectivos centros de massa e áreas, são registados no ficheiro de texto `spotFileName.txt` para serem posteriormente

carregados pelo website COSIS. O ficheiro PHP `iframeback2.php`, contém todas as funcionalidades do ficheiro PHP `iframeback1.php` e ainda possibilita a visualização de todos os resultados do processo de detecção e quantificação de manchas solares. Por defeito os resultados apresentados foram calculados com base no método de Otsu (vide capítulo 3) mas podem ser ajustados através da barra do 'Nr Sunspots' de forma a perfazerem os resultados que melhor se ajustam à imagem em estudo (vide capítulo 4.1.2). Após ajustar a barra do 'Nr Sunspots', o número de manchas solares é automaticamente actualizado. No entanto é necessário carregar no botão 'Update' para actualizar as imagens de saída e a tabela das propriedades.

No capítulo de implementação do website COSIS (vide 4.75. – Extensões e Integrações) vai ser abordado em maior detalhe, a integração das ferramentas apresentadas no website COSIS.

4.4 Apresentação e Discussão de Resultados

Nesta secção vão ser apresentados alguns resultados obtidos pelas ferramentas de processamento digital de imagem descritas nas secções anteriores. Em primeiro lugar são apresentados os resultados da normalização de três espectroeliogramas na risca K1, K3 e H-alpha respectivamente. Em seguida são processados dois espectroeliogramas na risca K1 pela ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares, em que no primeiro exemplo é registada maior actividade solar que no segundo.

4.4.1 Normalização das Imagens

O primeiro espectroeliograma foi adquirido no dia 3 de Fevereiro de 2001 às 11 horas e 49 minutos e corresponde à imagem `k1v_03_02_01_11h_49` digitalizada pelo OAUC. Na figura que se segue pode observar-se o espectroeliograma original e a imagem normalizada bem como os dos diâmetros máximo e mínimo dos discos solares, as respectivas áreas de cada disco solar, e a resolução tanto do espectroeliograma original como da imagem normalizada. O espectroeliograma originalmente apresenta uma resolução de 2000x2000 pixel, e a imagem normalizada 512x512 pixel. No entanto na figura que se segue não é perceptível essa diferença de escala. Optou-se por redimensionar as imagens para atingir na dissertação, uma melhor legibilidade e permitir uma análise mais pormenorizada dos resultados obtidos.

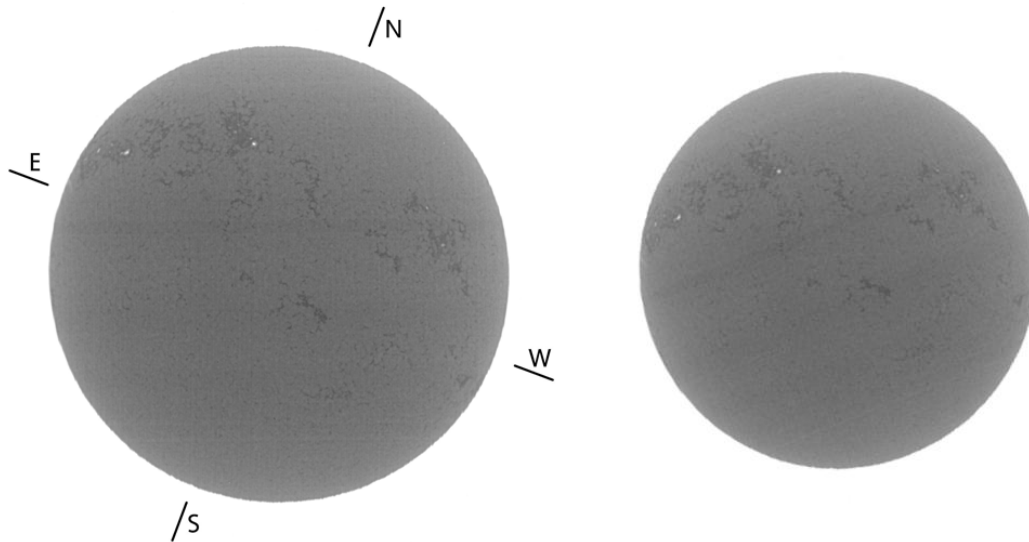


Figura 4-24 Normalização: a) Espectroheliograma k1v_03_02_01_11h_49, b) Imagem Normalizada.

Na tabela que se segue é possível observar os dados resultantes da análise do espectroheliograma original e da imagem normalizada.

Propriedades	Imagem Original	Imagem Normalizada
Diâmetro máximo [px]	1670	368
Diâmetro mínimo [px]	1651	367
Área [px]	2159742	106070
Resolução [px]	2000x2000	512x512

Figura 4-25 Propriedades resultantes da normalização do espectroheliograma k1v_03_02_01_11h_49.

Ao analisar a imagem original e a imagem normalizada, é fácil perceber a rotação a que a imagem original foi sujeita, devido ao desvio na posição das manchas solares. Por análise à tabela das propriedades é possível constatar o redimensionamento a que o espectroheliograma original foi sujeito de forma a perfazer os 512x512 [px] que corresponde à medida standard inerente ao processo de normalização de imagens.

Caso se analise em detalhe os comprimentos máximo e mínimo dos diâmetros tem-se que:

$$\begin{cases} \frac{\text{diâmetro_máximo_original}}{\text{diâmetro_mínimo_original}} = \frac{1670}{1651} = 1.012 [px] \\ \frac{\text{diâmetro_máximo_normalizado}}{\text{diâmetro_mínimo_normalizado}} = \frac{368}{367} = 1.002 \approx 1 [px] \end{cases}$$

Como se pode verificar o disco solar original não é circular, mas após o processo de normalização, este pré-requisito também foi cumprido.

Em seguida é analisado o espectroeliograma na risca K3 adquirido no dia 1 de Fevereiro de 2001 às 11 horas e 48 minutos. A imagem original sobre a qual vai ser executado o processo de normalização corresponde à imagem k3_01_02_01_11h_48 digitalizada pelo OAUC. À semelhança dos resultados apresentados para o espectroeliograma k1v_03_02_01_11h_49, na figura que se segue pode observar-se o espectroeliograma original e a imagem normalizada bem como os dos diâmetros máximo e mínimo dos discos solares, e as respectivas áreas de cada disco solar, e a resolução tanto do espectroeliograma original como da imagem normalizada.

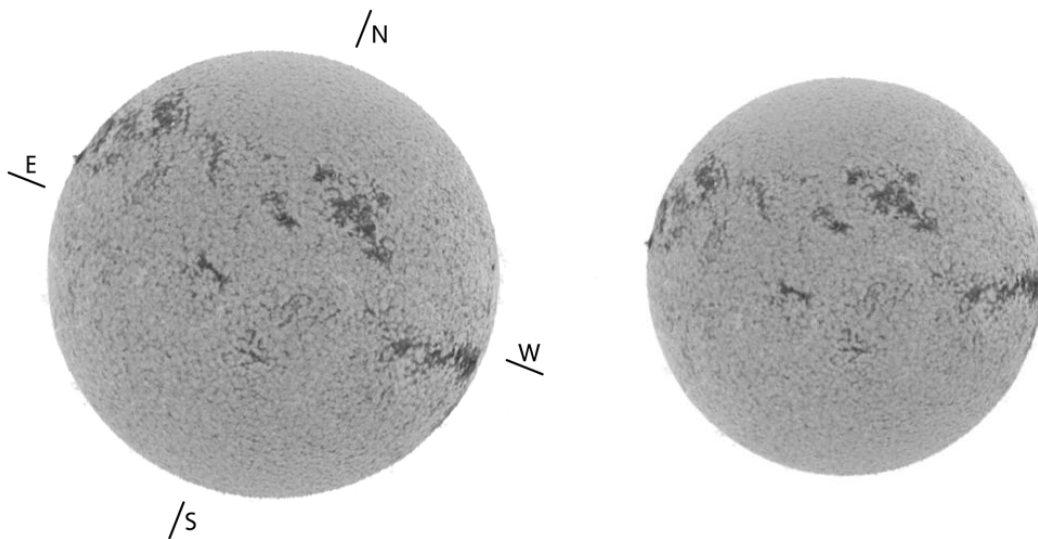


Figura 4-26 Normalização: a) Espectroheligrãma k3_01_02_01_11h_48 b) Imagem Normalizada.

Na tabela que se segue é possível observar os dados resultantes da análise do espectroheliograma original e da imagem normalizada.

Propriedades	Imagem Original	Imagem Normalizada
Diâmetro máximo [px]	1638	368
Diâmetro mínimo [px]	1612	368
Área [px]	2073622	106352
Resolução [px]	2000x2000	512x512

Figura 4-27 Propriedades resultantes da normalização do espectroheliograma k3_01_02_01_11h_48.

Ao analisar a imagem original e a imagem normalizada, é fácil perceber a rotação a que a imagem original foi sujeita, devido ao desvio na posição das protuberâncias.

Por análise à tabela das propriedades é possível constatar o redimensionamento a que o espectroheliograma original foi sujeito de forma a perfazer os 512x512 [px], e caso se analise em detalhe os comprimentos máximo e mínimo dos diâmetros é possível verificar que o disco solar original não é circular.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{diâmetro_máximo_original}}{\text{diâmetro_mínimo_original}} = \frac{1638}{1612} = 1.016 [px] \\ \frac{\text{diâmetro_máximo_normalizado}}{\text{diâmetro_mínimo_normalizado}} = \frac{368}{368} = 1.000 [px] \end{array} \right.$$

Após o processo de normalização o disco solar apresenta a forma circular.

Por último é analisado o espectroheliograma na risca H-alpha adquirido no dia 3 de Fevereiro de 2001 às 11 horas e 45 minutos e que corresponde à imagem H-alpha_01_02_01_11h_45 digitalizada pelo OAUC.

À semelhança dos resultados apresentados para os espectroheliogramas anteriores, na figura que se segue pode observar-se o espectroheliograma original e a imagem normalizada bem como os dos diâmetros máximo e mínimo dos discos solares, as respectivas áreas de cada disco solar, e a resolução tanto do espectroheliograma original como da imagem normalizada.

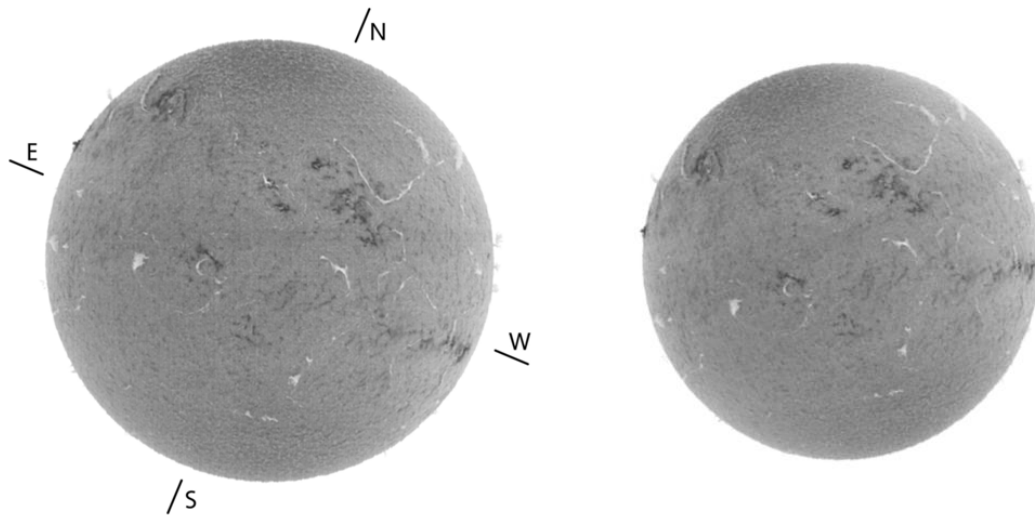


Figura 4-28 Normalização: a) Espectroheliograma H α _01_02_01_11h_45 b) Imagem Normalizada.

Na tabela que se segue é possível observar os dados resultantes da análise do espectroheliograma original e da imagem normalizada.

Propriedades	Imagem Original	Imagem Normalizada
Diâmetro máximo [px]	1622	368
Diâmetro mínimo [px]	1600	368
Área [px]	2038407	106374
Resolução [px]	2000x2000	512x512

Tabela 4-2 Propriedades resultantes da normalização do espectroheliograma H α _01_02_01_11h_45.

Ao analisar a imagem original e a imagem normalizada, é fácil perceber a rotação a que a imagem original foi sujeita, devido ao desvio na posição dos filamentos e das protuberâncias. É importante salientar que o processo de normalização que toma como imagens de entrada espectroheliogramas da gama H-alpha, não é adulterado na presença de protuberâncias solares na fronteira do disco solar, cujo eixo maior seja inferior a 20 pixels.

Por análise à tabela das propriedades é possível constatar o redimensionamento a que o espectroheliograma original foi sujeito de forma a perfazer os 512x512 [px], e caso se analise em detalhe os comprimentos máximo e mínimo dos diâmetros é possível verificar que o disco solar original não é circular.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{diâmetro_máximo_original}}{\text{diâmetro_mínimo_original}} = \frac{1622}{1600} = 1.013 [px] \\ \frac{\text{diâmetro_máximo_normalizado}}{\text{diâmetro_mínimo_normalizado}} = \frac{368}{368} = 1.000 [px] \end{array} \right.$$

Após o processo de normalização o disco solar apresenta a forma circular.

Tal como seria de esperar e se conseguiu observar, a ferramenta de normalização de imagens satisfaz todos os pré-requisitos pretendidos, permitindo assim uniformizar todos os espectroheliogramas do OAUC.

4.4.2 Detecção de Manchas Solares

Nesta secção vai analisar-se dois espectroheliogramas da risca K1. O primeiro foi adquirido no dia 18 de Março de 2001 às 14 horas e 49 minutos e o segundo foi adquirido no dia 27 de Março de 2001 às 14 horas e 49 minutos. Como entradas da ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares utilizou-se as duas imagens resultantes do processo de normalização, aplicado respectivamente aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 digitalizados pelo OAUC. Na figura que se segue pode observar-se as duas imagens normalizadas.

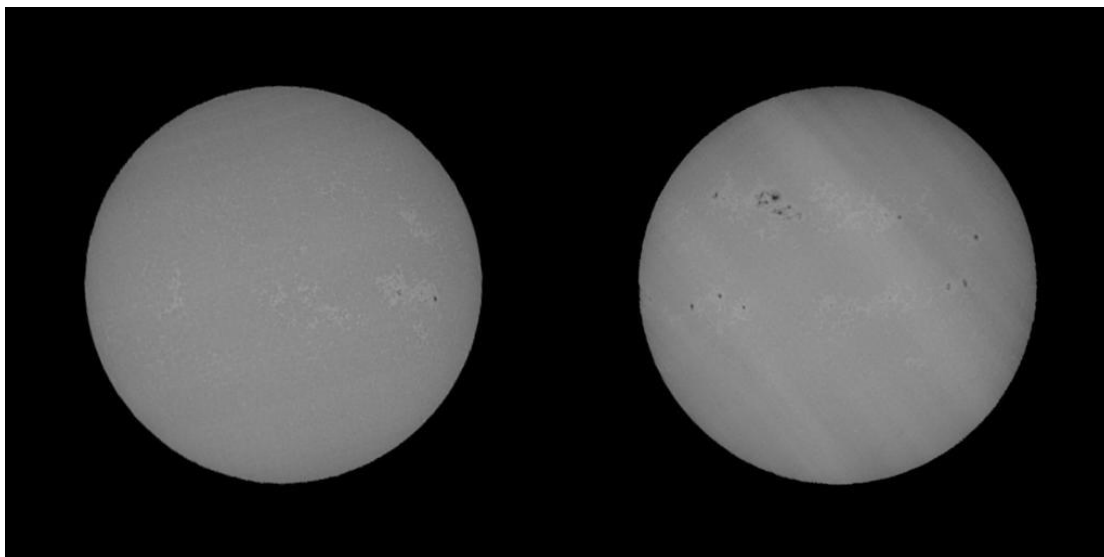


Figura 4-29 Detecção e quantificação de manchas solares: a) Espectroheliograma k1v_18_03_01_14h_28 b) Espectroheliograma k1v_27_03_01_08h_25.

As duas imagens foram adquiridas com uma diferença de oito dias, dezoito horas e dezassete minutos. Pode observar-se que o espectroheliograma de 18 de Março apresenta

uma actividade solar significativamente inferior à do espectroheliograma de 27 de Março. Pode ainda verificar-se que o primeiro espectroheliograma apresenta uma luminosidade quase uniforme, apesar de o topo do círculo solar ser ligeiramente mais escuro que o resto da área abrangida por todo o disco solar. No entanto, no segundo espectroheliograma é possível observar riscas de diferentes luminosidades que compõem o círculo solar. Este efeito poderia ter um efeito catastrófico na detecção e quantificação das manchas solares. No entanto, as diferenças de luminosidade são compensadas pelo algoritmo inerente à ferramenta de detecção e quantificação de manchas solares (vide capítulo 4), pelo que não modificam os resultados obtidos. Na tabela que se segue, são apresentados, para cada imagem normalizada, os resultados obtidos para cada um dos níveis de liberdade impostos (vide capítulo 4).

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
0	0	398	268	3	0	198	176	4
					1	200	177	9
					2	123	277	3
					3	149	268	4
					4	192	181	3
					5	375	256	3
					6	385	213	3
					7	171	278	2
					8	187	174	1
					9	188	173	1
					10	204	190	3
					11	213	185	1
					12	315	195	1

Tabela 4-3 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25.

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
1	0	398	270	4	0	200	177	10
					1	198	176	4
					2	123	277	3
					3	149	267	5
					4	192	181	3
					5	375	256	3
					6	386	213	4
					7	171	278	2
					8	187	175	2
					9	188	173	1
					10	205	191	4
					11	213	185	2
					12	315	195	2
2	0	398	270	4	0	200	177	10
					1	198	176	4
					2	123	277	3
					3	149	267	5
					4	192	181	3
					5	204	191	5
					6	375	256	3
					7	386	213	4
					8	171	278	2
					9	187	175	2
					10	188	173	1
					11	213	185	2
					12	315	195	4
				13	360	257	1	
3	0	398	270	4	0	201	189	3
					1	200	177	12
					2	198	176	1
					3	123	277	3
					4	149	267	5
					5	171	278	2
					6	192	181	4
					7	197	175	1

Tabela 4-4 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 (continuação).

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
3					8	204	191	6
					9	213	185	2
					10	375	255	5
					11	385	213	5
					12	185	181	1
					13	187	175	2
					14	188	173	1
					15	315	195	4
					16	360	257	1
4	0	398	270	4	0	201	189	3
					1	200	177	12
					2	198	176	1
					3	123	277	3
					4	149	267	5
					5	171	278	2
					6	192	181	4
					7	197	175	1
					8	204	191	6
					9	213	185	2
					10	375	255	5
					11	385	213	5
					12	185	181	1
					13	187	175	2
					14	188	173	1
					15	315	195	4
					16	360	257	1
5	0	398	270	5	0	201	189	3
					1	200	177	13
					2	198	176	1
					3	385	213	6
					4	123	277	3
					5	149	267	6
					6	171	278	2
					7	188	174	4
					8	192	181	4

Tabela 4-5 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 (continuação).

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
5					9	197	175	1
					10	204	191	6
					11	213	185	2
					12	375	255	5
					13	186	181	2
					14	315	195	4
					15	360	257	1
					16	360	257	1
6	0	398	270	5	0	104	161	2
					1	201	189	3
					2	201	177	14
					3	198	176	1
					4	385	213	8
					5	123	277	3
					6	149	267	6
					7	171	278	2
					8	188	174	4
					9	191	181	5
					10	197	175	1
					11	204	191	6
					12	213	185	3
					13	374	254	1
					14	375	256	3
					15	186	181	2
					16	315	195	4
				17	360	258	2	
7	0	398	270	5	0	104	161	2
	1	364	263	1	1	201	189	3
					2	200	177	23
					3	204	190	7
					4	385	213	8
					5	123	277	5
					6	149	267	6
					7	171	278	2
					8	188	174	4

Tabela 4-6 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 (continuação).

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
7					9	191	181	5
					10	213	185	3
					11	360	258	3
					12	374	254	2
					13	375	256	3
					14	185	181	3
					15	200	188	1
					16	315	195	4
					17	359	260	1
8	0	398	270	5	0	104	161	2
	1	364	263	1	1	201	189	3
					2	200	177	23
					3	204	190	7
					4	385	213	8
					5	123	277	5
					6	149	267	6
					7	171	278	2
					8	188	174	4
					9	191	181	5
					10	213	185	3
					11	360	258	3
					12	374	254	2
					13	375	256	3
					14	185	181	3
					15	200	188	1
					16	315	195	4
				17	359	260	1	
9	0	398	270	5	0	104	161	2
	1	364	263	1	1	201	189	3
					2	201	177	16
					3	197	176	7
					4	385	213	9
					5	204	190	7
					6	123	277	5
					7	149	267	6

Tabela 4-7 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 (continuação).

Nível de Liberdade	k1v 18 03 01 14h 28				k1v 27 03 01 08h 25			
	Id	Cx	Cy	Área	Id	Cx	Cy	Área
9					8	171	278	2
					9	185	181	3
					10	187	175	2
					11	188	173	1
					12	192	181	6
					13	213	186	4
					14	315	195	4
					15	360	258	3
					16	374	254	2
					17	375	256	4
					18	200	188	1
					19	359	260	1
10	0	398	270	5	0	104	161	2
	1	364	263	3	1	201	189	3
	2	365	265	1	2	198	177	18
					3	202	176	7
					4	385	213	9
					5	204	190	7
					6	123	277	7
					7	149	267	7
					8	171	278	2
					9	185	181	4
					10	187	175	4
					11	188	173	2
					12	191	181	7
					13	199	188	3
					14	213	186	4
					15	315	195	4
					16	360	258	3
					17	374	254	2
					18	375	256	4
					19	193	173	1
				20	359	260	1	

Tabela 4-8 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28 e k1v_27_03_01_08h_25 (continuação).

Tal como esperado o espectroheliograma k1v_18_03_01_14h_28 apresenta uma actividade solar muito inferior ao espectroheliograma k1v_27_03_01_08h_25. Para o primeiro espectroheliograma até ao nível sete é sempre apresentada a mesma mancha

solar, com as mesmas coordenadas geométricas, e áreas quase constantes. A partir do nível sete (inclusive), o estudo efectuado apresenta duas manchas solares, e para o nível 10, apresenta três manchas solares. No entanto as manchas solares que surgem a partir do nível sete, apresentam uma área muito pequena, compreendida entre um pixel (mínimo) e três pixéis (máximo), pelo que não devem ser tidas em consideração, a fim de evitar confundir grandes poros com pequenas manchas solares. Assim, no que diz respeito ao espectroheliograma k1v_18_03_01_14h_28, deve ser tomado em consideração o grau de liberdade seis que advém da transformação efectuada pelo método de Otsu (vide capítulos 3 e 4). A tabela que se segue apresenta os resultados de detecção e quantificação de manchas solares para o espectroheliograma k1v_18_03_01_14h_28.

Nº de manchas solares detectadas: 1

Centro geométrico em X	Centro geométrico em Y	Área
398	270	5

Tabela 4-9 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_18_03_01_14h_28.

Ao aplicar os critérios apresentados para o espectroheliograma k1v_18_03_01_14h_28, no espectroheliograma k1v_27_03_01_08h_25, i.e. caso se tome como referência o nível de liberdade de Otsu, ou seja o nível 6, e se comece por excluir todas as manchas solares com áreas compreendidas entre um e três, restam as sete manchas solares apresentadas a sombreado na tabela 4.5.

No entanto, ao efectuar uma análise mais pormenorizada sobre os dados relativos aos centros geométricos de cada mancha solar, pode verificar-se que as manchas solares cujos números únicos de identificação (Id) correspondem respectivamente a treze e catorze, apresentam os respectivos centros geométricos muito próximos, pelo que caso fossem consideradas como apenas uma mancha solar, perfaziam uma área equivalente a quatro pixéis, e como tal, acima do threshold que está a ser considerado para efectuar na classificação dos resultados.

Para efectuar a união das duas manchas solares, o centro geométrico atribuído à mancha solar resultante, deve ser calculado pela média dos dois centros geométricos originais, e a área resultante corresponde à soma das áreas das duas manchas solares iniciais.

Na tabela que se segue encontram-se registados os dados relativos às duas manchas solares em estudo, e os dados relativos à mancha solar resultante da união dessas duas manchas solares.

Id	Centro geométrico em X	Centro geométrico em Y	Área
13	374	254	1
14	375	256	3
1314	374	255	4

Tabela 4-10 União de duas manchas solares.

Por fim, como resultado da detecção e quantificação de manchas solares para o espectroheliograma k1v_27_03_01_08h_25, resultam oito manchas solares. Na tabela que se segue são apresentados os dados registados para cada mancha solar detectada.

Nº de manchas solares detectadas: 8

Centro geométrico em X	Centro geométrico em Y	Área
201	177	14
385	213	8
149	267	6
188	174	4
191	181	5
204	191	6
315	195	4
374	255	4

Tabela 4-11 Detecção e quantificação de manchas solares aplicada aos espectroheliogramas k1v_27_03_01_08h_25.

Capítulo 5. Website COSIS

Este capítulo apresenta o website COSIS que, como já foi referido, se encontra disponível sob a forma digital em <http://biopattern.uninova.pt/cosis>. O capítulo encontra-se organizado em três secções. A primeira secção apresenta as funcionalidades e aplicações oferecidas bem como, que informação se encontra disponibilizada no website; a segunda secção apresenta as tecnologias de suporte à implementação do website; e por fim, a terceira secção apresenta a estrutura implementada.

5.1 Descrição da Solução Implementada

Numa primeira abordagem, a interface gráfica permite dar a conhecer aos utilizadores que visitam o website, o projecto COSIS, passando tanto pelos objectivos do projecto como pelos contributos a que o projecto se propõe, que visam a comunidade científica nacional e internacional bem como todo o público interessado. É dado igualmente ênfase ao trabalho de observação solar, efectuado pelo OAUC, permitindo o já referido espólio de imagens.

Os visitantes podem obter mais informação ao serem conduzidos a outros websites relacionados, através das notícias que se encontram publicadas ou ainda, através dos *links* sugeridos pelos administradores do website COSIS. Toda a informação que é disponibilizada pode ser filtrada através da funcionalidade de pesquisa, permitindo que o utilizador vá ao encontro de algum tema mais específico, de uma forma rápida e eficiente.

Numa abordagem mais aprofundada, os utilizadores podem efectuar o registo no website de forma a obter um nome de utilizador bem como uma senha de acesso. Estes dados permitem ao utilizador registado, ter privilégios sobre os utilizadores que se encontrem só de visita, uma vez que lhe é oferecido acesso a uma zona restrita do website. Nesta zona, o utilizador passa a estar identificado no sistema e poderá desfrutar e adquirir as ferramentas de processamento digital de imagem descritas anteriormente bem, como os espectroheliogramas do Observatório de Coimbra, e ainda imagens já processadas. As imagens disponíveis encontram-se catalogadas numa galeria de fotografia, onde é possível observar as imagens em detalhe. É ainda oferecida a possibilidade de promover debates pela publicação de mensagens no fórum de discussão, e em caso de dúvida, qualquer utilizador poderá procurar ajuda na compilação de perguntas frequentes ou, contactando os administradores do website que lhes proporcionaram um atendimento personalizado.

5.2 Tecnologias de Suporte

Foi proposto que o desenvolvimento do website fosse elaborado sobre o Joomla!. A ferramenta Joomla! é um sistema de gestão de conteúdos (SGC) *open source*, que ajuda a criar e posteriormente a efectuar a manutenção de websites, possivelmente complexos, que de outra forma estariam dependentes de pessoas especializadas para publicar e acrescentar novos conteúdos. No Anexo A. são apresentados outros SGC e analisados os respectivos desempenhos, com vista às exigências e oportunidades do mercado actual. Na secção que se segue é efectuada uma visão mais profunda da ferramenta Joomla!, e por fim são enumerados os requisitos de software do website COSIS.

5.1.1 Joomla!

Joomla é uma ferramenta que visa a simplicidade. Os seus criadores acreditam que mesmo um programador com pouca experiência técnica, deve ser capaz de construir e manter um website sobre este SGD que afirmam requerer um processo de aprendizagem curto (comparativamente à maioria dos SGDs existentes) e que caracterizam como flexível, elegante, eficaz e de fácil utilização. [17] O seu processo de instalação é semelhante ao de outros *softwares* comuns mas, caso ocorra alguma dificuldade durante a instalação, há documentação disponível ([manual do utilizador](#)) que descreve este processo passo a passo. A interface de administração exibida (*back-end*), que permite gerir e editar as páginas *Web* (*front-end*), apresenta um “ambiente Windows”, com os típicos menus e janelas de utilização, acompanhados de *icons* que ilustram as possíveis operações, proporcionando uma utilização intuitiva.

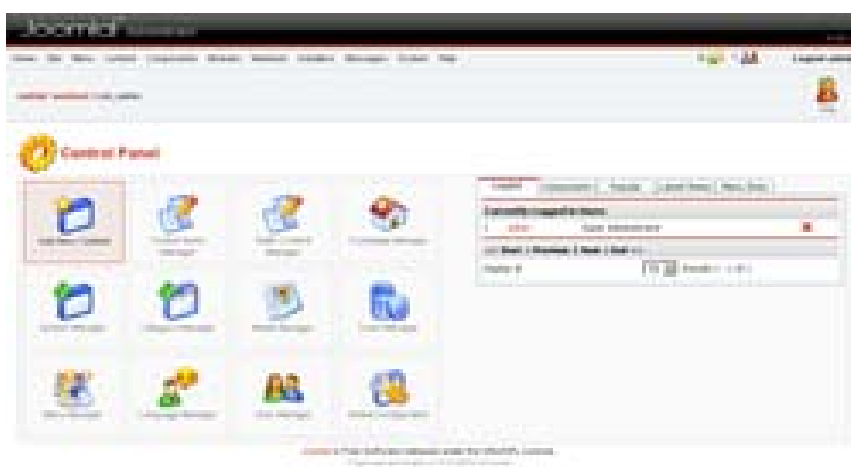


Figura 5-1 Página de Administração: Painel de Controlo [17]

Ao adquirir esta ferramenta, o pacote de instalação é composto por várias directorias, que lhe conferem modularidade, possibilitando na fase de desenvolvimento efectuar extensões e integrações ao projecto criado, de uma forma simplificada e transparente. Tome-se como uma possível extensão os “plugins” [22], também denominados “mambots”, cujo propósito é acrescentar novas funcionalidades ao website, através da associação de acções específicas a eventos que possam ocorrer a nível da interface gráfica, e.g. o `rd_addphp` permite integrar *scripts* PHP em conteúdos do website [21] que podem ser executados quando um artigo é mostrado. Além dos “plugins”, existem outras extensões mais inclusivas, os “componentes” [22] que permitem ao *webmaster* efectuar a gestão de conteúdos e agregar funcionalidades muito específicas, que não seriam possíveis com as funcionalidades padrão do Joomla!. O conceito de componentes do Joomla! representa uma das vantagens desta ferramenta em relação aos outros SGCs disponíveis, apresentando como possíveis extensões que se podem adquirir, o componente `Web Links` que permite gerir a lista de *links* disponibilizados no website, o componente `Banners` que permite contar o número de visitas em determinadas zonas do website, bem como efectuar uma rotação aleatória dos *banners* visíveis nas diferentes páginas, e ainda componentes como galerias de fotografia, sistemas de tradução, e muitos outros. Os “módulos” são igualmente extensões [22] que permitem, por exemplo, exibir um calendário, através da inserção de código no código básico do Joomla. O Joomla!, criado em 2005, é um dos SGCs disponíveis na *Web* com mais recursos disponíveis.

O Joomla! apresenta uma arquitectura modular e distribuída que visa melhorar o desempenho global desta ferramenta. A camada de nível inferior, o *Framework*, consiste nas bibliotecas e `plugins`. A segunda camada ostenta o nível de Aplicação, que subsiste na classe `JApplication`, e funciona como o principal controlador do website. O Joomla! opera sob três aplicações: `JInstallation`, `JAdministrator` e `Jsite`. Na terceira e última camada, que se refere ao nível de Extensão, são executados e processados os componentes, módulos e `templates`. Na figura 5.7 é apresentada a arquitectura de *software* da ferramenta Joomla! [22].

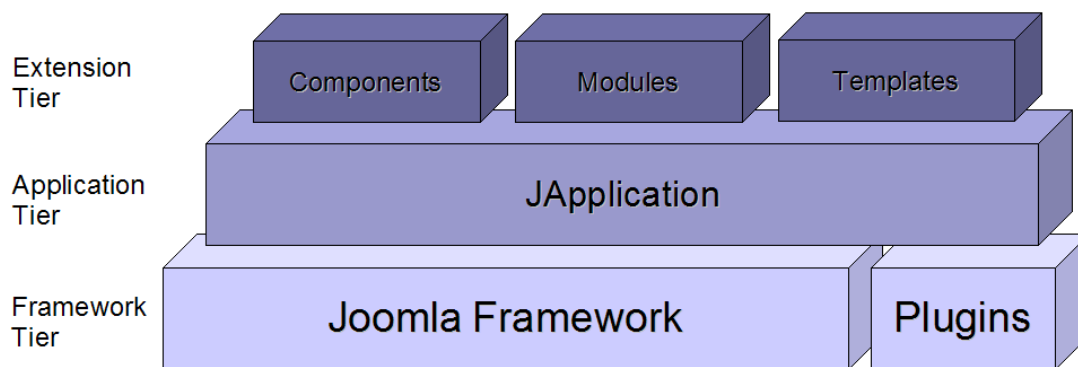


Figura 5-2 Arquitetura de software do Joomla! [22].

O Joomla! é um software livre que foi escrito em PHP e MySQL, dois dos softwares mais populares da Internet. Na lista que se segue, são apresentadas as suas principais características funcionais:

- Código aberto (Licença GPL);
- Sistema simples de fluxo de aprovação;
- Arquivo para conteúdos não utilizados (reciclagem);
- Gestão de *banners*;
- Sistema de publicação para o conteúdo;
- Sumário de conteúdo no formato RSS;
- Busca otimizada (para qualquer palavra registada);
- *Front-end* já traduzido em várias línguas;
- Extensões livres em diversos websites, de fácil instalação;
- Hierarquia para grupos de utilizadores;
- Estatísticas básicas de visitantes;
- Editor de conteúdo WYSIWYG;
- Sistemas de índices de avaliação.

O Joomla! permite construir um website sofisticado com centenas de páginas, navegação sólida e tipos de conteúdos comuns, como notícias ou eventos. [15]

5.1.2 WAMP

O WAMP5 é uma aplicação do sistema operativo Windows da Microsoft que instala um pacote que compreende o Apache HTTP Web Server, o sistema de gestão de base de dados MySQL, o PHP5 para suporte à linguagem de programação PHP e as

interfaces de gestão de base de dados PHPmyadmin e SQLitemanager. Em suma, o WAMP significa “Windows, Apache, MySQL and PHP”.

Esta aplicação foi utilizada no servidor que armazena o site “DADS – Data, Analysis and Decision Support”, uma vez que providencia tudo o que é necessário para suportar um servidor e ter um site a funcionar num curto espaço de tempo e sem necessidade de grandes alterações. Desta forma evitou-se obter separadamente todo o software necessário e lidar com possíveis incompatibilidades e erros de configuração.

5.1.3 Apache

De acordo com o site oficial do Apache [23], o projecto Apache HTTP server é um esforço para desenvolver e manter um servidor HTTP open-source para sistemas operativos modernos. O objectivo deste projecto é oferecer um servidor seguro, eficiente e extensível que forneça serviços HTTP em sintonia com os padrões HTTP actuais.

5.1.4 PHP5

O site oficial do PHP [24] define o PHP (Acrónimo recursivo para "PHP: Hypertext Preprocessor") como uma linguagem de script Open Source largamente utilizada que é especialmente adequada para desenvolvimento na Internet e pode ser embebida em HTML.

O que distingue o PHP de algo como um cliente Javascript é que o código é executado no servidor.

5.1.5 MySQL

Segundo o site oficial do MySQL [26], esta base de dados tornou-se a base de dados open source mais popular devido à sua consistência, rápido desempenho, alta fiabilidade, facilidade de utilização e suporte abrangente para todo o desenvolvimento de aplicações necessário. O MySQL corre em mais de 20 plataformas, entre elas o Linux, Windows, OS/X, HP-UX, AIX, Netware, dando ao utilizador bastante flexibilidade e oferecendo um conjunto de software certificado, com suporte, treino e consultoria.

O MySQL oferece características excepcionais de segurança que asseguram protecção absoluta dos dados. Em termos de autenticação de base de dados, o MySQL providencia mecanismos eficazes para assegurar que apenas os utilizadores autorizados tenham acesso à base de dados do servidor.

5.1.6 SQLite

O site oficial do SQLite [25] define-o como sendo uma pequena biblioteca de C que implementa um motor de base de dados SQL que não requer configuração, embebido e auto-contido.

5.1.7 MySQL Migration Toolkit

A ferramenta de migração MySQL é apresentada como uma estrutura eficaz que permite ao utilizador migrar de forma rápida bases de dados proprietárias para o MySQL [27].

5.1.8 PHPmyAdmin

O PHPmyAdmin é uma ferramenta de escrita PHP com o objectivo de suportar a administração do MySQL pela Internet. Actualmente pode criar e apagar bases de dados, criar/apagar/alterar tabelas, apagar/editar/adicionar campos, executar qualquer instrução SQL, gerir chaves nos campos, gerir privilégios, exportar dados para vários formatos e está disponível em 52 linguagens [28]. Esta ferramenta foi muito utilizada no projecto DADS para várias funções, entre as quais remover ou corrigir dados e testar queries para serem incluídas na implementação do site.

5.1.9 Requisitos mínimos do Sistema

- Windows XP
- Joomla! 1.0.11
- WAMP 1.6.5
- PHP 5.1.6
- Apache/2.0.59 (Win32)
- MySQL 3.2.3

5.2 Implementação

A implementação visa descrever as diferentes áreas de acesso que constituem a interface do website COSIS, os requisitos e funcionalidades inerentes a cada opção disponível, e o processo de instalação e configuração do website. Tendo por base a estrutura implementada, considere-se a seguinte lista que apresenta de forma hierárquica os conteúdos das várias áreas:

■ Main Menu**■ Home****■ News** **■ Latest** **■ All****■ FAQs****■ Links** **■ Links****■ Search****■ Contact Us** **■ Contacts** ☰ *Jose Fonseca (Administrator)* ☰ *Andre Damas Mora (Administrator)* ☰ *Teresa Rebelo (Administrator)***■ Project History****■ Coimbra Observatory****■ User Menu****■ Web Based Tools** ☰ *Sunspots Detection* ☰ *SWB - Solar Weather Browser* ☰ *Convert Greenwich Mean Time (GMT) to Unix time***■ My profile** ☰ *My Details***■ Forum****■ Best Images** ☰ *Users List***■ Gallery****■ Top Menu** ☰ *Home* ☰ *Contact Us*




-  News
-  Links
-  Sitemap

Tabela 5-1 Mapa do website COSIS

5.2.1 Interface Gráfica do Website COSIS

A interface gráfica do website COSIS proporciona um acesso intuitivo às diferentes áreas de operação, permitindo ao utilizador ficar familiarizado com a aplicação e assim tirar partido das suas funcionalidades. Na figura que se segue, é apresentada a página principal do website COSIS.



Figura 5-3 Página inicial da interface COSIS

No website COSIS encontram-se sempre disponíveis, para qualquer utilizador, o menu de Topo, o menu Principal, a área de *Login* e ainda a área de *Polls* onde os utilizadores podem obter informações relacionadas com o projecto COSIS e efectuar votações sobre conteúdos disponíveis no website, através das perguntas e sondagens apresentadas.

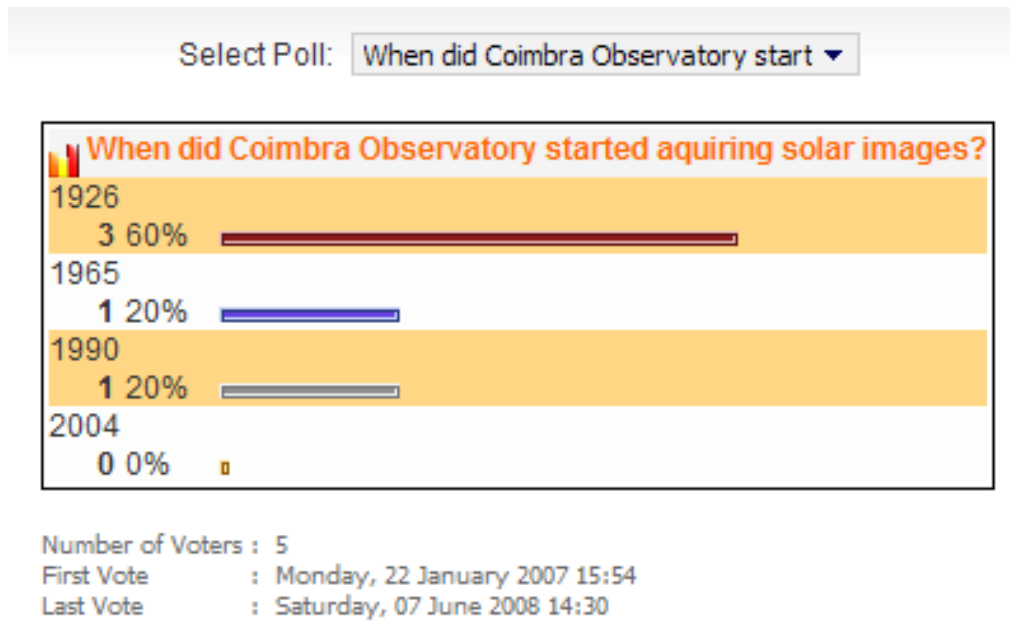


Figura 5-4 Resultados de uma sondagem.

O menu do Utilizador encontra-se apenas disponível para utilizadores registados pelo que, o acesso aos seus conteúdos se encontra bloqueado para uso privado do website. Na figura que se segue, é apresentada a página principal do website COSIS com todas as áreas disponíveis.

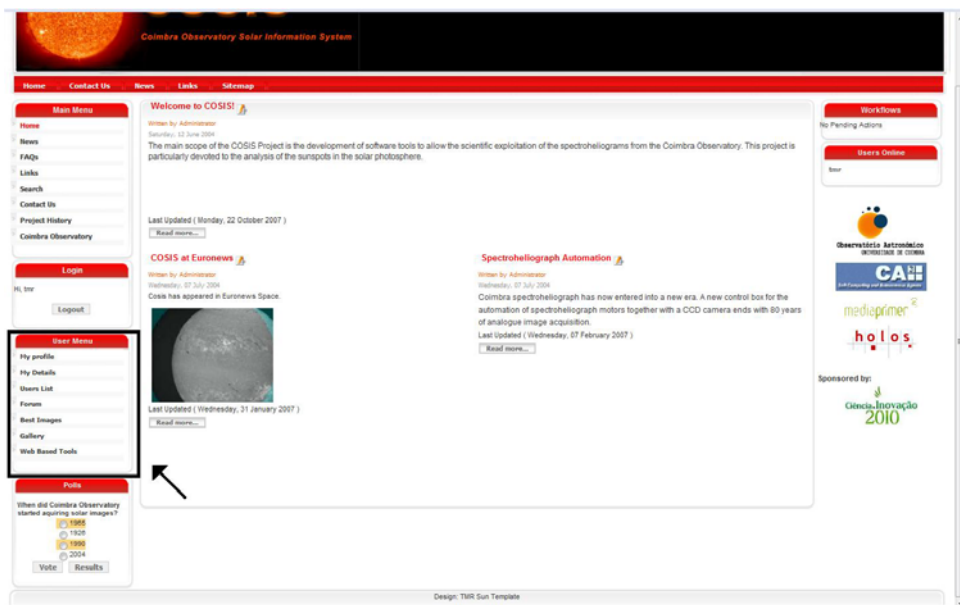


Figura 5-5 Página principal da interface COSIS, para utilizadores registados.

Para obter a interface gráfica COSIS foi necessário criar um *template* Joomla!, composto pela estrutura que se segue:

- ..\www\cosis\templates\<<nome do template>
 - \css
 - \template_css.css
 - \index.html
 - \images
 - \index.html
 - \<imagens que pertencem ao template>
 - \index.php
 - \templateDetails.xml
 - \template_thumbnail.png

O ficheiro `index.php` é utilizado para traçar a disposição dos diferentes componentes e módulos na página, pelo que permite definir propriedades como a posição e o tamanho dos objectos. A ferramenta Joomla solicita este ficheiro para efectuar a monitorização das páginas.

O ficheiro `template_css.css`, armazenado na pasta `\css` (*cascading style-sheets*), é utilizado para definir o *layout* das páginas, as fontes de escrita, as cores e outras características da apresentação visual do website. Todas as páginas do website antes de serem carregadas para visualização são formatadas segundo as regras que estiverem especificadas neste ficheiro.

O ficheiro `templateDetails.xml` contém a informação necessária para proceder à instalação do *template* e os ficheiros `index.html` são apenas ficheiros vazios.

Considerando a estrutura apresentada, o primeiro passo para a criação do *template* COSIS foi definir o *layout* e a disposição dos diferentes objectos. Para isso foi efectuada uma pesquisa pelos vários *templates* fornecidos pela comunidade Joomla!, com o objectivo de encontrar um *template* com a estrutura aproximada à pretendida para posteriormente o modificar. Assim, o *template* utilizado como base para a construção da interface COSIS, é denominado `digitaleye_mitra_blue` cujo respectivo *thumbnail* é apresentado na figura seguinte.

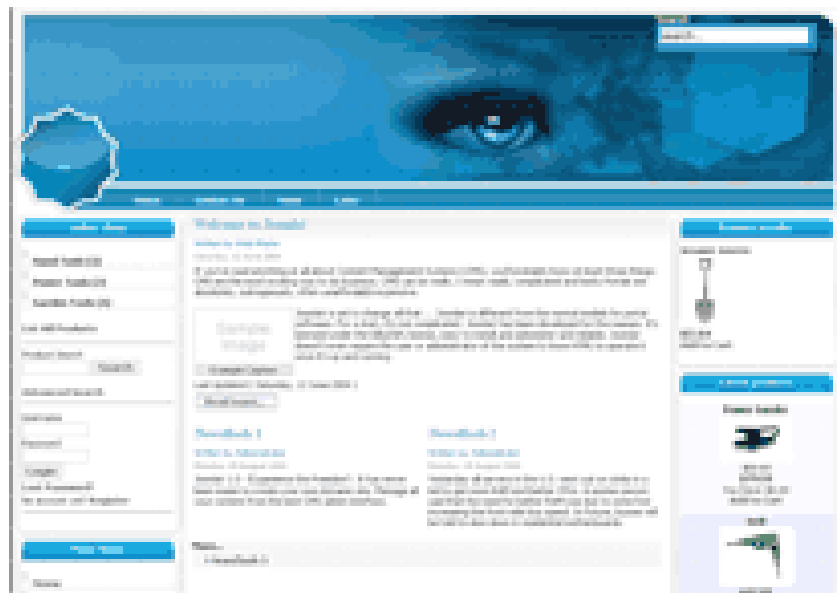


Figura 5-6 Thumbnail do template digitaleye_mitra_blue.

O passo seguinte foi modificar o ficheiro `index.php` para obter as características delineadas para o *template* COSIS. Os módulos apresentados na coluna da direita foram eliminados e foram adicionados *logos* das empresas que contribuem para este projecto bem como o *logo* do Programa Operacional Ciência e Inovação – 2010, que financia o projecto. Foi criado um novo cabeçalho, com dimensões, imagens e título diferentes. O esquema de cores das restantes imagens, pertencentes aos menus e a alguns botões foi igualmente alterado para tons quentes, de forma a combinar com o vermelho que passou a ser a cor predominante do website COSIS (ver Anexo B1.1. – Ficheiro `index.php`). O programa utilizado para a edição das imagens foi o Adobe Photoshop CS2.

O terceiro passo foi editar o ficheiro `template_css.css` com o objectivo de alterar as dimensões da área do topo para ficar ajustada às dimensões das novas imagens do cabeçalho, alterar a cor do texto dos diferentes objectos, as fontes, as cores do fundo dos objectos e criar uma nova regra para a mensagem de “boas vindas” disponível no website (ver Anexo B1.2. – Ficheiro `template_cs s.css`).

O quarto passo foi editar o ficheiro `templateDetails.xml` de forma a garantir que todas as imagens pertencentes ao novo *template* COSIS se encontram enumeradas neste ficheiro (ver Anexo B1.3. – Ficheiro `templateDetails.xml`).

O último passo foi criar um ficheiro de instalação que consiste em compactar todos os ficheiros necessários ao *template* COSIS, num ficheiro `.zip` como nome do *template* e por fim proceder à sua instalação no website COSIS.

5.2.2 Requisitos Funcionais

Nas subsecções seguintes são enumerados os requisitos funcionais de cada um dos conteúdos disponíveis no website COSIS, segundo as áreas a que pertencem.

5.2.2.1 Menu de Topo

Na Figura 5.2 é apresentado o menu de topo que permite a quem visite o website COSIS, ter acesso às seguintes funcionalidades:

- Aceder à página principal do website;
- Adquirir os contactos dos administradores do website;
- Visualizar as notícias publicadas no website que dão conta de acontecimentos marcantes que se encontrem relacionados com o projecto COSIS;
- Visualizar a lista de *links* sugeridos;
- Consultar o mapa do website COSIS



Figura 5-7 Menu de Topo

Para aceder às funcionalidades enumeradas o utilizador deve carregar nas respectivas *tabs*.

<u>Acesso</u>	<u>Funcionalidade</u>
Top Menu > Home	Aceder à página principal
Top Menu > Contact Us > Contacts	Adquirir contactos dos administradores
Top Menu > News > Latest News; ----- Top Menu > News > All News	Visualizar as últimas notícias publicadas ou todas as notícias já publicadas
Top Menu > Links > Links	Visualizar a lista de <i>links</i>
Top Menu > Sitemap	Consultar o mapa do website

Tabela 5-2 Mapeamento: Acesso – Funcionalidade do Menu de Topo

5.2.2.2 Menu Principal

Na Figura 5.3 é apresentado o menu principal que possibilita:

- Aceder à página principal do website;
- Visualizar as notícias publicadas;
- Consultar a compilação de perguntas frequentes;
- Visualizar a lista de *links* sugeridos;
- Pesquisar qualquer informação através do motor de busca;
- Adquirir os contactos dos administradores do website;
- Conhecer o projecto COSIS;
- Obter informação sobre o OAUC.

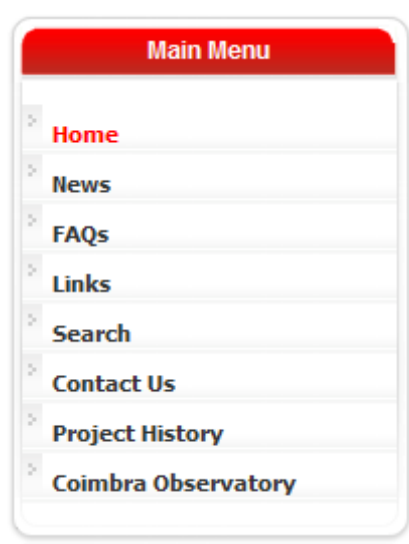


Figura 5-8 Menu Principal

Para aceder às funcionalidades enumeradas o utilizador deve carregar no item respectivo.

<u>Acesso</u>	<u>Funcionalidade</u>
Main Menu > Home	Acéder à página principal
Main Menu > News > Latest News; Main Menu > News > All News	Visualizar as últimas notícias publicadas ou todas as notícias já publicadas
Main Menu > FAQs	Consultar perguntas frequentes
Main Menu > Links > Links	Visualizar a lista de <i>links</i>
Main Menu > Search	Motor de busca

Main Menu > Contact Us > Contacts	Adquirir contactos dos administradores
Main Menu > Project History	Conhecer o projecto COSIS
Main Menu > Coimbra Observatory	Informação sobre o Observatório de Coimbra

Tabela 5-3 Mapeamento: Acesso – Funcionalidade do Menu Principal

5.2.2.3 Login

Na Figura 5.3 é apresentada a área de login que permite ao utilizador efectuar três operações distintas:

- Registrar-se no website COSIS;
- Recuperar a senha de acesso;
- Aceder à área reservada a utilizadores registados.

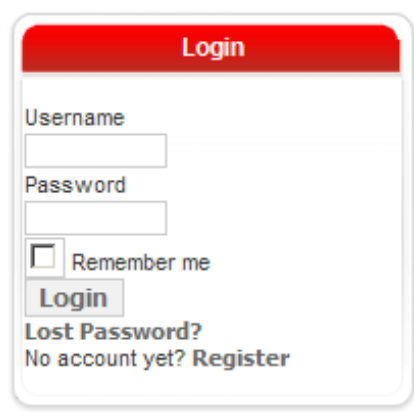


Figura 5-9 Área de Login

Para efectuar o registo, o utilizador deve carregar no *link* “Register” e proceder ao preenchimento dos campos que lhe são apresentados. Como resultado desta operação, é emitido um *e-mail* de validação para a conta fornecida pelo utilizador para garantir, por questões de segurança, que o endereço de e-mail é válido e assim completar este processo.

Após o processo de registo, foi gerada uma conta para o utilizador. Em caso de perda da senha de acesso o utilizador deve proceder à sua recuperação carregando no *link* “Lost Password”. Para aceder à área reservada o utilizador registado deve preencher os campos “Username” e “Password” e carregar no botão “Login”.

5.2.2.4 Menu do Utilizador

Na Figura 5.4 é apresentado o menu do utilizador. Uma vez que o utilizador tenha efectuado a operação de "Login", este menu fica visível no painel de navegação e permite ao utilizador:

- Editar e visualizar o seu perfil;
- Editar e visualizar os seus contactos bem como, introduzir uma nova senha de acesso;
- Consultar a lista de utilizadores registados no website COSIS;
- Aceder ao fórum de discussão;
- Visitar a galeria de fotografia;
- Consultar e descarregar espectroheliogramas, imagens e dados resultantes das ferramentas, e as próprias ferramentas de processamento digital de imagem.
- Usar as ferramentas de processamento digital de imagem já apresentadas, e ainda uma ferramenta que permite converter tempo em formato GMT, para tempo UNIX;

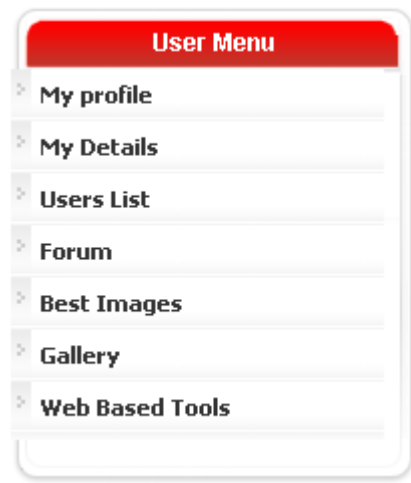


Figura 5-10 Menu do Utilizador

Para aceder às funcionalidades enumeradas, o utilizador deve carregar no item respectivo.

<u>Acesso</u>	<u>Funcionalidade</u>
User Menu > My profile	Editar e visualizar perfil
User Menu > My profile > Edit	
User Menu > My Details	Editar e visualizar os seus contactos, e introduzir nova senha de acesso
User Menu > Users List	Lista de utilizadores registados
User Menu > Forum	Fórum de discussão
User Menu > Best Images	Galeria de fotografia
User Menu > Gallery	Consultar e descarregar imagens e as ferramentas de processamento digital de imagem
User Menu > Web Based Tools	Ferramentas de processamento digital de imagens

Tabela 5-4 Mapeamento: Acesso – Funcionalidade do Menu do Utilizador

5.2.3 Interface de Administração

A interface de administração permite efectuar a manutenção do website COSIS e apresenta um “ambiente windows”, com os típicos menus e janelas de utilização, acompanhados de ícons que ilustram as possíveis operações, proporcionando uma utilização intuitiva. Através da interface de administração é possível introduzir e alterar conteúdos, como notícias, eventos ou qualquer outro tipo de conteúdo alojado no website COSIS, ou mesmo alterar a presente estrutura do website.

A interface de administração encontra-se disponível sob a forma digital em <http://biopattern.uninova.pt/cosis/administrator>.

5.2.4 Extensões e Integrações

Nesta secção vão ser apresentados os componentes e mambots Joomla! que foram integrados no website COSIS para preencher as funcionalidade e requisitos do website COSIS, identificados nas secções anteriores. Na próxima secção serão abordadas as extensões utilizadas na integração das ferramentas de processamento digital de imagem no website COSIS. Na segunda secção é efectuada uma breve descrição dos componentes e mambots utilizados para concretizar algumas das funcionalidades

oferecidas, como efectuar a gestão de utilizadores registados, o fórum de discussão, a galeria de fotografia e o arquivo de ficheiros e aplicações.

5.2.4.1 Inclusão das ferramentas de processamento digital de imagem no website COSIS

O Matlab Web Server necessita de uma interface HTML para funcionar (vide capítulo 4). No entanto, os conteúdos Joomla! são criados através do editor de texto WYSIWYG (“What You See Is What You Get”), o que significa que o código que constitui as ferramentas e programas não pode ser editado. No sentido de contornar esta limitação imposta originalmente pela ferramenta Joomla!, foram encontradas duas possíveis soluções, instalar uma nova ferramenta de edição de texto que não seja WYSIWYG, ou encontrar uma ferramenta que permita importar ficheiros HTML e PHP para os artigos de Joomla!. A segunda hipótese prevaleceu visto que foram inúmeras as soluções encontradas e, por outro lado, é bastante mais cómodo e eficaz criar os ficheiros de programação em ferramentas de edição externas desenvolvidas para esse âmbito, do que desenvolver essas ferramentas numa janela de um site, sujeito a limitações de espaço e baixa performance. Por outro lado, seria uma falta de segurança instalar uma ferramenta de edição no website visto que, qualquer utilizador poderia modificar os conteúdos dos artigos expostos ou ainda o código fonte de alguma ferramenta, adulterando os conteúdos publicados.

A solução encontrada para resolver esta limitação passa por instalar o componente StaticXT ou o mambot AddPHP. Ambos permitem importar porções de código para uma janela da interface DADS. Foi então criada a secção “Web Based Tools” no menu do utilizador, que abrange as ferramentas de processamento de imagem. Esta secção alberga três artigos Joomla!, tantos quanto as ferramentas disponibilizadas. O artigo denominado ‘Convert Greenwich Time (GMT) to Unix Time’ permite efectuar a conversão de um instante de tempo para a era UNIX. A Era UNIX teve início no dia 1 de Janeiro de 1970 e facilita o cálculo e comparações lógicas de datas quando se está a implementar ferramenta de software. Este artigo é constituído apenas por um ficheiro PHP que efectua a conversão desejada. Os dois artigos restantes, importam o código fonte das ferramentas de processamento digital de imagem discutidas no capítulo 4, sobre as quais recai o estudo que se segue. Cada artigo invoca a página HTML responsável pela inserção de dados do MATLAB e quando o utilizador carrega no botão ‘Process’ da interface inicial, depois de todos os dados estarem inseridos, o Matlab Web Server

começa a executar as tarefas e retorna os resultados esperados para a página HTML de saída, responsável por disponibilizar os resultados da respectiva ferramenta.

O componente Jommla! StaticXT é descrito em [29] como um componente único para adicionar conteúdo estático, tal como páginas HTML, ao Joomla!. O conteúdo não é apenas incluído, mas analisado e reescrito parcialmente, e assim, por exemplo, *links* relativos a outras páginas tornam-se *links* dentro do Joomla. É uma boa ferramenta para incluir páginas individuais ou para migrar sites de Internet completos sem alterar uma única linha de código.

5.2.4.2 Inclusão de requisitos funcionais no website COSIS

➤ *Community Builder*

O *Community Builder* é desenvolvido pela Joomla! pois é um pacote de um componente e três módulos. Permite aos administradores do site moderarem facilmente os registos de novos utilizadores a partir do *frontend* do site. No seu site de Internet [32] definem o *Community Builder* como um ambiente que permite ao administrador do website Joomla! criar perfis de utilizadores que captem informação adicional dos utilizadores que possam ser apresentadas e organizadas em separadores. Escolheu-se o *Community Builder* por ser o componente mais recomendado para caracterizar o acesso moderado dos utilizadores, sendo que fornece uma boa compatibilidade com outros componentes, um grande serviço de descoberta e resolução de problemas, e é frequentemente actualizado.

Na figura que se segue é apresentada a página do website COSIS, onde é possível editar o perfil de um utilizador registado.



Figura 5-11 Alterar perfil de utilizador.

A próxima figura apresenta a lista de utilizadores do website COSIS, onde é possível consultar os dados referentes a cada utilizador registado.

The screenshot shows the COSIS website interface. At the top, there is a search bar and a navigation menu with links for Home, Contact Us, News, Links, and Sitemap. Below the navigation, there is a sidebar with a 'Main Menu' containing links like Home, News, FAQs, Links, Search, Contact Us, Project History, and Coimbra Observatory. There are also 'Login' and 'Logout' buttons, and a 'User Menu' with options like My profile, My avatar, Users List, Best Images, Gallery, and Web Based Tools. The main content area is titled 'Members List' and shows 'COSIS has: 14 registered users'. It features a search bar and navigation controls. The user list is presented in a table with the following columns: Image, Username, Name, Online Status, Member Since, and Last Online. The users listed are:

Image	Username	Name	Online Status	Member Since	Last Online
No image	antonio@antonio		OFFLINE	01/31/2009 12:25:58	02/11/2009 15:11:10
No image	antonio@antonio		OFFLINE	12/04/2008 11:23:23	12/04/2008 11:23:26
No image	antonio@antonio		OFFLINE	11/27/2008 08:43:36	11/27/2008 08:43:36
No image	antonio@antonio		OFFLINE	05/22/2007 15:19:56	
No image	antonio@antonio		OFFLINE	02/07/2007 08:47:33	12/02/2008 08:52:14
No image	antonio@antonio		OFFLINE	01/25/2007 15:39:51	06/08/2008 18:46:58
No image	antonio@antonio		OFFLINE	12/12/2008 12:13:19	12/12/2008 12:13:23
No image	antonio@antonio		OFFLINE	07/17/2007 14:19:39	07/17/2007 15:23:29
No image	antonio@antonio		OFFLINE	01/25/2007 15:40:27	
No image	antonio@antonio		OFFLINE	11/17/2008 17:51:47	11/17/2008 21:20:06
No image	antonio@antonio		ONLINE	12/13/2008 11:06:05	02/22/2009 21:50:42
No image	antonio@antonio		OFFLINE	01/29/2007 16:55:32	01/29/2007 16:56:26
No image	antonio@antonio		OFFLINE	01/28/2007 18:54:50	06/25/2008 08:05:50
No image	antonio@antonio		OFFLINE	06/24/2008 18:28:00	09/17/2008 21:54:30

The page also includes a sidebar with logos for 'Observatório Astronómico de Coimbra', 'CAI', 'mediaprimo', and 'holos', and a 'Sponsored by: Ciência, Inovação 2010' logo. The footer indicates 'Design: TMR Sun Template'.

Figura 5-12 Lista de utilizadores do website COSIS.

➤ JoomlaBoard

O JoomlaBoard é um componente desenvolvido pela Two-Shoes M-Factory. Na sua página de Internet [33] descrevem-no como a única solução verdadeira de um fórum integrado para Joomla!. As características mais importantes do JoomlaBoard são a integração total com o Joomla!, a integração com as componentes Joomla!, moderação simples do fórum, todas as características comuns do fórum, dois tipos de vistas,

templates, permissões do fórum (limitar o acesso) e ‘Leitura pública / Escrita registada’ (acesso dos utilizadores ao fórum com privilégios de escrita apenas a utilizadores registados).

Na figura que se segue é apresentada a página do fórum de discussão do website COSIS.

The screenshot shows a forum interface with a search bar at the top right. Below the search bar, there are navigation links: 'home | my profile | threaded view | No pending message(s) | help'. A 'post new topic:' link is on the left. The main content area displays a table of forum topics. The table has columns for 'Topics', 'Replies', 'Views', 'Author', and 'Last Post'. There is one topic listed: 'Welcome to COSIS Forum!' with 0 replies and 21 views, authored by 'Admin' on '2007/01/31 00:33 by Admin'. Below the table, there is a 'Go Forum Jump' dropdown menu and a 'Mark this forum read' section with 'New!' and 'New!' indicators. At the bottom, it says 'JoomlaBoard Forum Component 1.1 Stable Two Shoes H-Factory'.

Topics	Replies	Views	Author	Last Post
Welcome to COSIS Forum!	0	21	Admin	2007/01/31 00:33 by Admin

Figura 5-13 Fórum de discussão do website COSIS.

Como se pode observar, o fórum de discussão permite aceder a todos os tópicos já lançados para discussão (neste caso existe apenas um), filtrar a informação, ou mesmo efectuar uma pesquisa pelo assunto ou palavra que se pretende sugerir.

➤ **ReMOSitory**

O ReMOSitory, desenvolvido por Black Sheep Research, é definido no seu site oficial [31] como um componente que trabalha com o Joomla! e oferece uma selecção de ficheiros que os utilizadores podem descarregar do website COSIS. Os ficheiros podem ser organizados por categorias em pastas, subpastas e assim sucessivamente. Opcionalmente os utilizadores podem carregar ficheiros para o website, que pode estar sujeito à aprovação do administrador. Os ficheiros no repository podem estar armazenados localmente ou no servidor, ou podem estar em qualquer outro local e identificados por um URL. Uma das funcionalidades permite enviar um e-mail de notificação sempre que um novo ficheiro é carregado no site.

Na próxima figura é apresentado é apresentada a página principal do arquivo de ficheiros do website COSIS.



Figura 5-14 Arquivo de ficheiros do website COSIS.

➤ *Zoom Media Gallery*

O Zoom Media Gallery, desenvolvido por Mike de Boer é definido no seu site oficial [30] como a solução mais rica de uma galeria multimédia para Joomla!. O projecto Zoom Media Gallery terminou a 26 de Outubro de 2008, pelo que não serão disponibilizadas mais versões da galeria. No entanto é possível adquirir a sua última versão através do website Joomla!, juntamente com inúmeras extensões vocacionadas a melhorar e acrescentar novas funcionalidades às funcionalidades base que a Zoom Media Gallery já oferece.

Na figura que se segue é apresentada a página inicial da Zoom Media Gallery do website COSIS, onde estão disponíveis quatro categorias de imagens. São elas os espectroheliogramas na risca K1, K3 e H-alpha, e as imagens normalizadas resultantes da ferramenta de normalização de imagens (vide capítulo 4).

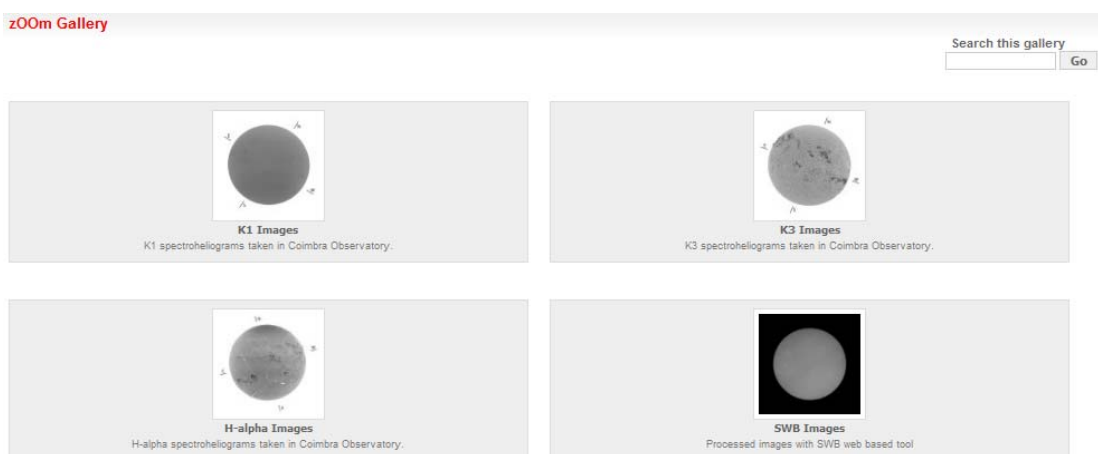


Figura 5-15 Galeria de fotografias do website COSIS.

Por último é apresentada uma figura relativa à categoria dos espectroheliogramas na risca K1, onde se pode visualizar na imagem que foi seleccionada, um conjunto de manchas solares em evidência, na região de interesse delimitada pelo rectângulo azul.

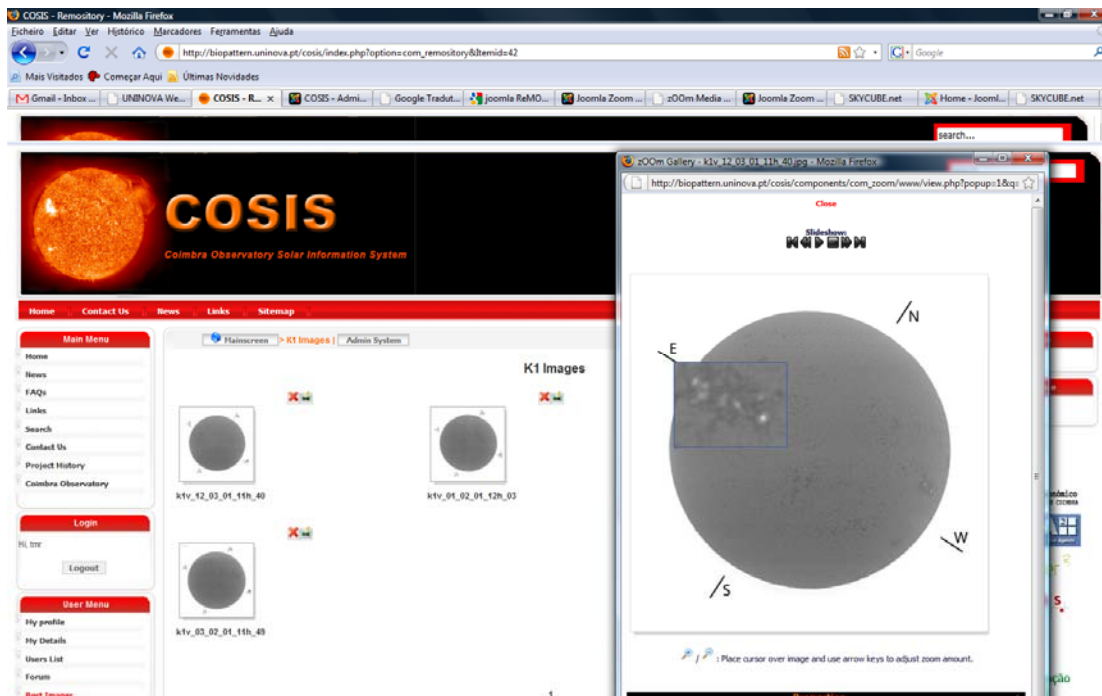


Figura 5-16 Galeria dos espectroheliogramas na risca K1.

6 Conclusões

Neste capítulo final, avaliam-se os requisitos inicialmente propostos face ao trabalho desenvolvido na dissertação. Na secção que se segue, para além de se resumir os principais contributos da dissertação, é efectuada uma apreciação crítica do trabalho desenvolvido. Por último sugerem-se melhoramentos, bem como possíveis áreas para investigação futura.

6.1 Apreciação crítica do trabalho desenvolvido

Esta dissertação permite integrar conhecimentos originários de várias áreas, como o processamento de imagem e o desenvolvimento de aplicações Web. Tinha como principais objectivos desenvolver uma plataforma que efectue a detecção e reconhecimento automáticos de perturbações solares, bem como construir um servidor de imagens dotado de capacidade de processamento. A solução desenvolvida cumpre os objectivos propostos e foi implementada de forma modular e extensível, para facilitar desenvolvimentos futuros. A integração de conhecimentos de várias áreas e a sua adaptação a um cenário inovador despertou bastante entusiasmo no desenvolvimento do projecto.

Em termos de metodologia de desenvolvimento, foi notório que o tempo decorrido no desenvolvimento da documentação foi além do que estava inicialmente previsto, não só pela nova experiência que se revelou ser bastante trabalhosa, mas também pelo acumular de actividades externas durante o período do seu desenvolvimento. Este aspecto acabou por se revelar desfavorável tendo em atenção o prazo em objectivo de execução.

6.2 Trabalho Futuro

Existe sempre lugar para optimizações e melhoramentos nos componentes desenvolvidos. Mas um dos factores decisivos para a produção de software, é saber estabelecer metas e desenvolver soluções que disponibilizem todas as funcionalidades requeridas de forma robusta e fiável.

A estrutura e extensões aplicadas no website COSIS implementam uma interface gráfica intuitiva e de fácil utilização, tanto a nível da solução de *frontend* como a nível da consola de administração. A nível de arquitectura, o projecto foi implementado de forma modular e extensível, com o objectivo de promover a futura integração de outras extensões Joomla! e de novos conteúdos. Existem várias extensões que seriam bastante

úteis e que poderiam substituir alguns dos componentes que constituem actualmente o website COSIS, com vista a aumentar e melhorar as funcionalidades disponíveis. O Joomla! é um SGC que se encontra em constante actualização e disponibilizou várias ferramentas desde a data de início de desenvolvimento da dissertação até à data actual. Entre as áreas de investigação abertas nesta dissertação destacam-se os seguintes aspectos que podem ser alvo de um trabalho futuro:

- Actualização da versão do Joomla! utilizada na criação do website COSIS, que pode ser efectuada através da interface de administração;
- Renovação do *template* através de novos elementos gráficos, como por exemplo ícones ou imagens de fundo, que proporcionem uma interface gráfica mais agradável e profissional aos olhos do utilizador comum;
- Integração de novas funcionalidades como por exemplo, *mailing lists*, sistemas para avaliar os conteúdos, um glossário para os termos técnicos e científicos que se encontram no website, componentes de uma enciclopédia para criar uma base de dados informativa.
- Actualização do componente que constitui a galeria de fotografias, por uma extensão Joomla! que se encontre em constante actualização, visto que o projecto Zoom Media Gallery que apoia a solução desenvolvida terminou a 26 de Outubro de 2008.

Ao nível das ferramentas de processamento digital de imagem, pode ser interessante desenvolver interfaces externas com vista a aumentar a performance actual das ferramentas no website COSIS. Segundo a documentação do Matlab, encontra-se disponível um conjunto de rotinas e padrões, na *External Interface API*, que permite aumentar a velocidade de processamento das aplicações escritas em Matlab [36]. Esta linha de investigação na foi abordada no estudo efectuado. No entanto, poderá ser uma hipótese viável para um projecto futuro de investigação.

ANEXO A. Sistemas de Gestão de Conteúdo

Os Sistemas de Gestão de Conteúdos, do inglês *Content Management System* – CMS, integram as ferramentas necessárias para criar, editar e inserir conteúdo de forma dinâmica, em websites, portais e intranets, através de uma interface gráfica, cujo objectivo principal é estruturar e facilitar a criação, administração, distribuição e disponibilização da informação. O grande potencial de um SGC é permitir que o conteúdo de um website possa ser modificado de forma rápida e segura com custos reduzidos. [14] Na figura 5.2 são apresentadas as categorias principais em que as funcionalidades que estes sistemas oferecem podem ser agrupadas:

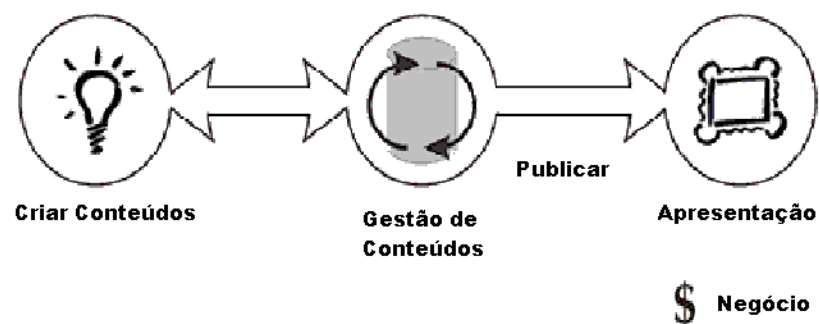


Figura 0-1 Sistema de Gestão de Conteúdos – SGC

Em 2006-2007, existiram três *open source* SGC que se destacaram de forma bastante positiva: *Joomla!*, *Drupal*, e *Plone*.

Estas ferramentas apresentam mais semelhanças do que diferenças, e todas elas suportam os seguintes requisitos funcionais [15]:

- Ajudar a estruturar o website;
- Permitir actualizar conteúdos, adicionar novas páginas ou alterar *items*;
- Fornecer *templates* completamente configuráveis – não é obrigatório divulgar-se que SGC está ou não a ser utilizado;
- Actualizar automaticamente determinados *items* com base em regras pré-definidas – por exemplo, apresentar na página principal as notícias mais actuais;
- Disponibilizar ferramentas de pesquisas e possíveis *links* para outros websites;
- Facultar *plug-ins* e *updates*;
- Permitir que um bom programador altere o website disponibilizado e o SGC, de forma a obter soluções específicas e personalizadas;
- Fornecer soluções em caso de dúvida.

O Joomla! venceu em 2006 o prémio de melhor SGC *open source* perante mais de setenta SCG diferentes, com um júri constituído por membros do Open Source Collective, MySQL, Eclipse Foundation e CMSPros, e era o concorrente mais recente de entre os cinco finalistas do concurso, com origem em Agosto de 2005. Entre os factores que proporcionaram esta vitória destaca-se a grande expansão do Joomla! que apresenta a maior comunidade e assim pode identificar e resolver potenciais problemas de uma forma rápida e eficiente. Os seus recursos, tais como componentes, módulos e *plugins*, podem ser actualizados frequentemente o que é uma vantagem de peso para utilizadores interessados em obter websites actuais e seguros [16].

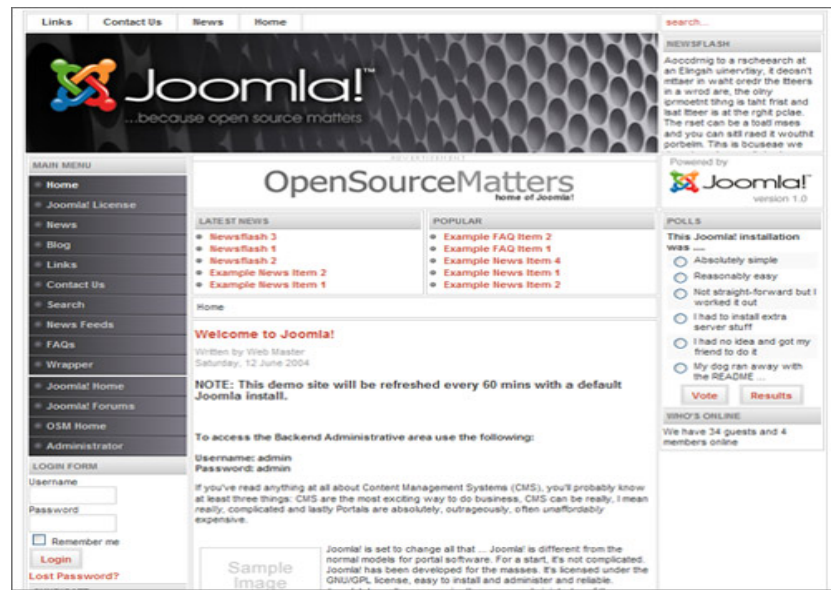


Figura 0-2 Joomla! Front-End - Página [17]

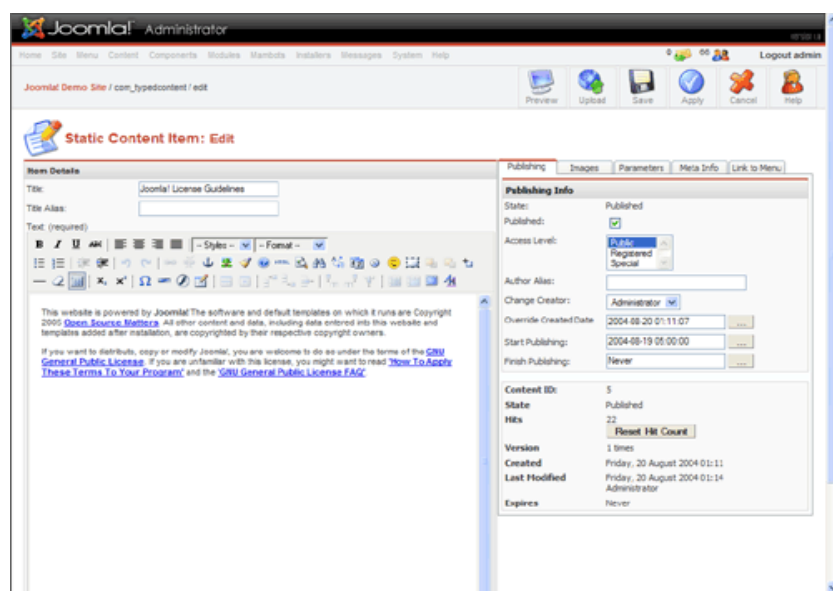


Figura 0-3 Joomla! Back-End - Configuração [17]

O Drupal, que em 2006 ficou em segundo lugar para o prémio de melhor SGC *open Source*, foi o grande vencedor de 2007, empurrando o Joomla! para segundo lugar que contudo, ganhou o prémio de melhor PHP *open source* [16]. O Drupal abrange também uma vasta colecção de requisitos, disponível nos módulos que oferece [18].



Figura 0-4 Drupal Front-End - Página [19]

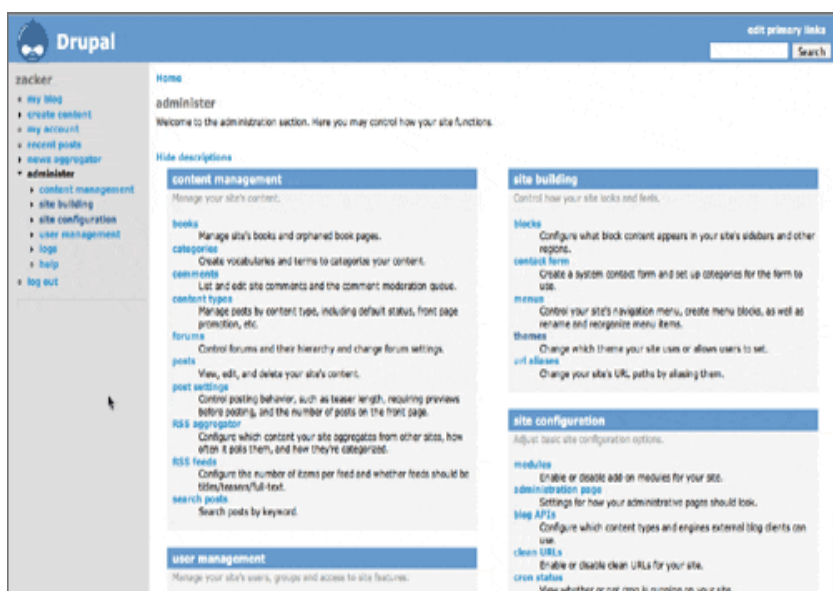


Figura 0-5 Drupal Back-End – Configuração [19]

O Plone ganhou o terceiro lugar no concurso de 2006 [16] e consiste num SGC diferente dos outros já mencionados, que ganha por apresentar uma grande flexibilidade mas obriga a um processo de aprendizagem mais complexo. O Plone é muito poderoso e pode ser a escolha certa para desenvolver um website sofisticado [15]:

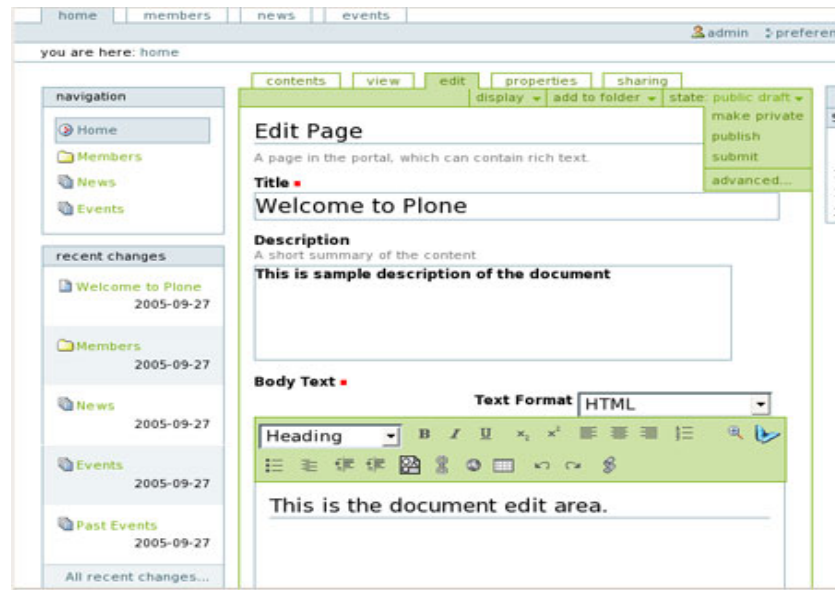


Figura 0-6 Página Plone [20]

Eleger uma destas ferramentas como base de desenvolvimento de um novo website em detrimento dos muitos SGD que existem, não é uma tarefa linear porque está muito dependente das circunstâncias e objectivos específicos a cada projecto. A ferramenta utilizada para a implementação do website COSIS foi o Joomla! porque, para além das vantagens funcionais já apresentadas, apresenta diversas soluções para o aplicativo que se pretende desenvolver, sendo ainda o processo de instalação de novos componentes, módulos e templates, muito simples.

Bibliografia

- Cool Cosmos. 2006.** *Herschel Discovers Infrared Light*. s.l. : Cool Cosmos, 2006.
- Dorotovic, Ivan. 2007.** *COSIS: Coimbra Observatory Solar Information System*. s.l. : ASP Conference Séries, 2007.
- Galilei, Galileo. 2006.** *wiki*. s.l. : BBC, 2006.
- Gonzalez, Rafael C., Woods, Richard E. e Eddins, Steven L. 2004.** *Digital Image Processing using MATLAB*. 2004.
- Harley R. Myle, Arthur R. Weeks. 1993.** *The Pocket Handbook of Image Processing Algorithms in C*. s.l. : Prentice Hall PTR, 1993.
- Highfield, Roger. 1993.** *The Private Lives of Albert Einstein*. s.l. : Faber and Faber, 1993.
- Hopeross, M. W. 1993.** *Ultrastructural findings in solar retinopathy*. 1993.
- J.C.D.Marsh. 1982.** *Observing the Sun in Safety*. 1982.
- Kasting, J. F. e Ackerman, T. P. 1986.** *Climatic Consequences of Very High Carbon Dioxide Levels in the Earth's Early Atmosphere*. s.l. : Science , 1986.
- Lean, J., Skumanich A. e White O. 1992.** Estimating the Sun's radiative output during the Maunder Minimum. *Estimating the Sun's radiative output during the Maunder Minimum*. s.l. : Geophysical Research Letters, 1992.
- Lockyer, Joseph Norman. 1890.** *The meteoritic hypothesis; a statement of the results of a spectroscopic inquiry into the origin of cosmical systems*. London and New York : Macmillan and Co., 1890.
- Newton, Sir Isaac. 2006.** *wiki*. s.l. : BBC, 2006.
- Otsu, N. 1979.** *A threshold selection method from gray-level histograms*. s.l. : IEEE Trans. Sys., 1979.
- Peter N. Brandt, Michael Steinegger. 1997.** On the determination of the quiet-sun center-to-limb variation in Ca II K spectroheliograms. 1997.
- Schatz, H. & Mendelbl, F. 1973.** *Solar Retinopathy from Sun-Gazing Under Influence of LSD*. 1973.
- Tanenbaum, Andrew Stuart. 2002.** *Computer Networks*. s.l. : Computer Networks, 2002.
- Taylor, A.E. 1917.** *On the date of the trial of Anaxagoras*. s.l. : Classical Quarterly, 1917.

Than, Ker. 2006. *Astronomers Had it Wrong: Most Stars are Single*. s.l. : SPACE.com, 2006.

Tso and F.G. La Piana. 1975. *The Human Fovea After Sungazing*. s.l. : M.O.M, 1975.

Referências Online

1. COSIS Home page. *COSIS - Coimbra Observatory Solar Information System*. [Online] 2005. <http://biopattern.uninova.pt/cosis/index.php>.
2. egso Home page. *European Grid for Solar Observations*. [Online] 2007. <http://www.egso.org/>.
3. O Sol. *Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS*. [Online] 2006. <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>.
4. Solar Cycle. *Windows to the Universe*. [Online] 2003. http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/activity/solar_cycle.htm.
5. SpectroHéliographe. *Spectre Solaire de 3900Å à 7650Å*. [Online] 1997. <http://www.astrosurf.com/rondi/obs/shg/spectre/intro.htm#>.
6. Observatório de Paris. *BAs e de données Solaire Sol 20000*. [Online] 2000. http://bass2000.obspm.fr/commun/pageac_ang.htm.
7. HAO Home page. *Heigh Altitude Observatory*. [Online] 2008. <http://web.hao.ucar.edu/>.
8. The Sun. *The Sun as it appears through a cameraq lens from the surface of Earth*. [Online] 2005. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:The_sun1.jpg.
9. Solar Eclipse. *Solar Eclipse Luc Viatou*. [Online] 1999. http://www.lucnix.be/main.php?g2_itemId=305.
10. S. Tolver Preston's Explosive Idea . *Portable itis Volta*. [Online] 1999. <http://itis.volta.alessandria.it/episteme/ep6/ep6-bjerk1.htm>.
11. Pioneer. *Pioneer 6-7-8-9-E*. [Online] 1997. <http://www.astronautix.com/craft/pio6789e.htm>.
12. FREE STOCK PHOTOS. *FREE STOCK PHOTOS - PUBLIC DOMAIN PHOTOS*. [Online] 1999. <http://www.freephotos.lu/>.
13. Fonseca, J.M. Algoritmo de componentes ligados . *Sistemas Sensoriais*. [Online] 2002. www-ssdp.dee.fct.unl.pt/leec/ss/20022003/documentos/teorica-parte2.pdf.

14. Beyond the Idea. *Step Two Designs PTY LTD*. [Online] 2007. <http://www.stepteo.com.au/index.htm>.
15. Idealweare Home page. *Idealweare: Candid reviews and information about nonprofit software*. [Online] 2007. <http://www.idealware.org>.
16. Community Experience Distilled. *Packt Publishing Book Store*. [Online] 2007. <http://www.packtpub.com/index>.
17. Joomla! Home page. *Joomla! ... because open source matters*. [Online] 2005. <http://www.joomla.org>.
18. Mashable, Social Networking New. *Mashable | All That's New on the Web*. [Online] 2006. <http://www.mashable.com>.
19. Drupal Home page. *drupal.org | Community plumbing*. [Online] 2000. <http://www.drupal.org>.
20. The Plone CMS Home page. *The Plone CMS – Open Source Content Management System*. [Online] 2000. <http://www.plone.org>.
21. Downloads. *Run Digital*. [Online] 2007. <http://www.run-digital.com/download/plugins.html>.
22. Joomla Extensions Directory - Content Management. *Joomla! ... because open source matters*. [Online] 2005. <http://extensions.joomla.org/extensions/core-enhancements/content-management>.
23. The Apache HTTP Server Project home page. *The Apache HTTP Server Project*. [Online] 2009. <http://httpd.apache.org/>.
24. The PHP: Hypertext Preprocessor home page. *PHP: Hypertext Preprocessor*. [Online] 2001. <http://pt.php.net/>.
25. MySQL home page. *MySQL :: The world's most popular open source database*. [Online] 1995. <http://www.mysql.com>.
26. SQLite Home Page. *SQLite Home Page*. [Online] 2008. <http://www.sqlite.org/>.
27. MySQL GUI Tools Downloads. *MySQL GUI Tools Downloads*. [Online] 1995. <http://www.mysql.com/products/tools/migration-toolkit/>.
28. About. *phpMyAdmin*. [Online] 2003. <http://www.phpmyadmin.net>.
29. JoomlaXT! Home page. *Home*. [Online] 2007. <http://www.joomlaxt.com>.
30. Zoom Media Gallery homepage. *Zoom Media Gallery*. [Online] <http://www.zoomfactory.org/>.
31. Remository. *Home/ Remository*. [Online] 2008. <http://www.remository.com/>.

32. Joomla! Home. *Joomla! - The home of Community Builder*. [Online] 2004. <http://www.joomlapolis.com/>.
33. Best of Joomla! *Best of Joomla! - Joomla! merges with Fireboard!* [Online] 2007. <http://www.bestofjoomla.com/content/view/8/9/>.
34. Sol para todos – Guião de Actividades. *Sun4All* . [Online] 2009. <http://www.mat.uc.pt/sun4all/2009>.
35. Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra Home . *Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra* . [Online] 2003. <http://www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio/site/index.html>.
36. The MathWorks Home. *The MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing*. [Online] 1994. <http://www.mathworks.com/>.

Lista de Siglas

COSIS	<i>Coimbra Solar Information System</i>
OAUC	Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra
GMT	<i>Greenwich Mean Time</i>
ROI	Região de interesse (<i>Region Of Interest</i>)
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/ Internet Protocol</i>
HTTP	HyperText Transport Protocol
GUI	Interface gráfica do utilizador (<i>Graphical User Interface</i>),
CGI	<i>Common Gateway Interface</i>
SGC	Sistema de Gestão de Conteúdo (CMS - <i>Content Management System</i>)
CSS	<i>Cascading Style-Sheets</i>
API	Interface de Programação de Aplicativos (<i>Application Programming Interface</i>)