



**Universidade de
Aveiro
2007**

Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática

**Paulo Costa Pereira
Campos**

**Plataforma de arquivo e processamento de eventos
em cápsula endoscópica**



**Universidade de
Aveiro
2007**

Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática

**Paulo Costa Pereira
Campos**

**Plataforma de arquivo e processamento de eventos
em cápsula endoscópica**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor. João Paulo Trigueiros da Silva Cunha, Professor associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à família e aos amigos.

o júri
presidente

Prof. Dr. Joaquim Arnaldo Carvalho Martins
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. João Paulo Trigueiros da Silva Cunha
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. António Miguel Pontes Pimenta Monteiro
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Prof. Dr. Joaquim Manuel Henriques de Sousa Pinto
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Durante este trabalho recebi o apoio e a colaboração de diversas pessoas, às quais gostaria de deixar registado o meu agradecimento. Agradeço, em particular, ao Eng. Miguel Coimbra, ao Prof. João Paulo Cunha e ao Dr. José Soares, pela orientação e pela disponibilidade constante ao longo do trabalho.

palavras-chave

Cápsula endoscópica, sistemas de informação médica, base de dados, visão por computador.

resumo

A cápsula endoscópica foi introduzida no mercado médico em 2001 e é o primeiro micro-dispositivo autónomo a obter autorização e certificação da FDA, para uso intracorporal em humanos. Este dispositivo permite realizar endoscopias de todo o intestino delgado sem desconforto para o paciente, sem anestesia e de um modo não invasivo. Actualmente é considerada uma ferramenta vital no diagnóstico de doenças como sangramentos gastrointestinais obscuros ou doença de Crohn.

Um dos principais problemas dos exames de cápsula endoscópica é o tempo que o médico tem de despende para visualizar e interpretar das 6 a 8 horas de vídeo do exame.

O principal objectivo deste trabalho é diminuir este tempo de revisão dos exames de cápsula endoscópica, através de um novo software de revisão de exames e a construção de uma base de dados de exames e eventos anotados que fornecerá a informação necessária às investigações clínicas e de visão por computador, do grupo de investigação onde o autor realiza a sua investigação.

Keywords

Endoscopic capsule, Medical information systems, data base, computer vision.

Abstract

The capsule endoscopy, introduced as a medical procedure in 2001, is the first autonomous micro device to get authorization and certification of the FDA for medical use inside the human body. This device allows endoscopic exams of the small intestine to be made without discomfort for the patient, without anaesthesia, and it is not an invasive method. Currently it is considered a vital tool for the diagnosis of diseases like obscure gastrointestinal bleeding or Crohn's disease.

One of the main problems of endoscopic capsule exam procedures is the time that the doctor needs to visualize and interpret the 6 to 8 hours of the exam video.

The main objective of this work is to reduce this revision time of endoscopic capsule examinations by using a new annotation software and by constructing a database of annotated exams and events, which will supply all necessary data for clinical and computer vision research.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objectivos	1
1.3. Resultados Publicados	2
1.4. Estrutura da Dissertação	3
2. Introdução à endoscopia digestiva por cápsula	5
2.1. Endoscopia	5
2.1.1. Breve história da endoscopia	5
2.1.2. Tipos de endoscopias	6
2.2. Cápsula endoscópica	10
2.2.1. História	10
2.2.2. Constituição e funcionamento	10
2.2.3. Procedimento clínico	13
2.2.4. Relevância clínica da CE	14
2.2.5. Limitações	15
3. Anotação, processamento e arquivo em endoscopia digestiva	17
3.1. Software de revisão dos exames de cápsula endoscópica	17
3.2. Processamento de vídeo em endoscopia	19
3.2.1. Endoscopia tradicional	19
3.2.2. Endoscopia por cápsula	20
3.2.3. Suport Vector Machines (SVM)	22
3.2.4. Descritores visuais MPEG-7	25
3.3. Base de dados em endoscopia digestiva	27
3.4. Motivação para o trabalho	28
4. CapView: software de revisão de exames de cápsula endoscópica	29
4.1. Linguagem de anotação	29
4.1.1. Linguagem de anotação versão 1.0	30
4.1.2. Linguagem de anotação versão 1.1	32
4.2. CapView 1.0	33
4.2.1. Requisitos	33
4.2.2. Caso de utilização – Visão geral do CapView	34
4.2.3. Fluxo para revisão de exames no CapView	36
4.2.4. Fluxo do gestor de exames: <i>chooser</i>	36
4.2.5. Fluxos secundários mais importantes do CapView	37
4.2.6. Arquitectura candidata do software CapView	42
4.3. Estrutura do ficheiro XML: CapViewXML2.0	47
4.4. Resultados	51
5. Base de dados de eventos e exames anotados de cápsula endoscópica: IEETA-CapDB	57
5.1. Requisitos	57
5.2. Modelação da solução	58
5.2.1. Anotação e Upload de eventos (CU 1.1)	61
5.2.2. Anotação e Upload de exames (CU 1.2)	63

5.2.3.	Download (CU 2)	65
5.2.4.	Pesquisa de eventos (CU 3.1).....	66
5.2.5.	Pesquisa de Exames (CU 3.2)	68
5.2.6.	Votação (CU 4)	70
5.2.7.	Inserir exames e eventos (CU 5.1)	72
5.2.8.	Apagar/Editar exames e eventos (CU 5.2 e CU 5.3).....	73
5.2.9.	Log/Estatística (CU 6).....	74
5.2.10.	Gestão de logins (CU 7).....	75
5.2.11.	Gestão de falhas (CU 8)	75
5.3.	Prioridades dos casos de utilização	76
5.4.	Arquitectura de Implementação do Sistema.....	77
5.5.	Arquitectura da estrutura da base de dados	78
5.5.1.	Modelo Relacional da Base de Dados.....	78
5.6.	Aplicação de anotação de exames e eventos para a base de dados: IEETA-CapDB Annotation.....	83
5.6.1.	Arquitectura da aplicação.....	83
5.6.2.	Diagrama de classes	84
5.7.	Sítio na Internet	89
5.8.	Resultados	91
5.8.1.	IEETA-CapDB Annotation	91
5.8.2.	Base de dados IEETA-CapDB	93
6.	Conclusões.....	95
6.1.	Resumo do trabalho.....	95
6.2.	Resultados importantes	95
6.3.	Trabalho futuro.....	96

Lista de Figuras

Figura 1 – Endoscópio de Bozzini.....	5
Figura 2 – Lamparina de Desormeaux.	5
Figura 3 – Ilustração do sistema digestivo.	6
Figura 4 – Ilustração de uma endoscopia alta.....	7
Figura 5 – Raio X de uma endoscopia de impulsão.	8
Figura 6 – Endoscópio de duplo balão.	9
Figura 7 – Ilustração da CE no intestino delgado.....	10
Figura 8 – Constituição interna da cápsula.....	11
Figura 9 – Antenas e gravador usado em exames de CE (GIVEN).	11
Figura 10 – Antenas, gravador e <i>Real Time Viewer</i>	12
Figura 11 – Exemplo de uma imagem da EndoCapsule.....	12
Figura 12 – Distribuição das antenas no abdómen do paciente.....	13
Figura 13 – Exemplo de uma imagem com sangue.....	14
Figura 14 – RAPID 2 da Given Imaging.....	18
Figura 15 – EndoCapsule Software da Olympus.	19
Figura 16 – Imagem de uma endoscopia tradicional (colonoscopia).	20
Figura 17 – Divisão do tracto digestivo em 4 partes.	21
Figura 18 – Sistema de segmentação topográfica [Coimbra2006].....	22
Figura 19 – SVM de margem rígida.....	23
Figura 20 – SVM de margem suave.	24
Figura 21 – Mapeamento de um espaço 2D para 3D.	24
Figura 22 – Diagrama geral do projecto CapView.org.	29
Figura 23 – Estruturas definidas na linguagem anotação versão 1.1.....	32
Figura 24 – Visão geral do CapView	34
Figura 25 – Diagrama de actividade: Revisão de exames	36
Figura 26 – Diagrama de actividade: Fluxo do gestor de exames.....	37
Figura 27 – Diagrama de actividade: Abrir exame (' <i>chooser</i> ')......	38
Figura 28 – Diagrama de actividade: Guardar exame.	39
Figura 29 – Diagrama de actividade: Anotar exame	40
Figura 30 – Diagrama de pacotes do CapView.	42
Figura 31 – Principais classes do pacote Dados.....	43
Figura 32 – Principais classes do pacote vídeo.	44
Figura 33 – Principais classes do pacote Relatório.	44
Figura 34 – Principais classes do pacote Visualização.....	45
Figura 35 – Principais classes do pacote Processamento de vídeo.....	46
Figura 36 – Estrutura do ficheiro XML: CapViewXML2.0.....	47
Figura 37 – Estrutura do entidade exam.	48
Figura 38 – Estrutura do entidade report_info.....	49
Figura 39 – Estrutura da sub entidade event.....	49
Figura 40 - 'Chooser'.....	51
Figura 41 – CapView 1.0.....	52
Figura 42 – Interface de selecção do tipo de evento.....	53
Figura 43 – Informação do exame.....	53

Figura 44 – Informação do paciente.....	53
Figura 45 – Exemplo de um relatório médico (Hospital Geral de Santo António).....	54
Figura 46 – Exemplo de um relatório médico (Clínica privada ManopH).	54
Figura 47 – Caso de Utilização: Visão do utilizador.	58
Figura 48 – Caso de Utilização: Visão do administrador.....	60
Figura 49 – Diagrama de actividade: Upload de eventos.....	62
Figura 50 – Diagrama de actividade: – Upload de exames.....	64
Figura 51 – Diagrama de actividade: Download.....	66
Figura 52 – Diagrama de actividade: Pesquisa de eventos.	67
Figura 53 – Diagrama de actividade: Pesquisa de exames.....	69
Figura 54 – Diagrama de actividade: Votação.	71
Figura 55 – Diagrama de actividade: Inserir exames e eventos na base de dados.	73
Figura 56 – Diagrama de actividade: Apagar/Editar exames e eventos na base de dados..	74
Figura 57 – Arquitectura geral da rede.....	77
Figura 58 – Arquitectura simplificada para o upload de exames/eventos anotados.	77
Figura 59 – Arquitectura simplificada para o acesso à base de dados.	78
Figura 60 – Arquitectura da base de dados IEETA-CapDB.	78
Figura 61 – Diagrama de pacotes do modelo relacional da base de dados	79
Figura 62 – Estrutura interna da base de dados (tabelas sql).	81
Figura 63 – Arquitectura da Aplicação (diagrama de pacotes).....	83
Figura 64 – Diagrama de classes do pacote Data.....	84
Figura 65 – Diagrama de classes do pacote Qt.	86
Figura 66 – Diagrama de classes do pacote Video.....	87
Figura 67 – Diagrama de classes do pacote XML.	87
Figura 68 – Diagrama de classes do pacote MainClasses.....	88
Figura 69 – Contribuições externas.....	89
Figura 70 – Pagina de Internet do projecto CapView	90
Figura 71 – Selecção de anotação de exames ou de eventos.	91
Figura 72 – Anotação dos eventos de um exame.	92
Figura 73 – Anotação das características de um exame.....	92
Figura 74 – Anotação das indicações de um exame.....	92
Figura 75 – Anotação do diagnóstico de um exame.	92
Figura 76 – Anotação de um eventos de uma directoria.....	93

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Evolução das capacidades do gravador [GivenHP].....	12
Tabela 2 – Evolução do software RAPID da Given Imaging.....	17
Tabela 3 – Sítios da Internet com imagens e vídeos de endoscopia.....	28
Tabela 4 – Terminologia de anotação dos evento.	31
Tabela 5 – Terminologia de anotação do diagnóstico	31
Tabela 6 – Descrição das estruturas da linguagem de anotação 1.1	32
Tabela 7 – Requisitos do software CapView.....	33
Tabela 8 – Descrição dos casos de utilização do CapView.....	35
Tabela 9 – Caso de utilização - Abrir exame: Usar gestor.	38
Tabela 10 – Caso de utilização - Guardar exame.	39
Tabela 11 – Caso de utilização - Anotar exame.	41
Tabela 12 – Descrição das livrarias externas usadas pelo CapView.....	42
Tabela 13 – Principais classes do pacote Dados.....	43
Tabela 14 – Principais classes do pacote vídeo.....	44
Tabela 15 – Principais classes do pacote Relatório.....	44
Tabela 16 – Principais classes do pacote Visualização.....	45
Tabela 17 – Principais classes do pacote Processamento de vídeo.....	46
Tabela 18 – Descrição das sub entidades de exam.....	49
Tabela 19 – Descrição das sub entidades de report_info.....	49
Tabela 20 – Descrição das sub entidades de event.....	50
Tabela 21 – Tabela de requisitos.....	58
Tabela 22 – Descrição dos caso de utilização do utilizador.....	59
Tabela 23 – Descrição dos caso de utilização do administrador	61
Tabela 24 – Caso de utilização Upload de eventos.....	62
Tabela 25 – Caso de utilização Upload de exames.....	63
Tabela 26 – Caso de utilização Download.....	65
Tabela 27 – Caso de utilização Pesquisa de eventos.....	67
Tabela 28 – Caso de utilização Pesquisa de exames.....	69
Tabela 29 – Caso de utilização Votação.....	70
Tabela 30 – Caso de utilização Inserir exames e eventos na base de dados.....	72
Tabela 31 – Caso de utilização Inserir exames e eventos na base de dados.....	73
Tabela 32 – Caso de utilização Log/Estatística.....	74
Tabela 33 – Caso de utilização Gestão de utilizadores.....	75
Tabela 34 – Caso de utilização Gestão de falhas.....	75
Tabela 35 – Prioridades dos casos de utilização.....	76
Tabela 36 – Descrição dos pacotes do modelo relacional da base de dados.....	79
Tabela 37 – Tabelas SQL da base de dados.....	80
Tabela 38 – Permissões das tabelas na base de dados.....	83
Tabela 39 – Descrição dos pacotes do software IEETA-CapDB Annotation.....	84
Tabela 40 – Descrição das classes do pacote Data.....	85
Tabela 41 – Descrição das classes do pacote Qt.....	86
Tabela 42 – Descrição das classes do pacote Video.....	87
Tabela 43 – Descrição das classes do pacote XML.....	88

Tabela 44 – Descrição das classes do pacote MainClasses..... 88

Glossário

BFT Barium Follow-Through

CE Conformity European

CEST Capsule Endoscopy Structured Terminology

CMOS Complementary Metal Oxide Silicon

CMS Content Management System

CT Tomografia Computorizada

EDA Endoscopia Digestiva Alta

EER Extended Entity-Relationship

EGD EsofagoGastroDuodenoscopia

FDA Food and Drug Administration

FTP File Transfer Protocol

HIPAA Health Insurance Portability & Accountability Act of 1996

IEETA Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro

LCD Liquid Crystal Display

LED Light Emitting Diode

M2A Mouth to Ânus

MRI Magnetic Resonance Imaging

MST Minimal Standard Terminology

NSAID NonSteroidal Anti-Inflammatory Drugs

OGIB Obscure GastroIntestinal Bleeding

RAPID Reporting and Processing of Images and Data

SBI Suspected Blood Indicator

SQL Structured Query Language

SVM Support Vector Machines

UHF Ultra High Frequency

UML Unified Modeling Language

XML Extensible Markup Language

XSL Extensible Stylesheet Language Family

1. Introdução

1.1. Introdução

Em 2001 surgiu um novo método endoscópico, a endoscopia por cápsula. Este novo método permite realizar endoscopias de todo o intestino delgado sem desconforto para o paciente, sem anestesia e de um modo não invasivo. A cápsula endoscópica é um pequeno dispositivo em forma de cápsula que fotografa todo o percurso do sistema digestivo e envia as imagens por rádio frequência para um gravador que o paciente carrega à cintura. No final do exame, o médico gastroenterologista diagnostica o paciente visualizando e interpretando todas as imagens captadas.

Existe um conjunto alargado de publicações que mostram a importância desta nova tecnologia. Actualmente é considerada uma ferramenta vital no diagnóstico de sangramentos gastrointestinais obscuros e de doença de Crohn. Pode ser também utilizada para detecção de tumores, vigilância de síndrome de polipose, doenças de origem celíaca e estudos do efeito de drogas do tipo NSAID no intestino delgado.

Um dos principais problemas dos exames de cápsula endoscópica é o tempo que o médico tem de despende para visualizar e interpretar 6-8 horas do exame, razão pela qual, esta análise é a parte mais custosa do exame, podendo chegar a demorar 2 horas.

Para diminuir o problema são necessárias ferramentas automáticas de apoio ao diagnóstico que permitam reduzir ao máximo estes longos tempos de anotação, possibilitando assim um aumento da utilização desta tecnologia e a libertação dos médicos para outras tarefas mais importantes.

1.2. Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é diminuir o tempo de revisão de exames de cápsula endoscópica. Para realizar esta tarefa o trabalho foi dividido em partes:

- Construção de um software de revisão de exames que melhore a eficiência do médico. Este aumento de eficiência deve ser conseguido através de uma linguagem de anotação padrão, da criação de relatórios flexíveis e adequados às necessidades do médico, e uma gestão mais eficiente dos exames contidos na estação de trabalho. O software de revisão de exames deve também ser a plataforma de integração de todas as ferramentas desenvolvidas e deve facilitar a importação destas anotações para a base de dados prevista.
- Definição de uma linguagem de anotação padrão. Uma linguagem de anotação padrão é essencial para a criação da base de dados e para uma anotação mais rápida do exame. A uniformização da linguagem permite também uma maior legibilidade entre médicos ao evitar subjectividades.
- Construção de uma base de dados de exames e eventos anotados. Esta base de dados permitirá realizar investigação clínica e em visão por computador, permitindo por exemplo, o desenvolvimento de novas ferramentas automáticas de anotação.

- Apoio à investigação de visão por computador para o desenvolvimento de métodos processamento de sinal e reconhecimento de padrões, de modo a que o computador detecte automaticamente anormalidades gastrointestinais, ou pelo menos, que assinale as áreas de alto risco.
- Integrar o software desenvolvido na metodologia clínica de rotina de hospitais, e validar clinicamente as ferramentas e o software desenvolvidos.

1.3. Resultados Publicados

Alguns dos resultados obtidos durante este trabalho já foram assunto de algumas publicações.

Na “*4th Iberian Meeting of Capsule Endoscopy*” foram apresentadas duas comunicações em formato *abstract*: “*Capview.org: A Research Framework for the Development of Automatic Tools for Capsule Endoscopy*” onde foi descrito o projecto CapView.org, destinado ao desenvolvimento de ferramentas automáticas para cápsula endoscópica. A primeira ferramenta desenvolvida no âmbito deste projecto (segmentação do tracto digestivo) foi apresentada na segunda comunicação, “*The First Capview.Org Automatic Tool for Capsule Endoscopy*”. Esta ferramenta de segmentação foi também apresentada sob a forma de *abstract*, na “*International Conference on Capsule Endoscopy 2006*”, com o título “*Faster Wireless Capsule Exam Analysis using Automatic Tools*”. Nestas comunicações foi apresentada à comunidade médica o projecto CapView.org que engloba o software de revisão de exames, a base de dados de exames e eventos anotados, e o nosso grupo de investigação em visão por computador através da apresentação da primeira ferramenta automática desenvolvida.

Na “*EWIMT Technical Symposium*” foi apresentado um trabalho intitulado “*Extracting clinical information from endoscopic capsule exams using MPEG-7 visual descriptors*” que apresenta uma ferramenta para segmentação do tracto intestinal usando descritores visuais MPEG-7 como características de baixo nível das imagens e classificadores Bayesianos.

Na “*IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASP)*”, foi apresentado o trabalho “*Topographic Segmentation and Transit Time Estimation for Endoscopic Capsule Exams*” que é uma evolução do trabalho anterior apresentando como classificadores as *support vector machines*.

A publicação “*Automated Topographic Segmentation and Transit Time Estimation in Endoscopic Capsule Exams*” que se encontra na segunda fase de revisão, apresenta o software de revisão de exames CapView 1.0 e os algoritmos de segmentação do tracto intestinal (*Bayesian e support vector machines*). Mostra-se também a influência desta ferramenta no cálculo dos tempos de trânsito e o ganho que o médico pode obter ao usar esta ferramenta. Reúne todo o trabalho desenvolvido nesta área até à data e não apenas o que foi objecto da presente tese.

Uma evolução dos estudos anteriores foi submetida para a conferência em “*Semantics And digital Media Technology*” (SAMT): “*Combining Color with Spatial and Temporal Position of the Endoscopic Capsule for Improved Topographic Classification and Segmentation*”. Este estudo acrescenta informação espacial e posição temporal aos estudos anteriores (SVM) para melhorar a ferramenta de segmentação topográfica. A perspectiva clínica deste estudo foi apresentada sob a forma de *abstract* no XXVI Congresso Nacional de Gastreenterologia e Endoscopia Digestiva, com o título “*Posição e*

Velocidade Espacial da Cápsula Endoscópica como Ferramenta de Apoio ao Diagnóstico Clínico”

Outros estudos relacionados foram publicados.

Na “*IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*”, foi publicado o estudo “*MPEG-7 visual descriptors – Contributions for automated feature extraction in capsule endoscopy*”, que apresenta uma metodologia para medir o potencial de descritores visuais MPEG-7, para tarefas com detecção de eventos como sangue, úlceras, etc. A plataforma base de anotação e revisão usada para este trabalho foi o CapView.

No XXVI Congresso Nacional de Gastrenterologia e Endoscopia Digestiva foi apresentado sob a forma de *abstract* um estudo intitulado “Precisão e Eficiência da Anotação Topográfica Manual de Exames de Cápsula Endoscópica”. Este estudo mede a precisão e eficiência da anotação topográfica manual e compara-a com a ferramenta automática desenvolvida anteriormente.

1.4. Estrutura da Dissertação

Após uma introdução ao assunto e aos objectivos propostos, que se efectua neste capítulo, é apresentado, no capítulo dois a endoscopia digestiva. Este capítulo começa com uma breve descrição da história da endoscopia e dos vários tipos de endoscopias digestivas existentes. O resto do capítulo apresenta a cápsula endoscópica em mais detalhe, assim como o procedimento clínico, a relevância clínica e as suas limitações.

Alguns dos objectivos deste trabalho incluem a construção de um software de revisão de exames, uma base de dados de exames e eventos anotados e apoio à investigação em visão por computador. No capítulo três apresenta-se o estado da arte actual destes temas, com ênfase no processamento de vídeo endoscópico onde são apresentados os trabalhos existentes até ao momento em endoscopia tradicional e por cápsula, assim como dois tópicos usados em visão por computador (descritores visuais MPEG-7 e *support vector machines*).

No capítulo quatro é apresentado o trabalho relacionado com o desenvolvimento do software de revisão de exames de CE. Este está dividido em três partes: a linguagem de anotação do software e da base de dados, o software de revisão de exames propriamente dito e a estrutura de ficheiro XML que armazena as anotações de cada exame. No final do capítulo são apresentados os resultados obtidos com o software desenvolvido.

O capítulo cinco diz respeito principalmente ao desenvolvimento da base de dados de exames e eventos anotados (requisitos, modelação e arquitectura), mas é também apresentado o software que anota estes exames e eventos com a linguagem de anotação da base de dados (que não é igual ao software de revisão de exames devido à evolução da linguagem de anotação), assim como o site construído para divulgação do projecto. No final do capítulo além dos resultados relativos à base de dados, são apresentados os resultados de todo o projecto desenvolvido.

Este documento é finalizado no capítulo seis. Este resume o trabalho apresentado e os principais resultados obtidos. Apresenta ainda o trabalho futuro para a continuação da resolução do problema apresentado.

2. Introdução à endoscopia digestiva por cápsula

2.1. Endoscopia

A palavra endoscopia deriva do latim ‘*scopia*’ e ‘*endo*’ e significa olhar para dentro respectivamente. Actualmente a palavra endoscopia é usada para designar uma especialidade médica que se ocupa de obter imagens e diagnosticá-las utilizando um endoscópio. Tipicamente um endoscópio é um aparelho em forma de tubo que contém pelo menos uma fonte de luz e alguma forma de visualização da imagem, e é inserido nas cavidades inacessíveis do corpo para visualização da mucosa [Wikipédia06].

2.1.1. Breve história da endoscopia

A ideia de usar instrumentos para ver dentro de cavidades inacessíveis do corpo humano data de há cerca de 2500 anos, e a primeira endoscopia documentada é do século IV BC, quando Hipócrates examinou o recto de um paciente.

A endoscopia moderna nasceu com o aparecimento dos endoscópios rígidos, em 1805 por Bozzini, ao introduzir um sistema de iluminação que usava uma vela e espelhos de prata (Figura 1) [Bozzini1806]. Mas só uma geração depois é que Antonin Desormeaux desenvolveu o primeiro endoscópio usável, que usava uma lamparina com uma mistura de álcool e terebentina (Figura 2) [Desormeaux1855]. A partir de 1920 surgem os primeiros endoscópios semi-rígidos, e são acrescentadas funcionalidades como insuflação de ar, fotografia e microfotografia.

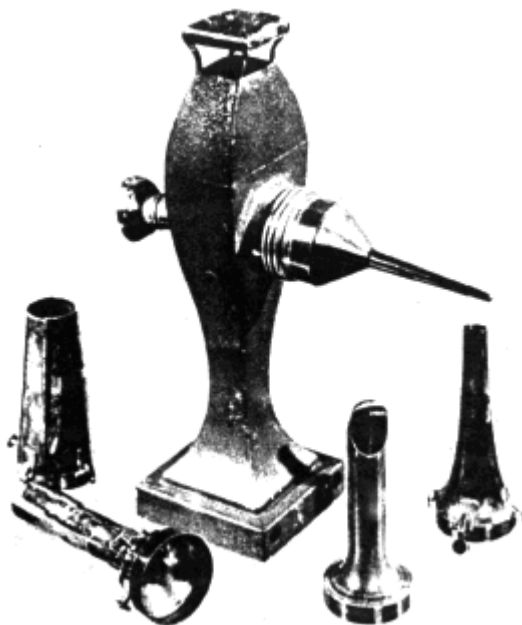


Figura 1 – Endoscópio de Bozzini.

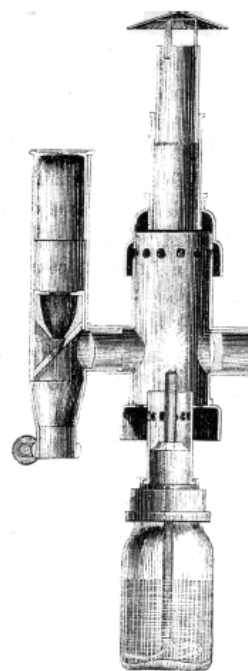


Figura 2 – Lamparina de Desormeaux.

Na década de 1950 é dado um grande passo na evolução dos endoscópios, com o desenvolvimento de um novo sistema de lentes e a introdução do sistema de iluminação por fibra óptica, que resultou no aparecimento dos endoscópios flexíveis.

É também na mesma década, que o desenvolvimento da electrónica faz com que surjam as primeiras cápsulas que permitem medir parâmetros fisiológicos gastrointestinais, como a temperatura, pressão e pH [Zworkin1957, Mackay1957, Noller1960].

Com o contínuo desenvolvimento da tecnologia em 1982 são introduzidos os chips de vídeo em endoscopia e em 1983 surgem os primeiros endoscópios com transmissão de imagem via electrónica e cuja imagem é apresentada num monitor de uma televisão. No entanto, só em 2001 é que a primeira cápsula endoscópica com vídeo é lançada no mercado.

2.1.2. Tipos de endoscopias

Os avanços das técnicas endoscópicas, tornaram a endoscopia indispensável para o diagnóstico e tratamento de doenças gastrointestinais localizadas no esófago, estômago, duodeno e cólon (Figura 3) [Yamamoto2005]. A endoscopia alta ou esofagogastroduodenoscopia, a endoscopia baixa ou colonoscopia total, anoscopia e rectosigmoidoscopia são alguns dos principais métodos de diagnóstico e tratamento de doenças destas regiões.

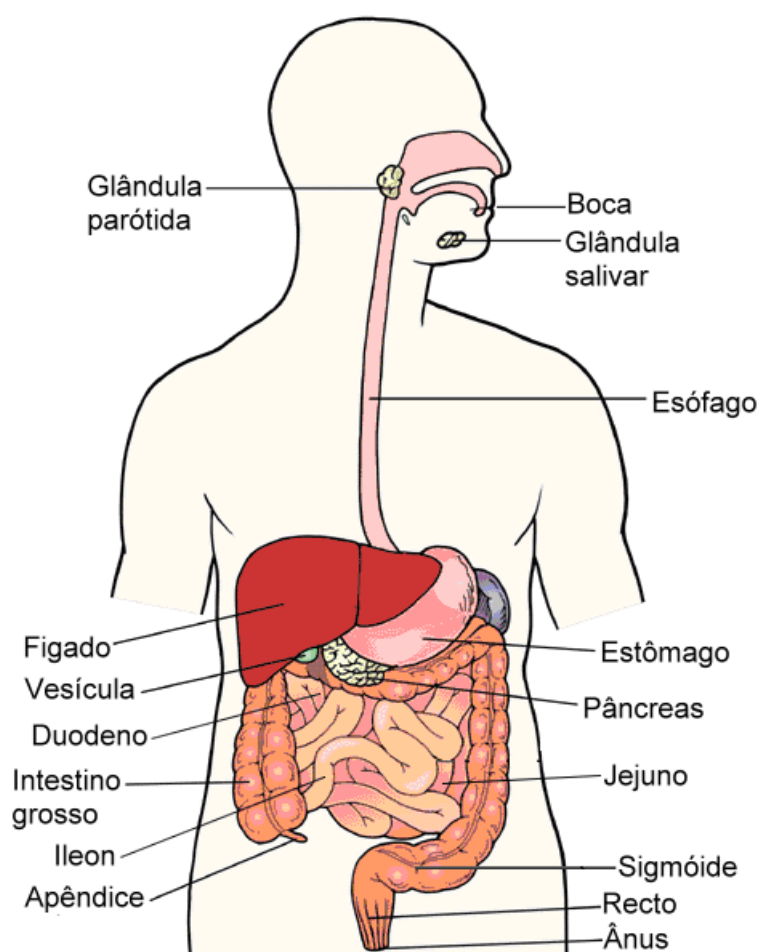


Figura 3 – Ilustração do sistema digestivo.

No entanto a endoscopia no intestino delgado teve uma menor evolução devido ao seu difícil acesso, apesar de ter uma das funções mais importantes do tracto intestinal [Yamamoto2005]. Alguns dos principais métodos para diagnóstico e tratamento de lesões do intestino delgados são: endoscopia de impulsão, endoscopia intra-operatória, exames radiológicos, sonda enteroscópica, endoscopia virtual, e mais recentemente, a enteroscopia com duplo balão e a endoscopia por cápsula.

Endoscopia alta ou esofagogastroduodenoscopia

A endoscopia digestiva alta é um exame que permite a visualização directa do tracto digestivo alto (esófago, estômago e duodeno) e consiste na inserção do endoscópio via oral até ao duodeno (Figura 4). No início, procede-se à anestesia da garganta e o doente é deitado numa posição confortável e descontraída. O endoscópio é, então, introduzido gradualmente. Este procedimento não interfere com a respiração, nem causa dor. A endoscopia digestiva alta é um exame que, geralmente, demora 1 ou 2 minutos. A inspecção visual poderá ser complementada com a realização de biopsias, e nem mesmo neste caso é causado qualquer incómodo doloroso [Sped06].

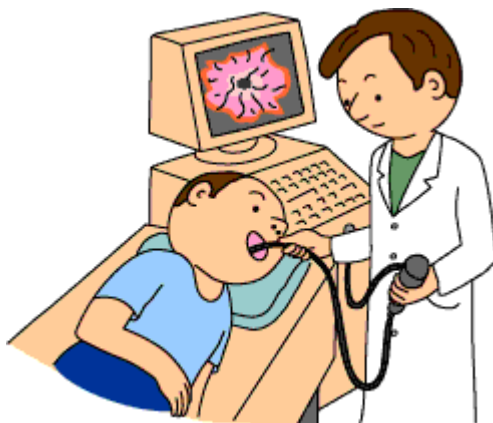


Figura 4 – Ilustração de uma endoscopia alta.

Endoscopia baixa ou colonoscopia total e rectosigmoidoscopia

Estes métodos permitem a examinação e tratamento do sistema digestivo inferior: intestino grosso, ânus, recto e sigmóide. Estes métodos consistem na inserção do endoscópio via anal. Na colonoscopia, o endoscópio vai progredindo lentamente ao longo do intestino grosso. A progressão do aparelho ao longo do intestino grosso pode provocar algum desconforto ou mesmo dor, mas geralmente é bem tolerada. Em pessoas mais sensíveis ou com um intestino mais difícil pode ser necessária medicação para aliviar a dor. É um exame que demora de 15 a 30 minutos e que permite realizar biopsias. A sigmoidoscopia flexível (também chamada pansigmoidoscopia) é um exame que permite o estudo do recto e sigmóide (o último segmento do cólon). Este exame é bem tolerado pelo doente, e raramente causa dor. Também neste caso é possível realizar biopsias para análise posterior [Sped06].

Endoscopia de impulsão

A endoscopia de impulsão é uma extensão da endoscopia alta, está disponível desde 1990, e usa endoscópios de 2.5m (Figura 5). Este procedimento requer que o paciente esteja anestesiado, para que o endoscópio possa ser empurrado até ao jejuno. No entanto o comprimento examinado varia entre os 0.5 m e os 1.5 m após o piloro, o que significa que este procedimento não avalia todo o intestino delgado. É um procedimento realizado por médicos especialistas e demora 15-45 minutos.

Antes do aparecimento da cápsula endoscópica, era considerado como a ferramenta mais eficiente no diagnóstico de sangramentos do intestino delgado [Ontario2003, Gerson2005].

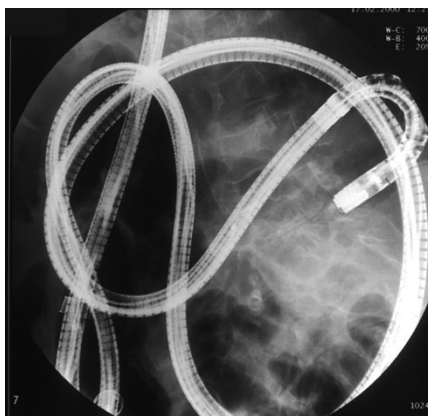


Figura 5 – Raio X de uma endoscopia de impulsão.

Endoscopia intra-operatória

A endoscopia intra-operatória envolve a introdução de um endoscópio numa incisão no meio do intestino. Por essa razão é um método invasivo com uma taxa de complicações elevada, levando a que seja um método de último recurso. Nem todos os pacientes podem ser submetidos a esta endoscopia por ser um método invasivo e de necessitar de anestesia geral. Em contrapartida este método permite a observação de todo o intestino delgado [Gerson2005, Kaiser2003, Ontario2003]

Exames radiológicos

Os exames radiológicos baseiam-se em na utilização de raios X e substâncias de contraste. No *Barium Follow-Through* (BFT) o paciente ingere o *contraste*, enquanto na *Enteroclysis* o material de contraste, que é diferente do BFT, é colocado no duodeno. Envolve exposição à radiação, é um procedimento longo e desconfortável, mas permite a visualização indirecta de todo o intestino delgado [Ontario2003].

Sonda enteroscópica

A sonda endoscópica é composta por uma longa fibra óptica com um balão na ponta e não tem qualquer capacidade de biópsia ou tratamento. São os movimentos peristálticos que fazem progredir o endoscópio, sendo o diagnóstico feito na sua retirada. Como o endoscópio não tem ponta controlável, resulta uma avaliação incompleta mesmo quando o

endoscópio chega ao fim do intestino delgado. Apesar de ser possível examinar todo o intestino delgado, o método foi abandonado por ser desconfortável para o paciente, e por ser muito demorado (6 a 8 horas), devido ao lento avanço do endoscópio [Ontario2003, Kaiser2003, Gerson2005].

Endoscopia virtual

É um método de diagnóstico que usa tecnologia 3D para permitir a visualização virtual dos órgãos de forma similar aos produzidos pelos métodos endoscópicos padrão. A tomografia computadorizada (CT) e a ressonância magnética (MRI) são exemplos de tecnologias usadas nestes exames [Ontario2003].

Enteroscopia com duplo balão

Este método foi introduzido no mercado em Novembro de 2003 e permite a completa visualização do intestino delgado. Usa um endoscópio de 2 m com um tubo exterior com 1.4 m e ambos têm um balão de látex na ponta (Figura 6). A enteroscopia com duplo balão permite a realização de biopsias e de intervenções terapêuticas. Em experiências preliminares apresenta uma boa tolerância pelos pacientes, mas necessita de uma sedação moderada similar à usada em endoscopias comuns. Em média, o enteroscópio percorre entre 1/2 e 2/3 do intestino delgado, mas usando as duas rotas (oral e anal), todo o intestino delgado pode ser examinado [Yamamoto2005, Gerson2005].

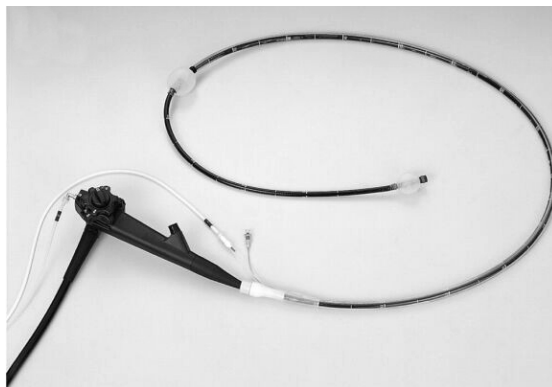


Figura 6 – Endoscópio de duplo balão.

Endoscopia por cápsula

A cápsula endoscópica surge em 2001, e permite realizar endoscopias de todo o intestino delgado sem desconforto para o paciente, sem anestesia e de um modo não invasivo [Ontario2003]. A cápsula endoscópica é um pequeno dispositivo que fotografa todo o percurso do sistema digestivo e envia as imagens por rádio frequência (Figura 7). As imagens emitidas são guardadas e no fim do exame são entregues ao médico especialista para ele as analisar [Iddan2000].

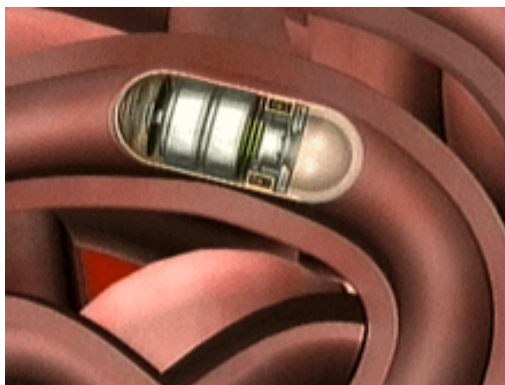


Figura 7 – Ilustração da CE no intestino delgado.

2.2. Cápsula endoscópica

2.2.1. História

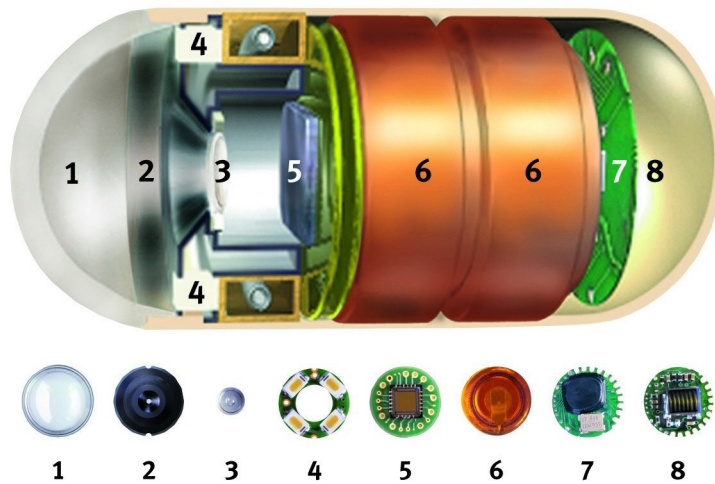
O conceito da cápsula endoscopia nasce em dois grupos independentes e sem conhecimento mútuo, um em Israel e o outro em Londres. O grupo de Londres em 1994 publicou estudos conceituais e em 1996 conseguiu a primeira transmissão do estômago de um porco. O grupo de Israel em 1997 descreve o sistema para a cápsula endoscópica com um sistema de lentes inovadoras. Um ano depois o grupo Israelita forma a empresa Given (GastroIntestinal Video ENdoscopy) Imaging Ltd, e o grupo de Londres junta-se a esta, de modo a juntar esforços para completar o desenvolvimento da cápsula. Os primeiros estudos em humanos iniciaram em Agosto de 1999, e em 2001 a cápsula endoscópica recebe a marca CE e a aprovação da FDA [Swain2002, Meron2000]. Em Julho de 2003 é aprovada pela FDA como uma das principais ferramentas de detecção de anomalias do intestino delgado [Phillip2005]. Com o recente desenvolvimento da cápsula para o esófago (PillCam ESO), a cápsula M2A (*mouth to anus*) é rebaptizada de PillCam SB (*Small Bowel*).

2.2.2. Constituição e funcionamento

A cápsula endoscópica é um pequeno dispositivo com 11mm de diâmetro, 26 mm de comprimento, pesa 3.7g, é resistente aos fluidos digestivos e não é reutilizável. A cápsula contém seis fontes de luz (LEDs de cor branca), uma lente óptica de pequena distância focal, um sensor de imagens CMOS, duas baterias de óxido de prata, na parte de trás da cápsula encontra-se o transmissor de rádio frequência e a antena na banda UHF (432 MHz) (Figura 8) [Swain2002, Iddan2000, GivenHP, Ian2004, Hara2005].

A imagem da cápsula tem um ângulo de visão de 140°, uma ampliação de 1:8, uma profundidade entre 1 e 30 mm, permitindo a detecção de objectos com um tamanho mínimo de 0.1 mm [Tuy12004, Ian2004, Waqar2004].

A cápsula capta e transmite duas imagens (256x256 pixels) por segundo. Este funcionamento intermitente permitiu minimizar o consumo energético através do funcionamento síncrono dos LED, do sensor de imagem CMOS e do transmissor ASIC [Iddan2000]. As oito antenas colocadas no abdómen recebem as imagens que são guardadas num gravador que o paciente carrega à cintura (Figura 9).



1. Cúpula óptica
2. Armação da lente
3. Lente
4. LEDs de iluminação
5. Câmara CMOS
6. Bateria
7. Transmissor ASIC
8. Antena

Figura 8 – Constituição interna da cápsula.



Figura 9 – Antenas e gravador usado em exames de CE (GIVEN).

Desde o seu aparecimento o sistema de exames de CE tem sofrido melhoramentos principalmente ao nível do software (secção 3.1) e do gravador (Tabela 1) que o paciente carrega à cintura durante o exame

Capacidades do gravador	2001 DR1	2003 DR1.5	2004 DR2
Suporte à PillCam™ SB	X	X	X
Elevada capacidade de armazenamento (> 8 horas de gravação)	X	X	X
Protecção contra remoção inadvertida dos dados	X	X	X
LED identificador da actividade da cápsula	X	X	X
Reinício automático ao conectar a bateria	X	X	X
Cartão de armazenamento amovível		X	
Amplificador de quatro saídas para download múltiplos		X	
Conexão USB2.0 (maior velocidade de download)		X	X
Suporte à PillCam™ ESO			X
Memória de melhor qualidade			X
Bateria interna de lítio removível (mais leve e de maior capacidade).			X
Download do vídeo e carregamento da bateria simultaneamente			X
Auto diagnóstico			X
LED indicador do estado actual			X
Alerta áudio			X
Antenas de fácil conexão e remoção			X
Baixo aquecimento			X
Indicador do nível da bateria e LED indicador de baixa energia			X
Gravador com gestão inteligente			X

Tabela 1 – Evolução das capacidades do gravador [GivenHP].

Em Outubro de 2005 a *Olympus* lança no mercado europeu a *EndoCapsule*. A *EndoCapsule* é uma cápsula endoscópica idêntica à da GIVEN, mas que apresenta uma imagem maior e com mais resolução (288x288 pixels, Figura 11) e tem o sistema *Real Time Viewer* (Figura 10), que permite a visualização das imagens num pequeno LCD em tempo real. Este sistema permite que o médico teste o equipamento antes do início do procedimento e permite confirmar a localização da cápsula no tracto digestivo durante o exame.



Figura 10 – Antenas, gravador e *Real Time Viewer*.



Figura 11 – Exemplo de uma imagem da *EndoCapsule*.

2.2.3. Procedimento clínico

Uma endoscopia por cápsula inicia-se com um jejum de pelo menos 8 horas para preparar o intestino delgado. Após o jejum, o médico coloca no abdómen as 8 antenas (Figura 12) e liga-as ao gravador, que o paciente tem de carregar na cintura durante o exame. Nesta fase o paciente engole a cápsula. A cápsula inicia a descida pelo tracto intestinal empurrada pelos movimentos peristálticos, tirando 2 imagens por segundo e transmitindo-as para o gravador. Durante o exame o paciente não está confinado ao ambiente hospitalar, podendo fazer a vida diária mas evitando o exercício. O paciente deve anotar qualquer sintoma na zona abdominal e ocasionalmente confirmar a recepção do sinal através LED intermitente do gravador. Duas horas após o início do exame pode beber líquidos e ao fim de 4 horas pode comer uma refeição ligeira. Sete a oito horas após o início a energia da cápsula esgota-se, o gravador indica ao paciente que o exame terminou e que pode dirigir-se à entidade clínica para remover o equipamento. A partir deste momento as imagens estão prontas a ser transferidas para o computador. O médico gastroenterologista com um software dedicado vai visualizar e interpretar as imagens, registando todos os achados importantes. No final elabora o relatório médico do exame [Caunedo2004, Tuy12004].

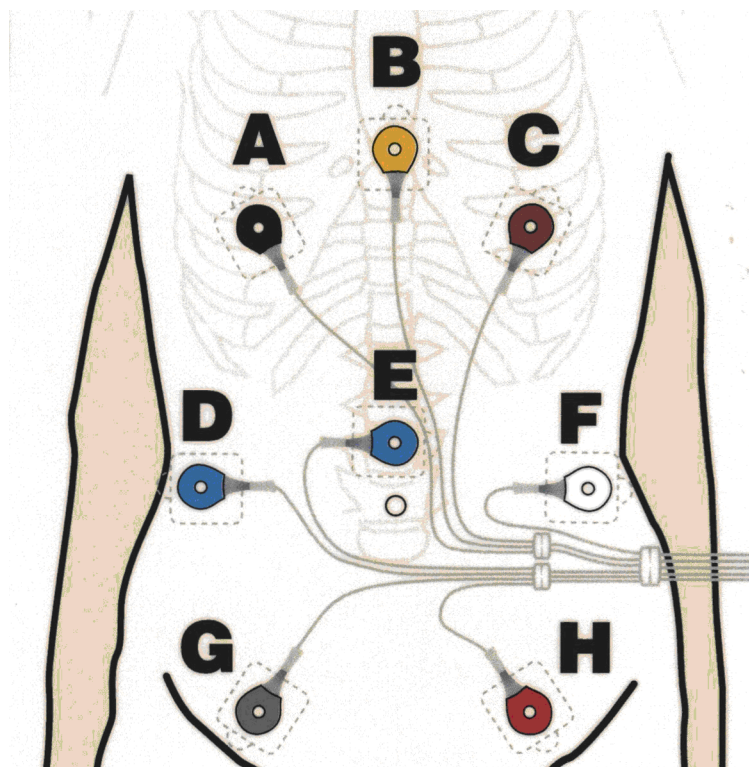


Figura 12 – Distribuição das antenas no abdómen do paciente.

Com o sistema da *Olympus* o médico verifica a localização da cápsula algum tempo depois do início do exame. Se esta já saiu do estômago o paciente fica livre para sair do ambiente hospitalar, caso contrário o médico toma medidas para que a cápsula entre para o intestino o mais rápido possível. Este procedimento permite uma maior eficiência do exame.

2.2.4. Relevância clínica da CE

A primeira indicação da cápsula endoscópica são os sangramentos gastrointestinais obscuros (OGIB). Entre 5-10% dos pacientes com sangramentos gastrointestinais (Figura 13) sofrem de OGIB, isto é, têm sangramentos que não são detectados nas endoscopias alta e baixa. A taxa de diagnóstico em enteroscopias normais é de 25-30% enquanto que a da cápsula endoscópica é significativamente melhor 50-67%. Isto leva a que seja considerado o melhor método para avaliação de sangramentos gastrointestinais com endoscopia alta e baixa negativos [Eliakim2004, Waqar2004, Mylonaki2003].



Figura 13 – Exemplo de uma imagem com sangue.

A segunda indicação é o diagnóstico em pacientes com suspeita de doença de Crohn [Eliakim2004, Herrerias2003]. A doença de Crohn é uma doença crónica inflamatória que atinge geralmente o íleon e o cólon, mas pode afectar qualquer parte do tracto gastrointestinal. A sua etiologia é ainda oficialmente desconhecida, no entanto supõe-se que seja resultado de factores genéticos, deficiências dos sistema imunitário e acção de factores ambientais. Vários estudos demonstram a superioridade da cápsula endoscópica em relação aos principais métodos de diagnóstico desta doença como o Baruim Follow-Through e a tomografia computadorizada. Na cápsula endoscópica a taxa de diagnóstico é de 43-71% enquanto que na BFT e CT é <30% [Waqar2004, Swain2005]. Além do diagnóstico a CE pode ser utilizada para a determinação da extensão da doença de Cronh [Eliakim2004, Papadakis2005].

Outras possíveis indicações ainda em estudo são: tumores gastrointestinais [Eliakim2004, Pennazio2005], vigilância de síndrome de polipose [Eliakim2004, Mata2005], doenças de origem celiaca [Culliford2005] e estudo dos efeitos de drogas do tipo NSAID (*NonSteroidal Anti-Inflammatory Drugs*), no intestino delgado [Eliakim2004, Waqar2004].

2.2.5. Limitações

Médicas

A maior contra-indicação da cápsula endoscópica é a sua retenção no intestino delgado que ocorre em cerca de 1% dos casos, e pode levar à necessidade de uma cirurgia para a sua remoção. Assim, quando se suspeita da existência de obstruções, é necessária a realização de um exame extra para diminuir a probabilidade de retenção [Gerson2005, Waqar2004, Cave2005]. Normalmente é usado um exame radiológico mas está em desenvolvimento uma cápsula que se desintegra ao fim de algum tempo, para detectar as obstruções (“*Given Patency Capsule*”) [Gerson2005, Spada2005].

A cápsula não é indicada a crianças, grávidas, pacientes com aparelhos eléctricos como pacemaker ou que necessitem de ressonâncias magnéticas [Gerson2005]. Existem no entanto, estudos preliminares que mostram que a cápsula é segura em crianças [Gerson2005] e em pacientes com pacemaker [Leighton2004].

As endoscopias por cápsula são dispendiosas, não só pelo preço das cápsulas que não são reutilizáveis, mas também pelo tempo gasto pelos médicos especialistas na análise dos exames [Swain2002].

A análise de um exame é a parte mais custosa que depende muito da experiência e concentração do examinador, assim como da complexidade e quantidade dos eventos que necessitam de ser interpretados. O médico tem de despende entre 45 minutos a 2 horas para analisar um exame [Swain2002].

Técnicas

A cápsula endoscópica apresenta desvantagens em relação a alguns métodos tradicionais:

- A CE não permite realizar biopsias ou qualquer tratamento [Gerson2005, Papadakis2005].
- A qualidade de imagem é inferior á de um endoscópio flexível e influenciada pela presença de resíduos (bílis, resíduos de comida) [Papadakis2005].
- Não produz imagens em tempo real, excepto o *Real Time Viewer* da Olympus que permite a visualização das imagens em tempo real num pequeno LCD.
- Não tem controlo de velocidade nem de direcção.
- As 6 a 8 horas de duração das baterias da cápsula não garantem a total análise do intestino delgado [Papadakis2005].
- Existe ainda a possibilidade de perda de imagens por rotação da cápsula ou por rápidas propulsões [Ontario2003, Caspari2004]
- Podem ocorrer falsos positivos devido ao recuo da cápsula, fazendo com que a lesão seja captada mais do que uma vez [Ontario2003, Caspari2004].
- Defeitos na cápsula e falhas na transmissão ocorrem ocasionalmente [Ontario2003].
- A CE não permite saber o tamanho real de uma lesão, dando apenas uma estimativa [Caspari2004].

3. Anotação, processamento e arquivo em endoscopia digestiva

3.1. Software de revisão dos exames de cápsula endoscópica

A empresa Given Imaging que fabrica as cápsulas fornece uma aplicação para a revisão de exames, o RAPID (*Reporting and Processing of Images and Data*). No início deste projecto, a comunidade médica com quem colaboramos usava o RAPID 2 (Figura 14), mas entretanto foi substituída pelo RAPID 3.

Na tabela seguinte pode-se observar a evolução do RAPID ao longo dos últimos anos.

Características do software	2001 RAPID 1.3	2002 RAPID 1.4	2003 RAPID 2	2004 RAPID 3
Suporte PillCam SB	X	X	X	X
Velocidade variável de visualização	X	X	X	X
Modelo de localização		X	X	X
Algoritmo de detecção de sangue (SBI)			X	X
Zoom das imagens			X	X
Construção de um relatório padrão			X	X
HIPAA privacy: de-identification of images			X	X
Visualização múltipla			X	X
Suporte PillCam ESO				X
Interface mais fácil de usar				X
Ecrã inteiro (Full-screen)				X
Localização melhorada				X
Barra com a cor predominante				X
HIPAA security, CFR 21 parte 11				X
Suporte para vários utilizadores (passwords)				X
Dicionário pessoal para a terminologia mais usada.				X
Marcação de lesões com círculos ou setas				X

Tabela 2 – Evolução do software RAPID da Given Imaging.

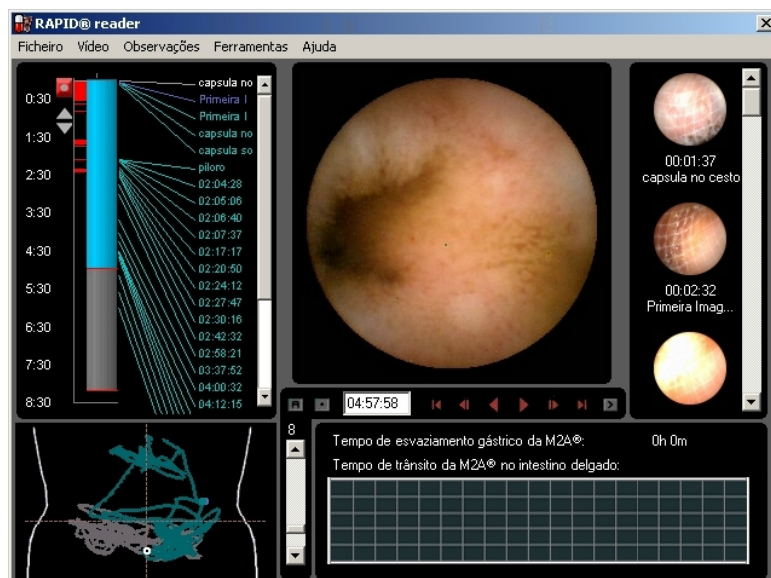


Figura 14 – RAPID 2 da Given Imaging.

O software RAPID tem algumas lacunas:

- Não tem qualquer mecanismo de gestão dos exames, isto é, o software não é capaz de mostrar quais os exames contidos no PC que ainda não têm relatório, obrigando o médico a saber exactamente quais os ficheiros que correspondem a esses exames para os poder abrir. Além disso, é necessário abrir dois ficheiros (vídeo e anotações) sempre que pretende ver um exame.
- A anotação baseia-se em texto livre, logo sempre que o médico encontra uma lesão tem de escrever o nome da lesão à mão (melhorado no RAPID 3). Além disso, cada médico tem a sua anotação que dificulta as trocas de conhecimento.
- Os relatórios produzidos não são flexíveis, isto é, não é possível modificar a estrutura do relatório para satisfazer a necessidades dos vários médicos e instituições médicas. Razão pela qual, alguns médicos usam um processador de texto comum para escrever os relatórios.
- Existe apenas um algoritmo de processamento de vídeo endoscópico (SBI) no software. A opinião geral da comunidade médica é que este algoritmo não tem fiabilidade suficiente para uma utilidade pratica [D'Halluin2005] .

O “*EndoCapsule Software*” é o software fornecido pela *Olympus* para a revisão dos seus exames (Figura 15). Este software, ao contrário do RAPID, contém um pequeno e simples gestor dos exames da estação de trabalho e uma função “*Structure Enhancement*” que realça os pequenos detalhes da imagem . Em comum estes softwares tem visão múltipla, detector de cor vermelha, velocidade de visualização variável e auto ajustável, barra com a cor predominante, criação de imagens e vídeos das anotações e construção de relatório. Segundo os médicos do Hospital Geral de Santo António, o relatório produzido por este software também não é satisfatório.



Figura 15 – EndoCapsule Software da Olympus.

3.2. *Processamento de vídeo em endoscopia*

3.2.1. Endoscopia tradicional

Nas endoscopias tradicionais, o médico visualiza e diagnostica as imagens ao mesmo tempo que realiza a endoscopia. É talvez por isso que o vídeo endoscópico não tem chamado muita atenção aos investigadores. No entanto como o cancro do sistema digestivo inferior é um dos mais fatais (2º em homens e 3º nas mulheres), existem alguns estudos de visão por computador que usam imagens de colonoscopias, para a detecção de tumores e pólipos. Nestes estudos a classificação das imagens é feita através da análise das características de cor e textura das imagens. Segundo estes estudos a taxa de reconhecimento foi aceitável e é promissora, mas necessitando ainda de mais desenvolvimento. [Stavros2003, Tjoa2003, Plagianakos2001, Karkanis2000].

Outras investigações evoluem no sentido de segmentar imagens de modo a isolar a região de interesse. Uma das actuais regiões de interesse é o lúmen que é a maior zona escura e homogénea de uma imagem de endoscopia. A detecção do lúmen permite extrair parâmetros importantes usados em algoritmos de inteligência artificial. Um exemplo é determinação do centro e da fronteira permitindo conhecer a orientação do tracto digestivo possibilitando futuramente a orientação de sistemas robóticos autónomos [Krishnan2003, Wang2002, Asari2000].

O processamento de vídeo endoscópico pode ser também um meio de gerar de forma automática um conjunto de medidas de forma a avaliar a qualidade da endoscopia assim como a do especialista que realizou a endoscopia [Hwang2005].

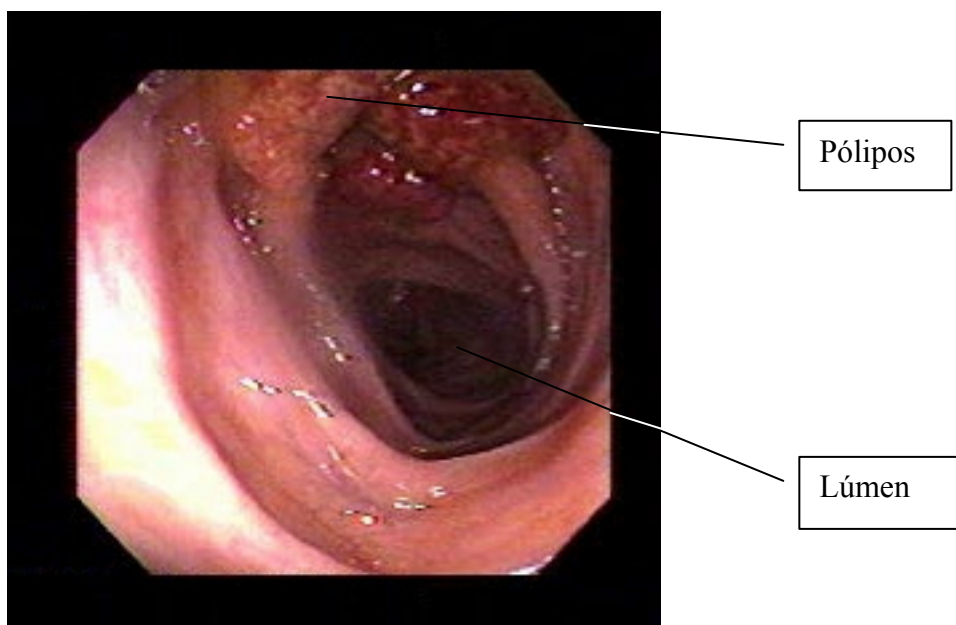


Figura 16 – Imagem de uma endoscopia tradicional (colonoscopia).

3.2.2. Endoscopia por cápsula

Com o aparecimento da cápsula endoscópica, o interesse em processamento de vídeo endoscópico aumenta, principalmente com o objectivo de diminuir o tempo de revisão dos exames de cápsula [Coimbra2006, Kuncheva2005].

Uma forma de ajudar o médico no diagnóstico é através de detectores de eventos, isto é, algoritmos que detectem os vários tipos de lesões do intestino delgado. Estes algoritmos podem ser muito úteis quando o examinador desconfia de uma lesão ou quando quer avaliar a evolução das lesões nos pacientes. Actualmente existe apenas um detector implementado no software RAPID da Given, o SBI (*Suspected Blood Indicator*), que reconhece variações na cor sugestivas de sangue [Liangpunsakul2003]. Na opinião geral da comunidade médica este algoritmo não tem fiabilidade suficiente para uma utilidade prática, tem uma sensibilidade de cerca 60.9 % para sangue vivo e 25,8% para lesões vermelhas sem sangramento [Signorelli2005].

Existem trabalhos com diferentes abordagens com o objectivo de diminuir o tempo de revisão de exames de cápsula endoscópica. Uma abordagem consiste na determinação dos episódios das contracções intestinais, que são as áreas de interesse para o médico examinador. Estas áreas constituem cerca de cerca de 1% do vídeo e fazem com que seja apenas necessário a análise de uma fracção das imagens do vídeo. Além disso, o número de contracções intestinais e a sua distribuição ao longo do tracto intestinal caracterizam padrões de mobilidade que indicam da presença de anomalias [Kuncheva2005, Vilariño2005]. Em [Kuncheva2005] para detectar as contracções são usadas curvas ROC (*receiving operating characteristic*) com um conjunto de métodos de classificação: *linear discriminant classifier*, *quadratic discriminant classifier*, *logistic classifier*, *nearest neighbor*, *decision trees*, e *Parzen classifier*. Estes métodos usam 34 características de baixo nível de 9 imagens consecutivas. Em [Spyridonos2005] os autores introduzem um algoritmo de duas etapas baseado em *Support Vector Machines*, e usam características de

imagem que incluem estatísticas de 1ª e 2ª ordem, *Local Binary Pattern histograms*, e características morfologias do mucosa.

Em [Boulougoura2004] os autores descrevem um sistema para discriminação entre imagens com mucosa normal e anormal. As imagens são decompostas num vector de 54 características que incorporam medias estatísticas e histogramas de cor de seis canais (R,G,B,H,S,V). Para a classificação das imagens são usados esquemas avançados de redes neurais. Os autores apresentam um taxa de 100% na detecção, mas este resultado foi apenas avaliado em 71 imagens (33 normais e 38 anormais), divididas em dois grupos: treino (23 normais e 25 anormais) e teste.

Em [Szczyplinski2004] tentam localizar as áreas gastrointestinais que podem estar afectadas pela doença de Crohn. Neste trabalho é usado o *deformable ring model* para localizar as áreas onde a cápsula pára ou onde se move lentamente. Segundo alguns investigadores este comportamento pode significar a presença da doença de Crohn. Este modelo tenta determinar o movimento através da superfície do tracto digestivo, por comparação com as imagens adjacentes.

Outra abordagem consiste na divisão do vídeo da cápsula em 4 partes (Figura 17): entrada (desde que a cápsula começa a tirar imagens até entrar no estômago), estômago, intestino delgado e intestino grosso. Esta divisão permite estimar o tempo de transito gástrico e intestinal, que é um dado clínico relevante [Appleyard2001]. Segundo os médicos especialistas do hospital de Hospital General de Santo António, responsável por mais de 100 exames por ano, esta tarefa pode demorar cerca de 15 minutos [Coimbra2005, Berens2005].

Entrada	Estômago	Intestino delgado	Intestino grosso
	Junção esogastrica	Piloro	Válvula ileo-cecal

Figura 17 – Divisão do tracto digestivo em 4 partes.

Os investigadores de [Berens2005] tentam a divisão do intestino delgado usando histogramas de saturação cromática, comprimidos por uma transformação híbrida que incorpora *Discrete Cosine Transform* e *Principal Component Analysis*. A classificação é realizada por *k-nearest neighbour* e *Support Vector Classifier*. Em [Mackiewicz2006] os autores dividem as imagens em sub-imagens rejeitando as que não apresentam boa visibilidade da mucosa. O vector de características é construído por combinação de informação de cor e textura da imagem inteira e sub-imagens. As características de cor mantém-se as mesmas e são acrescentados características derivadas de *Local Binary Patterns* que incorporam informação de cor e textura. A divisão do vídeo é feita por uma *Hidden Markov Model* que usa *Support Vector Classifier* ou *Multivariate Gaussian Classifiers*.

O nosso grupo de investigação apresentou trabalhos cuja abordagem consiste também na divisão do vídeo em 4 partes. São usados descritores visuais MPEG-7 [Chang2001] com como características de baixo nível das imagens. Os descritores visuais escolhidos foram os *Scalable Color* e *Homogenous Texture* que são os mais adequados para a detecção de eventos em cápsula endoscópica [Cunha2006]. Em [Coimbra2005] são usados classificadores Bayesianos e em [Coimbra2006] são usados *Support Vector Machines* com

diferentes kernels (*linear, polynomial, radial-base functions, sigmoid*) na classificação das imagens. A cada imagem é atribuída uma localização topográfica e no final é usado um modelo que ajusta as marcas topográficas de modo que o erro seja mínimo (Figura 18).

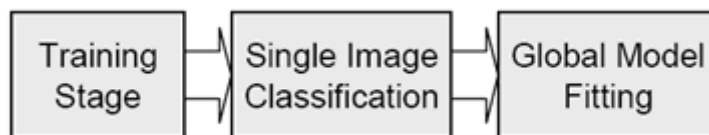


Figura 18 – Sistema de segmentação topográfica [Coimbra2006].

Mais recentemente foi submetida mais uma evolução estudos anteriores, através do acrescento de informação espacial e de posição temporal [Coimbra2006-2].

Uma das tarefas de visão por computador é o reconhecimento de padrões, e uma forma muito comum de realizar esta tarefa, é a utilização de algoritmos e técnicas que permitem que os computadores aprendam com dados conhecidos à priori (exemplo: *Support Vector Machines*, redes neuronais, etc.). Estes dados que permitem treinar a máquina de aprendizagem, tem de ser um conjunto representativo da região de interesse. Isto significa, que para o processamento de vídeo endoscópico são necessários dados (imagens/vídeos) anotados em número suficiente para a sua utilização em algoritmos deste tipo. Razão pela qual se torna necessário a criação de uma base de dados de exames e eventos anotados com o máximo de informação, de modo que seja possível retirar dados suficientes e representativos do problema a que se pretende aplicar os algoritmos de visão por computador. Este foi assim um dos objectivos deste nosso trabalho.

Para melhor justificar a importância e necessidade deste nosso desenvolvimento, apresentamos de seguida os fundamentos duma das técnicas de visão por computador usadas pelo nosso grupo.

3.2.3. Suport Vector Machines (SVM)

Support Vector Machines é uma máquina de aprendizagem tipicamente utilizada em problemas de classificação [Burgess1998]. As SVM baseiam-se na teoria da aprendizagem estatística desenvolvida por Vapnik, utilizando o princípio indutivo de minimização do risco estrutural [Vapnik1998]. O processo de aprendizagem é do tipo supervisionado, em que os dados de treino juntamente com as saídas correspondentes são apresentadas à máquina de forma que os seus parâmetros sejam ajustados.

Este método é um dos principais classificadores de imagens utilizado pelo nosso grupo de investigação, como referido na secção anterior.

Formulação teórica

Seja o conjunto de treino $\{X_i, y_i\}_{i=1}^N$, com cada vector de entrada $X_i \in \mathfrak{R}^n$ e saída binária correspondente $y_i \in \{-1, +1\}$. Dado um vector de entrada x , a saída da SVM é dada por $f(x)$. A SVM constrói um hiperplano óptimo ($f(x) = 0$) para separar os vectores da classe -1 dos da classe +1. Este hiperplano é construído de modo a maximizar a margem de separação entre as duas classes (Figura 19). Caso o espaço de entrada, tenha dimensão

2, a superfície de separação é uma recta. Caso este espaço seja de ordem n , a superfície é um hiperplano de $(n-1)$ dimensões.

A superfície de decisão $f(x) = 0$ criada pela SVM é representada por

$$\omega^T x + b = 0 \quad (1)$$

onde $\omega \in \mathfrak{R}^n$ é o vector de pesos, b é o termo de polarização.

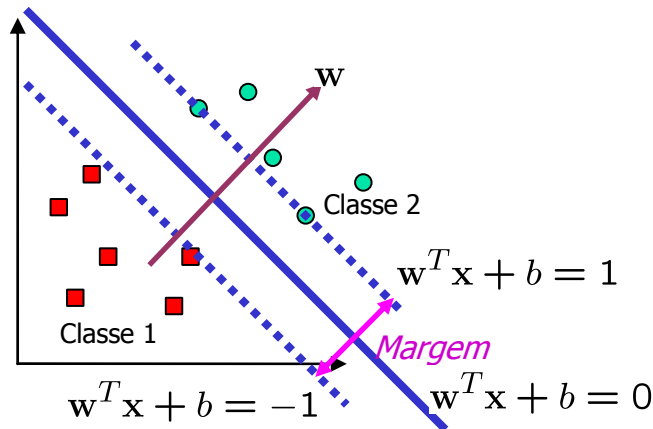


Figura 19 – SVM de margem rígida.

A classificação de cada padrão de treino é dada em relação à sua proximidade em relação às margens, quer à positiva $\omega^T x + b = +1$ quer à negativa $\omega^T x + b = -1$, de acordo com a sua classe. O padrão i é considerado correctamente classificado se ele se encontra fora da margem de separação da sua classe, ou seja, quando

$$\begin{cases} \omega^T x + b \geq +1 & \text{se } y_i = +1 \\ \omega^T x + b \leq -1 & \text{se } y_i = -1 \end{cases} \quad (2)$$

O processo de treino de uma SVM consiste na obtenção de valores para os pesos w e para o termo de polarização b , de forma a minimizar uma certa função de custo $J_p(\omega, b)$. Este será mais preciso se pudermos usar um grande numero de exemplos de treino.

Nem sempre é possível encontrar w e b de modo que exista uma região do espaço sem exemplos de treino. Isso deve-se ao facto dos conjuntos de dados não serem linearmente separáveis e/ou devido a existência de ruído nos dados. Para impedir esta situação, que leva a uma perda na capacidade de generalização da máquina, a SVM utiliza variáveis de relaxamento $\xi \geq 0$ associadas a cada vector de treino x , possibilitando aceitar como correctos exemplos situados ligeiramente fora da região da sua classe, impedindo que eles desviem a superfície de separação $f(x) = 0$ (Figura 20). As variáveis de relaxamento são automaticamente obtidas durante o processo de treino da SVM [Cortes1995].

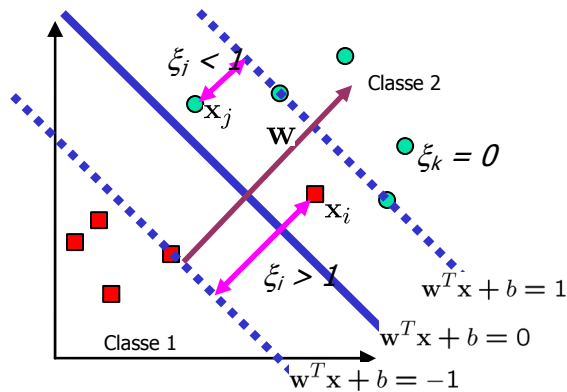


Figura 20 – SVM de margem suave.

Caso o vector de treino esteja entre as duas margens, a variável de relaxamento correspondente deste vector é diferente de zero, como é observado pela Figura 20. As variáveis de relaxamento indicam a distância do vector de treino à margem correspondente da sua classe, seja ela positiva ou negativa. Com estas variáveis, a classificação correcta do padrão x_i ocorre quando:

$$\begin{cases} \omega^T x + b \geq +1 - \xi_i & \text{se } y_i = +1 \\ \omega^T x + b \leq -1 + \xi_i & \text{se } y_i = -1 \end{cases} \quad (3)$$

Em muitos casos não é possível dividir os dados de treino através de uma função linear (1), mesmo usando variáveis de relaxamento. A solução é usar uma função ϕ que faça o mapeamento dos dados da entrada para um espaço dimensional superior (chamado de espaço de características) de modo a transformar os dados não linearmente separáveis da entrada em dados linearmente separáveis (Figura 21) [Scholkopf1999].

Mas usar uma função mapeadora num espaço dimensional muito elevado torna difícil a sua utilização devido à grande necessidade de cálculo. A substituição da função mapeadora $\phi(\cdot)$ por uma função *kernel*, permite resolver o problema.

As funções *kernel* obedecem ao Teorema de Mercer $K(x_i, x_j) = K(x_j, x_i) = \phi(x_i)^T \phi(x_j)$ [Mercer1909], e realizam um produto no próprio espaço de entrada [Scholkopf1999], ao invés de se fazer no espaço de características, que possui dimensão elevada.

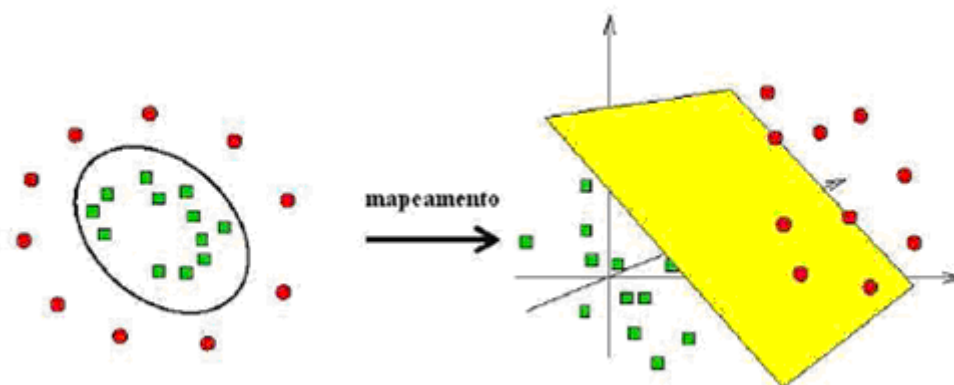


Figura 21 – Mapeamento de um espaço 2D para 3D.

Intuitivamente a função *kernel* deve representar a noção desejada de similaridade entre dados x e y , que nem sempre é possível conhecer. Assim aparentemente parece preocupante a escolha da função *kernel*, mas Scholkopf [Scholkopf1995] publicou resultados que mostram que qualquer SVM independentemente da escolha da função *kernel* tende para calcular aproximadamente o mesmo conjunto de vectores de suporte.

Na tabela seguinte são apresentados algumas funções *kernel* mais usadas.

Kernel	Expressão	Parâmetros	
Lin:	$K(x, y) = x \cdot y + 1$		(4)
Poly:	$K(x, y) = (x \cdot y + 1)^p$	a, b	(5)
Rbf:	$K(x, y) = e^{-\ x-y\ ^2 / 2\sigma^2}$	σ^2	(6)
Sig:	$K(x, y) = \tanh(kx \cdot y - \delta)$	k, δ	(7)

Os dados fornecidos a uma máquina de aprendizagem como as SVM devem ter a menor dimensão possível para diminuir a necessidade de cálculo, por isso, precisamos de reduzir a dimensão das imagens a algumas características visuais como, cor, textura, etc., algo já bem estudado no MPEG-7.

3.2.4. Descritores visuais MPEG-7

O MPEG-7 é um standard ISO/IEC (*International Standard Organization/International Electrotechnical Commission*) desenvolvido pelo comité MPEG (Moving Picture Experts Group), o qual também desenvolveu com sucesso os standards conhecidos como MPEG-1, MPEG-2, e o MPEG-4 que focavam a codificação e representação dos conteúdos audiovisuais. No entanto o MPEG-7 foca-se na descrição das características dos conteúdos multimédia [Chang2001] para que os utilizadores possam pesquisar e recuperar estes conteúdos, de forma similar ao que ocorre nos mecanismos de busca na World Wide Web. Isto é conseguido, usando descritores que definem a sintaxe e a semântica das características audiovisuais, providenciando diferentes níveis de abstracção. A forma, cor, textura, movimento da camara para imagens, energia e timbre para áudio são alguns dos descritores abstractos de baixo nível. Nos altos níveis de abstracção encontra-se eventos, conceitos abstractos, classes de conteúdos, etc.

O standard MPEG7 define especificamente uma série de descritores visuais que podem ser usados para classificação do conteúdo de imagens vídeo. Actualmente estes descritores são tipicamente usados em indexação de vídeo onde se tenta fazer corresponder os descritores de uma imagem chave com os descritores de uma base de dados. A nossa situação tem semelhanças: temos uma base de dados com sequências de vídeos anotada manualmente, obtidas de exames de CE e queremos anotar automaticamente novos exames. Um caminho possível é tentar decidir a natureza de uma imagem (exemplo normal, sangue, ulcera) por comparação com exames anotados usando descritores MPEG7. Para esta decisão os algoritmos necessitam de grandes quantidades de dados pré-validados. Estatisticamente quanto mais dados, melhor são os resultados.

Descritores visuais do MPEG-7

A. Descritores de cor

A cor foi estudada extensivamente como uma característica visual para a pesquisa de imagens durante a última década [Manjunath2001]. Além do espaço RGB, o espaço HSV (hue, saturation, brightness), YCrCb (luminance, red chrominance, blue chrominance) e o espaço HMMD (hue, max, min, difference) são usados [VisualMPEG-7].

Cores dominantes (DC - Dominant color) – Este descritor consiste nas cores representativas, suas percentagens na região, coerência espacial das cores dominantes, e nas variações da cor para cada cor dominante.

Escalabilidade da Cor (SC - Scalable color) – É um histograma de cor. O espaço de cor usado é o HSV com uma quantização uniforme do espaço de cor para 256 valores. Isto inclui 16 níveis em H, 4 níveis em S e 4 níveis na compressão de V.

Estrutura da cor (CS - Color structure) – Este descritor expressa a estrutura da cor local de uma imagem usando uma estrutura de 8x8 elementos. Conta o número de vezes que uma cor particular está contida na estrutura durante o deslocamento dessa estrutura ao longo da imagem. O espaço de cor HMMD é usado neste descritor. É possível um número variável de cores: 184, 120, 64 e 32.

Composição da cor (CL - Color layout) – Este descritor é projectado para captar a distribuição espacial da cor de uma imagem ou uma região. O CL é um descritor compacto que usa cores representativas em grelha seguida por uma transformada discreta cosseno (DCT) e uma codificação dos coeficientes gerados. Uma imagem de entrada é dividida em 64 blocos e as suas cores médias são calculadas. Estas cores são transformadas numa série de coeficientes pela DCT. Alguns coeficientes de baixa frequência são seleccionados e quantizados para formar um sub descritor CL para a cor fundamental. O espaço de cor adoptado neste descritor é o YCrCb.

B. Descritores de textura

Textura é outra característica visual que pode ser usada como descritor.

Homogeneidade de textura (HT - Homogeneous texture) – O descritor HT providencia uma caracterização quantitativa da textura. Este descritor é calculado primeiro por uma filtragem da imagem por um banco de filtros sensíveis à orientação e depois é calculada a média e variância na saída dos filtros no domínio da frequência. O espaço da frequência é dividido num conjunto de canais, e é calculada a energia da textura e sua variância assim como para cada um dos canais.

Histograma das arestas (LEH - Local edge histogram) – Este descritor providencia a distribuição espacial das arestas. A imagem de entrada é dividida em 4x4 sub imagens onde são calculados os respectivos histogramas de arestas locais. As arestas são normalmente agrupadas em cinco categorias: vertical, horizontal, 45 diagonal, diagonal 135, e isotrópicas. Assim cada histograma local tem 5 valores correspondentes às 5 categorias anteriores e como a imagem está dividida em 16 sub imagens resulta um descritor com 80 valores.

C. *Descritores de forma*

Apesar da forma ser importante no reconhecimento de objectos, requer tipicamente uma etapa precedente de segmentação. O MPEG7 define um descritor RBS (Region-Based Shape) que evita a utilização desta etapa.

Forma baseada na região (RBS - Region-Based Shape) – O descritor RBS pertence à larga classe das técnicas de análise baseadas em momentos. Um conjunto de funções ART (angular radial transformation) base estão definidas para classificar a forma ao longo de varias direcções angulares e radiais. O descritor RBS tem 35 coeficientes.

3.3. **Base de dados em endoscopia digestiva**

Em investigação de visão por computador, são necessários numerosos dados para estudo e para teste, como pudemos ver do exemplo da utilização de técnicas de SVM em descritores MPEG-7 abordado na secção anterior. Isto faz com que sejam necessários vídeos em número considerável para o desenvolvimento de algoritmos de processamento de vídeo endoscópico, principalmente em algoritmos que requerem aprendizagem como as redes neuronais ou as *support vector machines* (SVM). Para além disso, convém que estes vídeo correspondam a exames inteiros e não apenas a secções de alguns segundos com eventos para permitir o desenvolvimento de algoritmos de análise capazes de abordar os exames reais de várias horas.

Actualmente não existe uma base de dados on-line de endoscopia que possa ser utilizada para este propósito. Pesquisas efectuadas mostram a existência de atlas ou bibliotecas de imagens e vídeos de endoscopias. Em todos os sítios encontrados o acesso as imagens e vídeos é feito através de menus e links orientados ao tipo de lesão, efectuando-se a sua localização sem mecanismos de pesquisa (Tabela 3). Isto implica que estes sítios contêm pouca quantidade de informação, o que traduz que são orientados ao estudo clínico e não ao estudo científico (estatístico, visão por computador) quer em endoscopia tradicional, quer por cápsula endoscópica. Nenhum dos atlas encontrados possuem exames completos mas sim apenas exemplos de alguns segundos de vídeo de diferentes tipos de eventos.

O maior site com vídeo de endoscopias tradicionais contém 1745 vídeos distribuídos por 56 menus diferentes (www.gastrointestinalatlas.com). Os atlas dedicados a cápsula endoscópica contem cerca de 300 vídeos (www.givenimaging.com, www.capsuleendoscopy.org).

	Tipo endoscopia	Imagem	Vídeo	Quantidade de vídeos
http://www.gastrointestinalatlas.com/	Tradicional	X	X	1745
http://www.murrasaca.com/	Tradicional	X		
http://www.endoskopischer-atlas.de/indexe.htm	Tradicional (incluí Raio-X)	X		
http://www.giatlas.com/	Tradicional	X		
http://www.gastrolab.net/welcome.htm	Tradicional	X	X	≈ 200
http://www.endoatlas.com/atlas_1.html	Tradicional + Cápsula	X		
http://www.gastrosource.com	Tradicional	X	X	≈ 80

(Jaramillo Endoscopy Atlas)				
http://www.givenimaging.com/	Cápsula	X	X	≈ 300
http://www.capsuleendoscopy.org	Cápsula	X	X	≈ 300

Tabela 3 – Sítios da Internet com imagens e vídeos de endoscopia.

3.4. **Motivação para o trabalho**

Um dos problemas dos exames por cápsula é o tempo que o médico tem de despende entre o início da análise do vídeo até à conclusão do relatório. Este tempo é gasto na visualização, interpretação, anotação das imagens e na construção do relatório.

O software RAPID (software do construtor das cápsulas) tem algumas lacunas, sendo por isso necessário um software que corrija essas falhas de modo a aumentar a eficiência do médico:

- Melhor gestão dos exames contidos no PC.
- Melhor anotação.
- Criação de relatórios flexíveis.
- Mais e melhor processamento de vídeo endoscópico.

Sendo o RAPID a ferramenta mais usada e que possui apenas um algoritmo de processamento de vídeo (SBI), cuja opinião geral da comunidade médica não tem fiabilidade suficiente, mostra que é uma área pouco desenvolvida com necessidades urgentes de investigação.

O objectivo deste trabalho é tentar diminuir o tempo de revisão dos exames com abordagens nas três vertentes: processamento de vídeo, melhor anotação e construção automática e flexível do relatório.

Para o desenvolvimento de algoritmos de processamento de vídeo necessitamos de o maior número possível de dados anotados, como explicado em 3.3, o que será possível através do desenvolvimento duma base de dados multimédia de exames de cápsula endoscópica anotados por especialistas.

4. CapView: software de revisão de exames de cápsula endoscópica

O projecto CapView.org nasceu em 2003 no grupo SIAS (Sistemas de Informação na Área da Saúde) do IEETA com o objectivo de procurar soluções para o problema atrás exposto, isto é, tentar diminuir o tempo de revisão dos exames de cápsula endoscópica principalmente através da investigação científica e da criação de um novo software de revisão de exames (Figura 22).

A investigação em visão por computador, é uma área que pode ajudar a solucionar o problema, mas a criação de algoritmos de processamento de vídeo é uma tarefa complexa e demorada, fazendo com que o processamento de vídeo endoscópico seja uma área pouco desenvolvida. Devido a este facto, torna-se necessário a colaboração das comunidades científicas da área, razão pela qual é fundamental incentivar estes investigadores e possibilitar-lhes acesso aos dados necessários à investigação. Assim a construção de uma base de dados (de nome IEETA-CapDB) com exames e eventos anotados é essencial.

Com o software de revisão de exames de CE CapView, pretende-se disponibilizar um software alternativo ao dos fabricantes das cápsulas, que melhore a eficiência do médico, que seja a plataforma de integração de todas as ferramentas desenvolvidas e que permita o enriquecimento da base de dados IEETA-CapDB. Esta base de dados será um dos principais pilares de apoio à investigação clínica e de visão por computador.

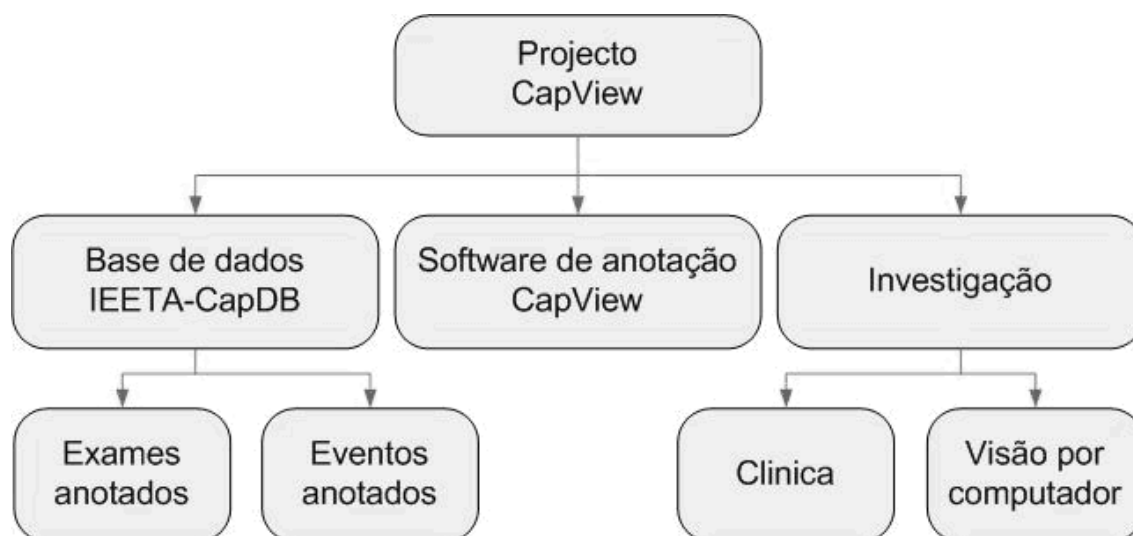


Figura 22 – Diagrama geral do projecto CapView.org.

4.1. Linguagem de anotação

A criação de uma linguagem de anotação para exames de CE é essencial para a criação da base de dados, mas também para uma anotação mais rápida do exame. A substituição de campos de texto livre por listas organizada das lesões e diagnósticos mais frequentes em endoscopia, permite a eliminação do tempo de escrita destes campos.

Permite ainda uniformizar a linguagem entre médicos, isto é, não permite o uso de termos diferentes para descrever a mesma coisa (exemplo: sangue, sangramento, hemorragia, ...). Na base de dados seria pouco eficiente pesquisar sobre texto livre. Um exemplo é uma procura de casos de sangue, que implicaria a procura por todos os termos em todas as línguas (pt: sangue, es: sangre, fr: sang, it: anima, de: blut, ...). Além disso pode devolver resultados errados como o caso de uma anotação “não é sangue”, que contém a palavra-chave mas que significa exactamente o contrário.

A uniformização da linguagem também traz benefícios ao nível da legibilidade do relatório, de médico para médico, porque evita aspectos subjectivos como “parece ter algum sangue” que pode ter diferentes interpretações.

A primeira linguagem de anotação criada no âmbito deste trabalho (versão 1.0), é uma linguagem simples que rapidamente foi adaptada pelos médicos, indicando que se tratava de uma boa opção para a anotação de exames de cápsula. Este sucesso, aliado ao facto de que um exame ter mais informação passível de padronização para além do definido nesta versão, e a necessidade de uma base de dados de exames e eventos anotados com o máximo de informação possível levaram à extensão da linguagem de anotação. Esta evolução (versão 1.1) permite por isso uma anotação mais completa dos exames de cápsula endoscópica.

4.1.1. Linguagem de anotação versão 1.0

A construção desta linguagem resultou da colaboração com médicos gastroenterologistas¹ e baseia-se na *Minimal Standard Terminology* (MST). A MST define uma lista de termos mínimos que devem ser incluídos em qualquer sistema informático de registo de resultados de exames de endoscopia digestiva, e o seu cujo objectivo é promover uma terminologia padronizada para mais facilmente elaborar os relatórios de endoscopia [Delvaux2000].

A linguagem de anotação criada, define uma terminologia padrão para os dois parâmetros mais importantes de um exame de cápsula endoscópica: terminologia para anotação dos eventos e do diagnóstico de um exame. Na anotação de um evento, os termos que descrevem as lesões ou algum achado importante, estão agrupados em títulos (Localização, Lúmen, Conteúdo, Alterações difusas da mucosa, Lesões planas, Lesões exofíticas, Lesões escavadas, Outros) para uma melhor e mais rápida anotação. Ver tabelas abaixo.

Anotação de eventos			
Título	Termo	Título	Termo
Localização	Junção esogástrica	Lesões planas	Mancha
	Estômago		Placa
	Piloro		Ectasia vascular
	Bolbo duodenal	Lesões exofíticas	Pólipo
	Papila		Nódulo
	D II		Tumor
	Jejuno		Estrutura venosa
	Ileon	Lesões escavadas	Afta
	Válvula ileocecal		Erosão
	Cego		Úlcera

¹ Hospital Santo António, Porto e Clínica ManoPH, Porto

Lúmen	Estenose	Outros	Cicatriz
	Dilatação		Divertículo
	Cicatriz		Normal
Conteúdo	Sangue		Outros
	Bile		
	Parasitas		
	Comida		
	Corpo Estranho		
Alterações difusas da mucosa	Eritema		
	Amarelada		
	Pálida		
	Edematosa		
	Granular		
	Nodular		
	Pregas anormais		
	Atrofia		
	Vilosidades anormais		

Tabela 4 – Terminologia de anotação dos evento.

Diagnósticos	
Normal	Hemobila
Enteropatia erosiva	Flebectasia
Enteropatia eritematosa	Varizes
Enteropatia edematosa	Linfangiectasia intestinal
Enteropatia hemorrágica	Enterite radica
Úlcera	Doença linfoproliferativa após transplante
Ectasia vascular	Reacção de rejeição de transplante
Tumor benigno	Vasculite
Tumor maligno	Sarcoma de Kaposi
Hemorragia de origem desconhecida	Lipoma
Doença celíaca	Polipose juvenil
Doença de Crohn	Polipose adenomatosa familiar
Diverticulo	Síndrome de Peuz – Jeghers
Parasita	Enteropatia de AINES
Pólipo	Tumor neuroendócrino
Linfoma	Tumor do Estroma (GIST)
Hiperplasia das glândulas de Brunner	Xantelasma
Sprue tropical	Melanoma
Dieulafloy	Outro

Tabela 5 – Terminologia de anotação do diagnóstico

Esta linguagem de anotação é usada na primeira aplicação desenvolvida, o CapView 1.0. As restantes aplicações/base de dados usam a versão melhorada apresentada a seguir.

4.1.2. Linguagem de anotação versão 1.1

Esta extensão permite anotar mais detalhadamente o diagnóstico e os eventos de um exame, mas também acrescenta anotações padrão para as indicações, complicações e outras características do exame.

A linguagem apresentada baseia-se na CEST (*Capsule Endoscopy Structured Terminology*) [Korman2005] e na MST (Minimal Standard Terminology) [Delvaux2000]. A CEST tenta definir uma lista de conceitos que representem as observações obtidas em exames de cápsula endoscópica, de modo a facilitar o desenvolvimento de relatórios mais uniformes, tornar a aprendizagem mais fácil e para permitir a construção de base de dados extensas. O desenvolvimento da terminologia CEST baseou-se na terminologia MST, permitindo uma quase total compatibilidade com a linguagem de anotação definida anteriormente.

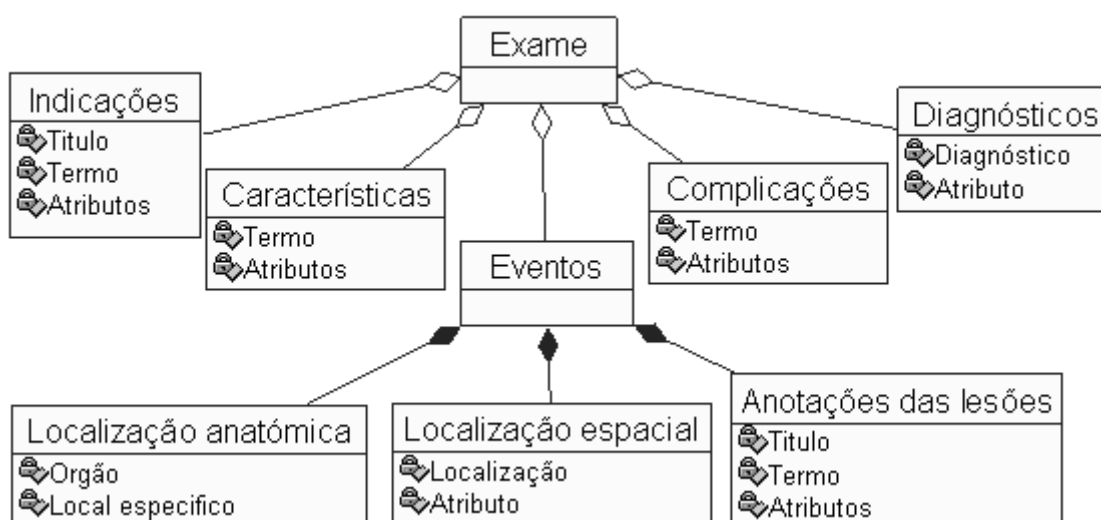


Figura 23 – Estruturas definidas na linguagem de anotação versão 1.1.

Estrutura	Descrição
Indicações	Razão(s) pela qual o paciente foi fazer o exame.
Características	Características do exame: Técnica e qualidade da preparação do tracto digestivo, qualidade da visualização, extensão da visualização, mau funcionamento do equipamento.
Complicações	Complicações que ocorreram durante o exame.
Diagnósticos	Diagnóstico do exame.
Localização anatómica	Localização do evento no tracto digestivo. Ex. esófago, estômago, piloro, etc.
Localização espacial	Localização que indica a posição relativamente ao abdómen. Ex. quadrante superior esquerdo, zona umbilical, etc.
Anotações das lesões	Classificação da lesão encontrada. Ex. lesão escavada: úlcera, conteúdo: sangue, etc.

Tabela 6 – Descrição das estruturas da linguagem de anotação 1.1

Uma descrição mais detalhada da anotação pode ser encontrada na secção 3.1 do anexo “Linguagem de anotação”.

4.2. CapView 1.0

Quanto melhor o software de revisão de exames de CE maior será a eficiência do médico. O *RAPID 2* apresenta algumas lacunas que diminuem a eficiência do médico gastroenterologista, por essa razão é necessário um novo software de revisão. Este novo software deve conter as principais funcionalidades do *RAPID*, incluir um gestor de exames, permitir uma anotação melhor e mais rápida, criar relatórios flexíveis baseado em modelos com o mínimo de intervenção do médico e aumentar o processamento de vídeo endoscópico. O CapView deve ser também a plataforma de apoio ao desenvolvimento e teste de novos algoritmos de processamento de vídeo endoscópico.

4.2.1. Requisitos

A análise de requisitos do CapView foi efectuada seguindo uma metodologia chamada SLIM [Oliveira2004] interna ao nosso grupo de investigação e que é fortemente baseada na RUP (*Rational Unified Process*) [RUP] e na Agile programming [Longman2002], usando a UML (*Unified Modeling Language*) [UML06] como linguagem de modelação.

Ref.	Requisitos funcionais
R1.1	Reprodução de vídeo: imagem anterior, reverse, pause, play e imagem seguinte. A reprodução de vídeo deve ter modos de velocidade: Manual (número de imagens por segundo fixo) e Automático (número de imagens por segundo variável, dependendo das similaridade das imagens reproduzidas).
R1.2	Exportar imagens e pequenas sequências de vídeo
R2	Anotar eventos com a terminologia definida. Em cada anotação deverá ser possível indicar se é para incluir no relatório ou se é para exportar o vídeo evento. Se a opção inserir no relatório é seleccionada então o vídeo evento tem de ser obrigatoriamente criado.
R3.1	Gerir a informação sobre o exame: data do exame, indicações, descrição, diagnóstico e recomendações.
R3.2	Gerir a informação sobre o paciente: Nome, data de nascimento, número identificador de paciente, sexo, altura, cintura e peso.
R3.3	Importar informação dos ficheiros do RAPID
R4	Gestor de exames (<i>'chooser'</i>), que mostra todos os exames existentes numa directoria e subdirectorias. Para cada exame deve indicar se existe vídeo, se existe relatório, nome do paciente, data do exame, indicação e diagnóstico. Este gestor deve permitir abrir o exame seleccionado, e caso exista relatório deve permitir também a sua abertura directa no editor de texto.
R5	Construir relatório.
R6	Deve permitir incluir algoritmos de processamento de vídeo.

Tabela 7 – Requisitos do software CapView

4.2.2. Caso de utilização – Visão geral do CapView

Do levantamento dos requisitos efectuado, foram identificados dez casos de utilização apresentados na Figura 24 e descritos na Tabela 8.

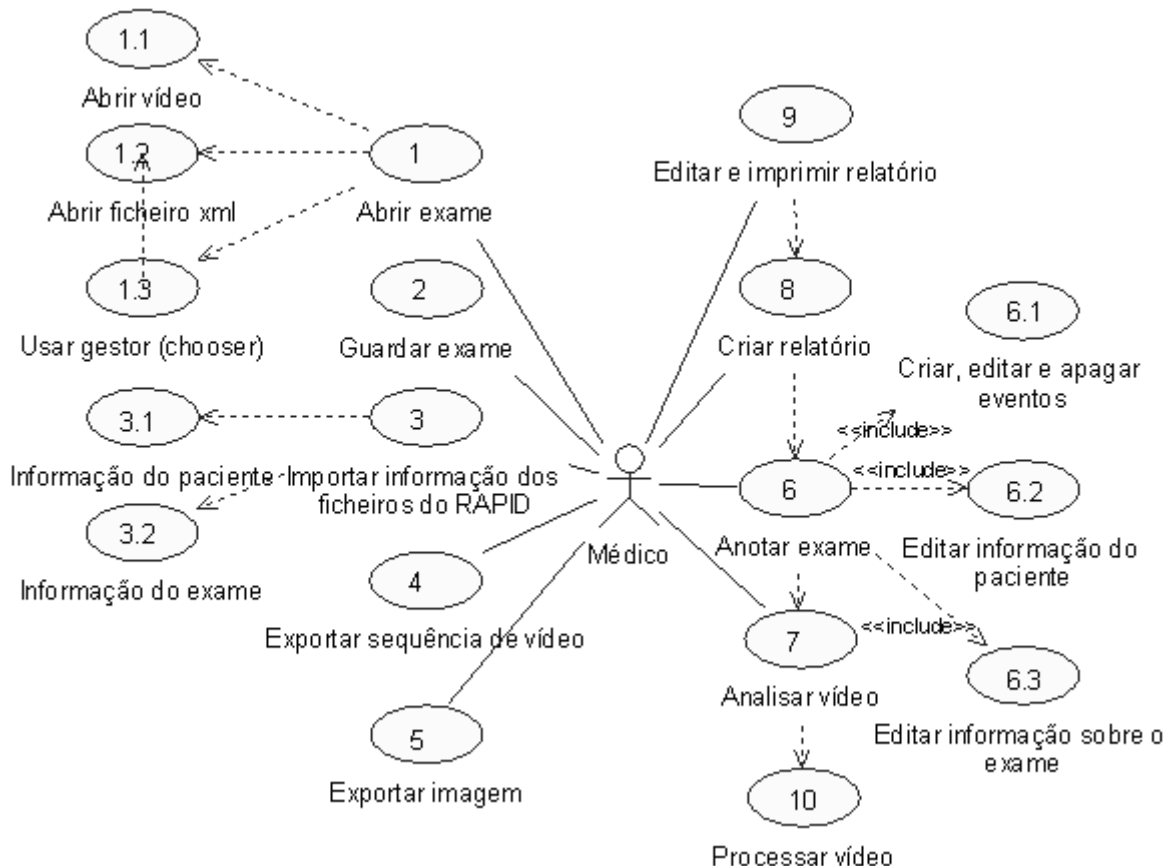


Figura 24 – Visão geral do CapView

Caso de Utilização	Descrição
1 - Abrir exame	O médico selecciona o exame para abertura. Existem 3 modos para seleccionar o exame pretendido: <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar o ficheiro de vídeo (*.avi): Caso de utilização 1.1 - “Abrir vídeo”; - Seleccionar o gerado pelo CapView (*.xml): Caso de utilização 1.2 - “Abrir ficheiro xml”; - Seleccionar o exame através do gestor de exames (“chooser”). Este gestor deve permitir abrir o relatório do exame directamente: Caso de utilização 1.3 - “Usar gestor (chooser)”;
2 - Guardar exame	O médico guarda toda a informação do exame num ficheiro em xml. Guardar exame pode ocorrer devido a 3 situações: <ul style="list-style-type: none"> - O utilizador dá ordem de guardar exame; - O utilizador cria relatório; - O utilizador fecha o exame, neste caso a aplicação deve perguntar se é para guardar ou ignorar as alterações.

3 - Importar informação dos ficheiros do RAPID	<p>Existem dois tipos de ficheiros que podem ser importados: informação do paciente (*.gtd) e informação do exame (*.gml): Caso de utilização 3.1 e 3.2 - “Informação do paciente” e “Informação do exame” respectivamente.</p> <p>Existem 2 alternativas de importação da informação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O médico selecciona o ficheiro criado na aplicação RAPID e o sistema importa toda a informação para o exame actual. - O gestor de exames (<i>‘chooser’</i>) quando procura por novos exames no sistema importa obrigatoriamente o máximo informação possível.
4 - Exportar sequência de vídeo	<p>O médico cria ou edita uma anotação e selecciona a opção de exportação de vídeo evento. O sistema cria uma pequena sequência de vídeo à volta da imagem seleccionada.</p> <p>O tempo do vídeo evento é um parâmetro do sistema que pode ser alterado nas configurações do sistema.</p>
5 - Exportar imagem	<p>O médico cria um vídeo evento e o sistema além de criar o vídeo, exporta a respectiva imagem. Alternativamente o médico especifica exactamente o número da imagem a exportar e o respectivo nome.</p> <p>As imagens são exportadas em formato JPG.</p>
6 - Anotar exame	<p>O médico anota as imagens importantes do exame (caso de utilização 6.1 - “Criar, editar e apagar eventos”), define o diagnóstico e escreve toda a informação relacionada com o exame (casos de utilização 6.2 - “Editar informação do paciente” e 6.3 - “Editar informação sobre o exame”). Em cada anotação de imagem, o médico pode indicar se é para criar vídeo evento ou se a imagem é para ser inserida no relatório. Quando o médico selecciona a opção inserir no relatório o vídeo evento é criado obrigatoriamente.</p>
7 - Analisar vídeo	<p>O médico visualiza o vídeo do exame para efectuar a sua anotação. Pode controlar o vídeo com os botões: imagem anterior, reverse, pause, play e imagem seguinte, com a barra temporal e com a barra de selecção da velocidade de reprodução.</p> <p>A velocidade de reprodução pode ser definida como automática ou manual. Na velocidade manual as imagens sucedem-se a uma velocidade constante, enquanto que em velocidade automática as imagens tem velocidade variável que depende da semelhança com a imagens seguintes.</p>
8 - Criar relatório	<p>O médico ordena ao sistema para criar o relatório. Este é aberto num editor para que o médico possa fazer ajustes.</p>
9 - Editar e imprimir relatório	<p>Com o relatório aberto num editor, o médico pode editá-lo e imprimi-lo.</p>
10 - Processar vídeo	<p>O sistema poderá conter algoritmos de processamento de vídeo que diminuem o número de imagens que o médico tem de analisar.</p>

Tabela 8 – Descrição dos casos de utilização do CapView.

4.2.3. Fluxo para revisão de exames no CapView

A revisão de exames de CE é a principal funcionalidade do CapView, logo a revisão de exames é o principal fluxo da aplicação. A revisão de exames implica dois processos importantes, a anotação do exame e a construção do relatório. Na anotação do exame o médico visualiza o vídeo, anota as imagens importantes e no final faz o diagnóstico. Durante este processo de revisão o médico escolhe as imagens que serão inseridas no relatório. No final o CapView constrói-o e abre-o num editor de texto predefinido. É neste editor de texto, que o médico verifica o relatório construído, e edita-o se achar necessário. No final o médico imprime o relatório. A figura seguinte ilustra este processo através de um diagrama de actividade UML.

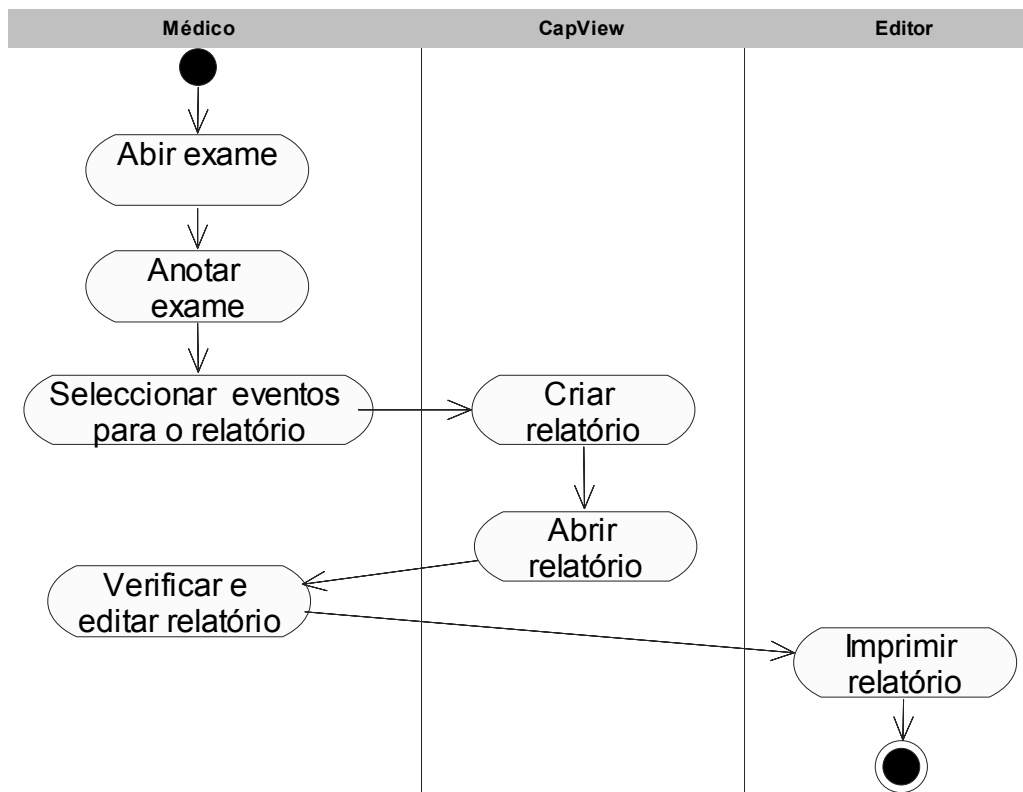


Figura 25 – Diagrama de actividade: Revisão de exames

4.2.4. Fluxo do gestor de exames: *chooser*

O gestor de exames é um utilitário que facilita a abertura de exames ou relatórios. Nesta ferramenta o médico pode ver todos os exames do sistema e sua informação. Quando novos exames são incluídos no sistema este gestor procura-os e importa a informação dos ficheiros do software original (GIVEN). Permite ainda a ordenação de alguns campos de informação (nome, data, indicações, diagnóstico, existência de vídeo ou relatório) para facilitar as pesquisas do exame desejado. A figura abaixo ilustra este processo através de um diagrama de actividade UML.

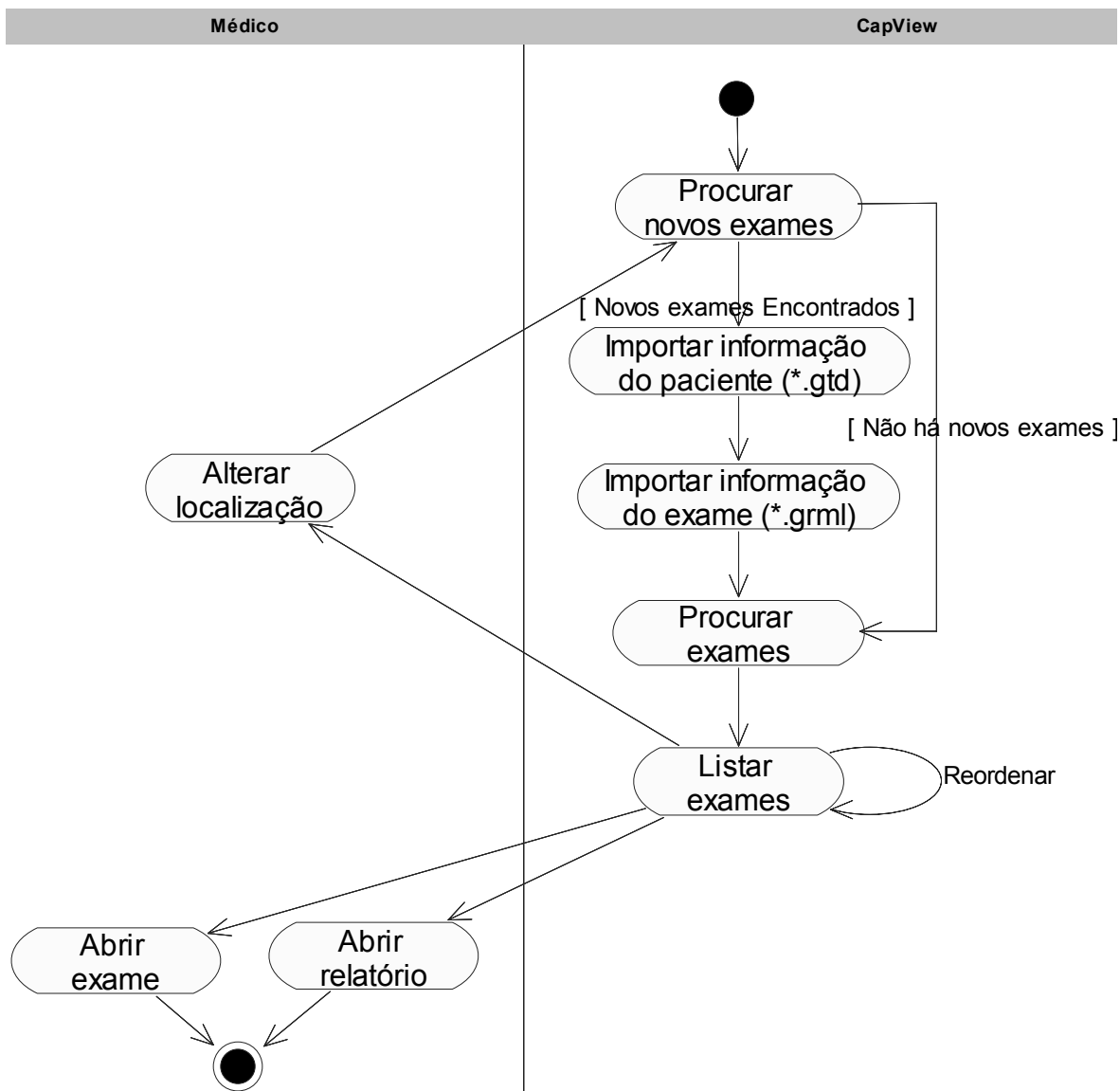


Figura 26 – Diagrama de actividade: Fluxo do gestor de exames.

4.2.5. Fluxos secundários mais importantes do CapView

Os principais fluxos secundários do CapView são: Abrir exame, anotar exame, guardar exame e processar vídeo. Estes fluxos são apresentados a seguir através de diagramas de actividade UML e tabelas que descrevem detalhadamente o fluxo.

UC 1.3 - Abrir exame: Usar gestor (*'chooser'*)

Uma tarefa essencial para a revisão de um exame no CapView é abri-lo na aplicação. A utilização do gestor de exames é a maneira mais fácil de o fazer.

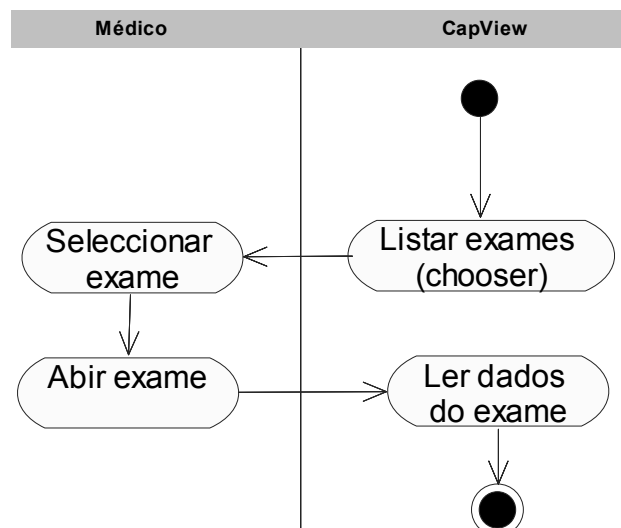


Figura 27 – Diagrama de actividade: Abrir exame ('chooser')

CU:	Abrir exame: Usar gestor
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Abrir um exame para revisão.
Referencia:	R4
Descrição geral:	Para facilitar a abertura de exames, o <i>chooser</i> apresenta uma lista dos exames disponíveis, podendo estes ser ordenados de diferentes maneiras (ordenados por: nome, data, indicações, diagnóstico, existência de vídeo ou relatório) e disponibilizando outras informações quando disponíveis (indicação, descrição e diagnóstico).
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
1. Este caso de utilização inicia quando a aplicação inicia, ou o utilizador selecciona a opção <i>chooser</i> do menu da aplicação.	2. O CapView mais concretamente o gestor de exames mostra todos os exames disponíveis.
3. O utilizador selecciona o exame pretendido,	
5. O utilizador dá ordem de abertura do exame (botão ou duplo clique)	5. CapView abre o exame.

Tabela 9 – Caso de utilização - Abrir exame: Usar gestor.

UC 2 - Guardar exame

Guardar a informação produzida durante a revisão de um exame é essencial. No diagrama de actividade seguinte apresenta-se as três situações em que deve ser guardado a informação do exame em revisão: fechar exame, criar relatório ou ordem de guardar.

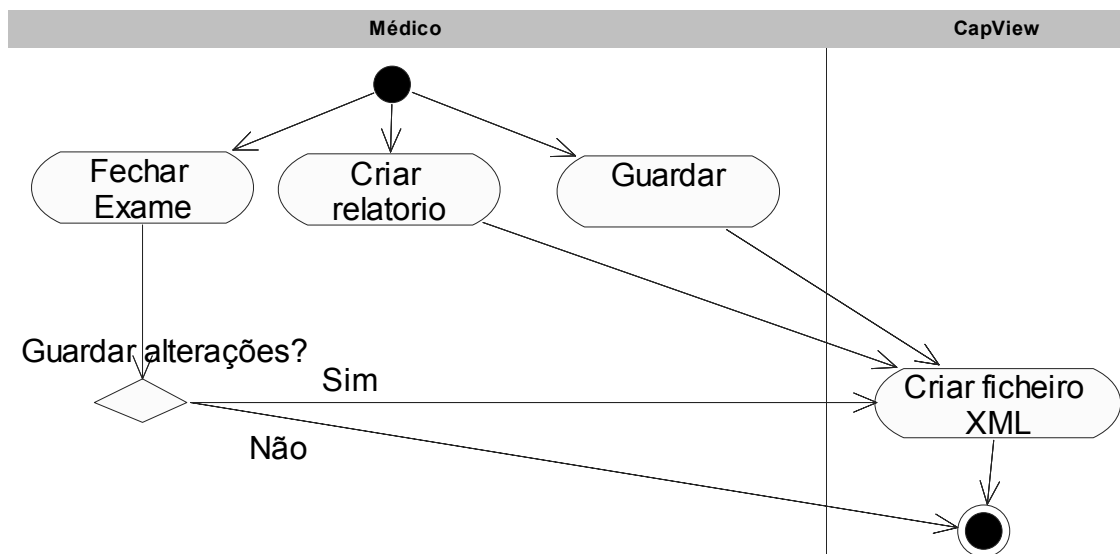


Figura 28 – Diagrama de actividade: Guardar exame.

CU:	Guardar exame
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Guardar em ficheiro a informação de um exame em revisão.
Referencia:	R3.1, R3.2
Descrição geral:	Pretende-se definir as situações em que as informações de um exame em revisão devem ser guardadas no ficheiro XML respectivo (Fechar exame, criar relatório e ordem de guardar).
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
1. Este caso de utilização inicia-se durante a revisão de um exame, quando já foram produzidas informação não guardadas em ficheiro.	
2. O utilizador fecha o exame (fecha aplicação ou abre outro exame).	3. Sistema pergunta se é para guardar a informação do exame.
4. O utilizador indica que quer salvar a informação.	5. O sistema cria um novo ficheiro XML com a informação actual.
Sequencias alternativas	
Linha 2	O utilizador cria o relatório. O sistema salta para a linha 5.
Linha 2	O utilizador dá ordem de guardar o exame no menu da aplicação. O sistema salta para a linha 5.
Linha 4	O utilizador indica que não quer guardar as alterações. Neste caso o caso de utilização termina.

Tabela 10 – Caso de utilização - Guardar exame.

UC 6 - Anotar exame

Anotar exames é uma tarefa essencial que o médico realiza visualizando e interpretando as imagens. Sempre que ele encontra uma imagem importante anota-a (cria um evento). Durante a visualização do exame o médico pode pedir ao sistema que realize processamento de vídeo, de modo a ajuda-lo na anotação/identificação de imagens. No fim da análise de vídeo, o médico diagnostica o paciente em função do seu historial e dos eventos detectados.

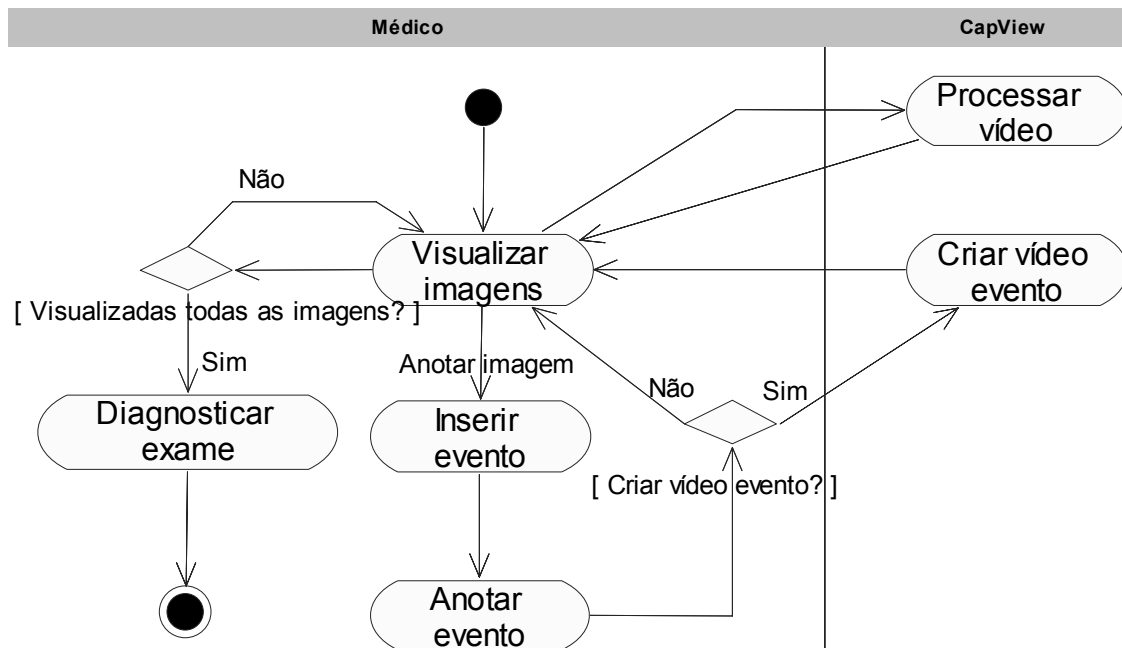


Figura 29 – Diagrama de actividade: Anotar exame

CU:	Anotar exame
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Anotar um exame.
Referencia:	R1.x, R2, R6
Descrição geral:	A anotação de um exame é uma tarefa essencial que o médico realiza tendo que visualizar e interpretar as imagens. Tem também de anotar imagens importantes e diagnosticar o paciente segundo os eventos encontrados e o historial deste.
Sequencia típica de eventos	
Ação do Actor	Ação do sistema
1. Este caso de utilização inicia-se após a abertura de um exame. 2. Em qualquer momento da visualização de imagens o utilizador pede ao sistema para processar vídeo (tentar que os algoritmos de visão por computador detectem eventos automaticamente)	3. O sistema processa o vídeo podendo

	criar eventos.
4. Utilizador continua a visualização das imagens. Pode ver se desejar apenas os eventos criados pelo processamento de vídeo.	
5. O utilizador pausa a visualização das imagens ao encontrar uma imagem importante.	
6. O utilizador clica no botão de inserir evento.	
7. O utilizador anota o evento .	
8. Na anotação o utilizador indica que é para criar vídeo do evento.	
	9. Sistema cria o vídeo e a imagem do evento.
10 Utilizador continua a visualização das imagens.	
11. Quando as imagens acabam de ser visualizadas o médico diagnostica o paciente em função do historial deste e dos eventos encontrados.	
Sequencias alternativas	
Linha 2	O utilizador não pede processamento de vídeo. O caso de utilização salta para a linha 4.
Linha 8	Na anotação o utilizador não indica que é para criar vídeo do evento. O sistema salta para a linha 10.

Tabela 11 – Caso de utilização - Anotar exame.

4.2.6. Arquitectura candidata do software CapView

Seguindo a SLIM, a arquitectura candidata do software é conseguida através de um diagrama de pacotes UML

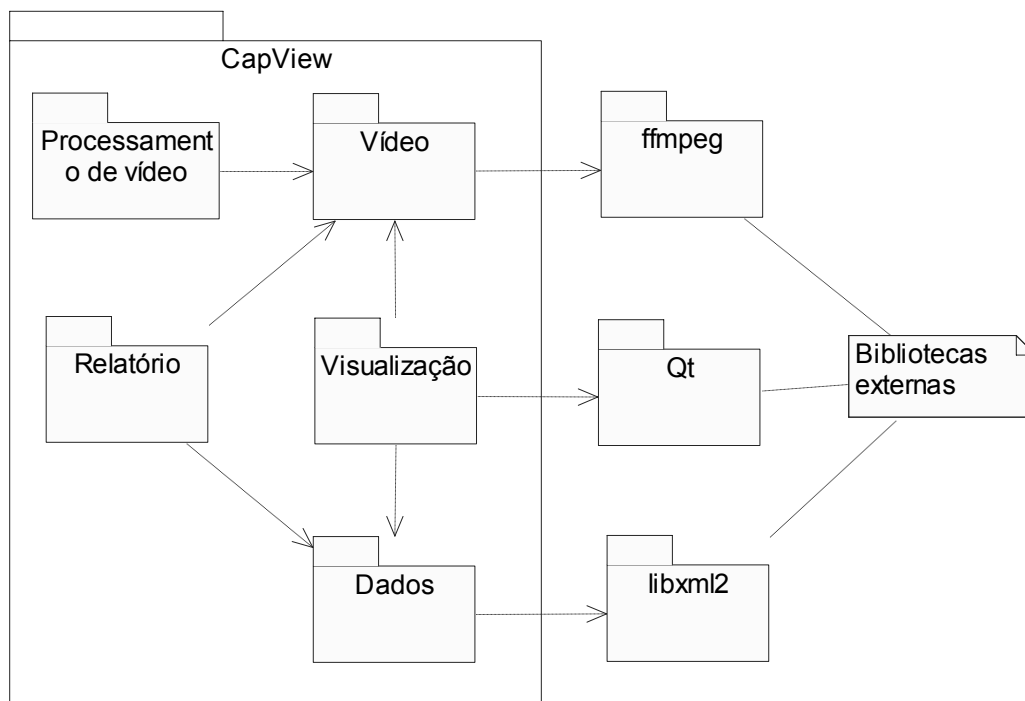


Figura 30 – Diagrama de pacotes do CapView.

Na implementação do CapView, utilizaram-se diversas bibliotecas externas. Na Tabela 12 é apresentada uma breve descrição destas bibliotecas externas.

Bibliotecas externas	
Ffmpeg	Livraria que contém codificadores e decodificadores de áudio e vídeo (libavcodec e libavformat).
Qt	Sistema com livrarias e ferramentas para desenvolvimento de aplicações.
libxml2	Parcer XML para ler e escrever ficheiros em xml.

Tabela 12 – Descrição das livrarias externas usadas pelo CapView.

Seguindo um princípio de modularidade, o CapView foi dividido em cinco pacotes lógicos responsáveis por funções independentes. Estes pacotes são descritos a seguir através de diagramas de classes UML e por tabelas que apresentam uma descrição das classes apresentadas nos diagramas.

Dados

O pacote Dados gere toda a informação do exame, isto é, contém toda a informação do exame e permite ler ou guardar essa informação em ficheiros XML. Este pacote contém também as classes responsáveis pela importação das informações do software RAPID.

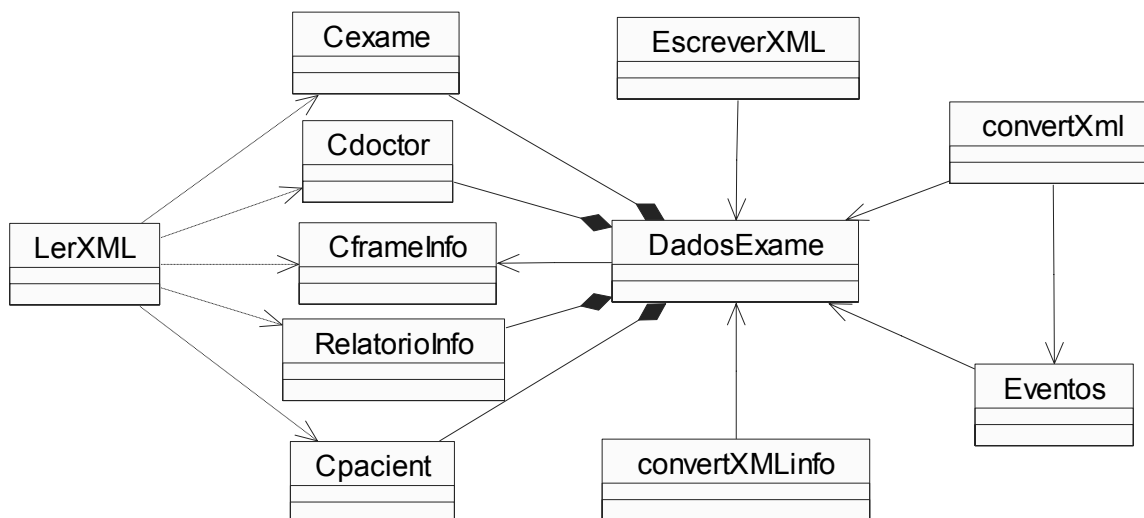


Figura 31 – Principais classes do pacote Dados.

Nome da classe	Descrição
DadosExame	Contém todos os dados do exame.
Cexame	Contém as informações sobre o exame.
Cdoctor	Contém as informações sobre o médico e instituição médica.
CframeInfo	Informação sobre cada imagem.
RelatorioInfo	Informação sobre as anotações a incluir no relatório.
Cpatient	Contém as informações sobre paciente.
Eventos	Contém as informações sobre os eventos anotados.
LerXML	Lê os dados do ficheiro XML.
EscreverXML	Guarda os dados num ficheiro XML.
convertXml	Importa as informações sobre o paciente do software RAPID (*.gtd).
convertXMLinfo	Importa as anotações do software RAPID (*.grml).

Tabela 13 – Principais classes do pacote Dados.

Neste pacote é usada uma biblioteca externa ‘*libxml2*’ para a leitura e a escrita de estruturas de dados em arquivos no formato XML [libxml2].

Vídeo

O pacote vídeo contém as funcionalidades de descodificação do vídeo do exame, exportação dos vídeo eventos em formato MPEG4 e exportação de imagens em formato JPG.

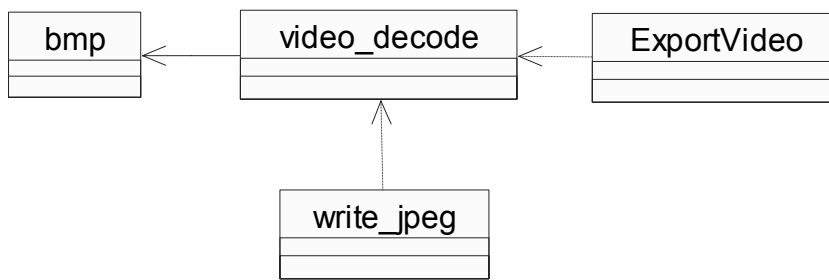


Figura 32 – Principais classes do pacote vídeo.

Nome da classe	Descrição
video_decode	Responsável descodificação do vídeo do exame e pela codificação dos vídeos eventos.
ExportVideo	Responsável pela criação dos vídeos evento.
Bmp	Constrói imagens em formato BMP, usadas pela interface gráfica.
write_jpeg	Responsável pela exportação de imagens em formato JPEG.

Tabela 14 – Principais classes do pacote vídeo.

A leitura do vídeo e construção dos vídeos evento são realizados por meio de bibliotecas externas, pertencentes ao projecto FFmpeg [FFmpeg]. O FFmpeg é uma solução completa para gravação e conversão de streams de áudio e vídeo, e inclui a biblioteca ‘libavformat’ que contém a informação sobre a manipulação dos formatos dos ficheiros (código de multiplexagem e desmultiplexagem) e a biblioteca ‘libavcodec’ que contém os codecs (codificação e descodificação).

Relatório

O pacote relatório é o responsável pela criação automática do relatório com os dados inseridos durante a análise do exame.

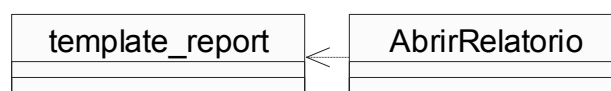


Figura 33 – Principais classes do pacote Relatório.

Nome da classe	Descrição
Template_report	Cria o relatório baseado num relatório modelo.
AbrirRelatorio	Abre o relatório num editor de texto (Word, OpenOffice, ...).

Tabela 15 – Principais classes do pacote Relatório.

Um problema do software RAPID e do “EndoCapsule Software” é que constroem relatórios padrão que não se adequam às necessidades dos vários médicos e instituições, obrigando alguns médicos a construir o relatório do exame num tradicional editor de texto. Por essa razão os relatórios do CapView são criados baseados num modelo que pode ser construído de acordo com as necessidades dos utilizadores. Os modelos são criados em

linguagem HTML que é uma linguagem simples e permite que os relatórios sejam abertos em editores de texto comuns como o *MS Word* ou o *OpenOffice* para pequenos ajustes.

A criação dos relatórios é bastante simples. O CapView constrói o relatório procurando palavras chave no ficheiro modelo e substituindo-as pelos respectivos conteúdos. Os detalhes da construção do relatório e a lista de palavras chave pode ser consultada no anexo “Manual de construção do modelo de relatório CapView1.0”.

Visualização

O pacote Visualização contém o conjunto de classes relacionadas com a interface. Grande parte das classes deste pacote recorre a bibliotecas do Qt [Qt06].

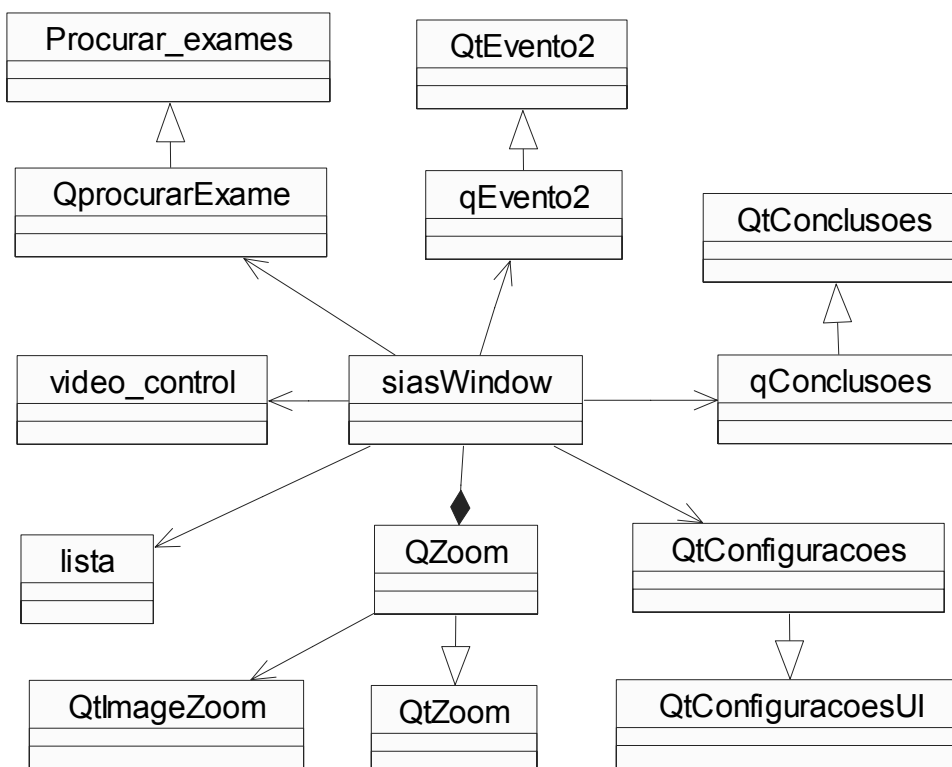


Figura 34 – Principais classes do pacote Visualização.

Nome da classe	Descrição
siasWindow	Classe principal que gere toda a aplicação
QprocurarExame	Interface que gere os exames existentes (<i>'chooser'</i>).
Vídeo_control	Responsável pela reprodução do vídeo.
Lista	Gere a visualização da lista de eventos do exame.
qEvento2	Interface que permite anotar um evento.
qConclusoes	Interface que permite definir o diagnóstico.
Qzoom	Interface em modo zoom
QtImageZoom	Responsável pela apresentação de imagem em modo zoom.
QtConfiguracoes	Interface de configuração do sistema.

Tabela 16 – Principais classes do pacote Visualização.

Processamento de vídeo

Este pacote contém as classes que processam de alguma forma o vídeo e podem ser divididas em três sub-pacotes.

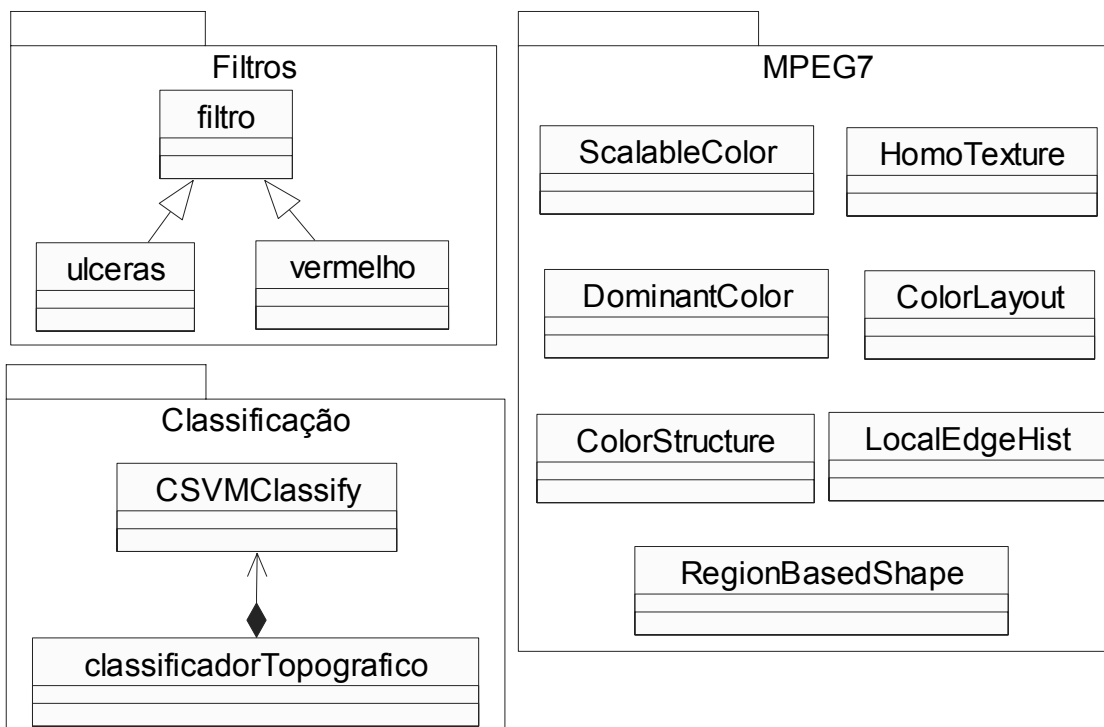


Figura 35 – Principais classes do pacote Processamento de vídeo.

O sub-pacote MPEG-7 é constituído pelo conjunto de descritores visuais do MPEG-7 apresentados na secção 3.2.4, e que são utilizados em algoritmos de processamento de vídeo (exemplo segmentação topográfica). O sub-pacote Filtros é constituído pelo conjunto dos filtros baseados na interface da classe abstracta filtro. O sub-pacote Classificação é constituído pela classe que classifica imagens usando SVM e pelos algoritmos que usam esta classe.

Nome da classe	Descrição
Filtro	Classe abstracta para construção de detectores de lesões como úlceras e sangue.
ScalableColor	Extraí o descritor MPEG7 Scalable color.
HomoTexture	Extraí o descritor MPEG7 Homogeneous texture.
DominantColor	Extraí o descritor MPEG7 Dominant color.
LocalEdgeHist	Extraí o descritor MPEG7 Local edge histogram.
ColorLayout	Extraí o descritor MPEG7 Color layout.
RegionBasedShape	Extraí o descritor MPEG7 Region based shape.
ColorStructure	Extraí o descritor MPEG7 Color structure.
CSVMClassify	Classifica imagens usando SVM.
classificadorTopografico	Determina a topografia do exame (junção esogastrica, piloro e válvula ileocecal)

Tabela 17 – Principais classes do pacote Processamento de vídeo.

4.3. Estrutura do ficheiro XML: CapViewXML2.0

Um ficheiro que armazena toda a informação de um exame é um elemento essencial de uma aplicação de revisão de exames. O CapView 1.0 usa um ficheiro XML com uma estrutura complexa, que devido à evolução da linguagem de anotação se tornou obsoleto. Assim neste capítulo descreve-se a próxima geração de ficheiro que guarda a informação de um exame, o CapViewXML2.0.

Este novo ficheiro recorre também à tecnologia XML [XML06], e à XML-Schema [XML-Schema06]. A XML é uma (meta)linguagem de marcação de documentos, completamente independente das plataformas hardware e software que a utilizam. É um padrão aberto, que fornece um conjunto de regras para descrever o conteúdo dos documentos, assim como a sua estrutura lógica.

A XML-Schema é uma linguagem que permite definir um esquema para os documentos XML, isto é, a XML-Schema tem como objectivo de restringir e documentar o significado, a utilização e os relacionamentos das partes constituintes de um documento XML [Sousa2002]. O documento XML-Schema que define a estrutura, o conteúdo e a semântica do ficheiro XML será de acesso público de modo que seja possível obter mais rapidamente críticas da comunidade médica sobre necessidades reais para uma mais rápida evolução do projecto. Além disso, o conhecimento da XML-Schema permite a criação de aplicações independentes que manipulam o documento XML. Um exemplo serão as aplicações de visão por computador que detectam eventos e os inserem no documento XML para posterior validação no futuro CapView2.0. Outro exemplo de aplicações são as que lêem o documento XML e constroem o relatório a partir deste (ex: processador XSL e respectivo modelo XSL [XSL06]).

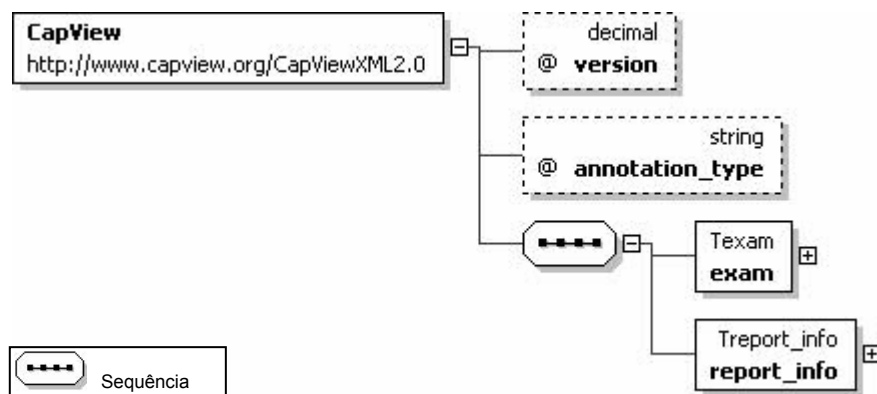


Figura 36 – Estrutura do ficheiro XML: CapViewXML2.0

Um documento CapViewXML2.0 é constituído por dois atributos *version* e *annotation_type* que definem a versão do ficheiro e o tipo de anotação usado, e por duas entidades, *exam* e *report_info* que albergam toda a informação do exame e do relatório respectivamente. A entidade *exam* e *report_info* são constituídas por uma sequência de sub entidades que agregam toda a informação. Uma descrição completa do seu conteúdo é apresentada nos diagramas 37-39 e nas tabelas 18-20.

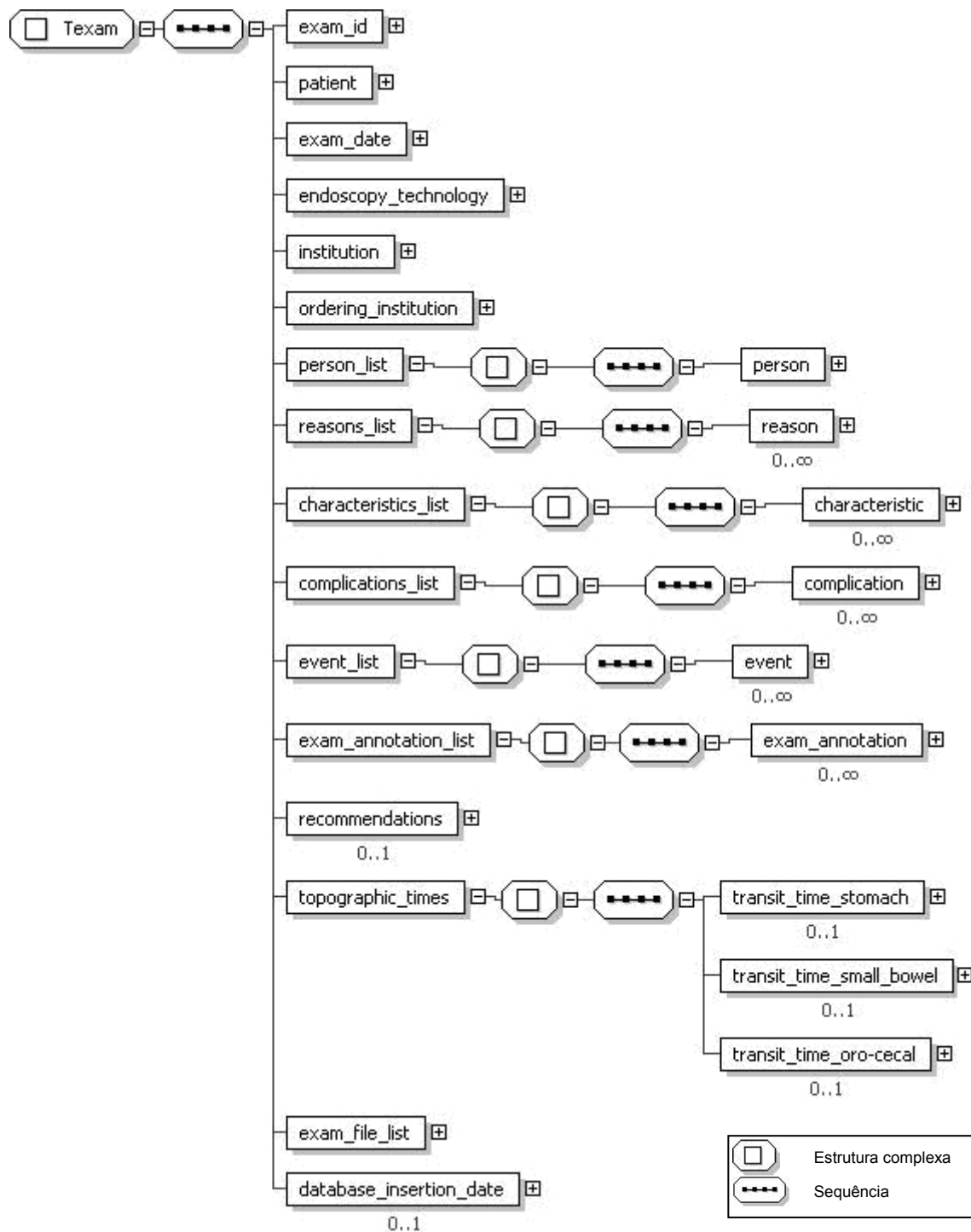


Figura 37 – Estrutura do entidade exam.

Entidade	Descrição
exam_id	Identificador do exame.
patient	Contém toda a informação do paciente.
exam_date	Data da realização do exame.
endoscopy_technology	Tipo de exame realizado.
institution	Instituição médica que realiza o exame.

ordering_institution	Instituição médica que ordenou a realização do exame.
person_list	Lista de pessoas intervenientes na realização do exame.
reasons_list	Lista das indicações do exame.
characteristics_list	Lista das características do exame.
complications_list	Lista das complicações do exame.
event_list	Lista dos eventos (Figura 39) dos exame.
exam_annotation_list	Lista das anotações do exame (Diagnósticos dos vários interveniente na anotação do exame).
recommendations	Recomendações do exame.
topographic_times	Conjunto de tempos de transito resultantes da segmentação topográfica do vídeo.
exam_file_list	Lista de ficheiros que fazem parte do exame.
database_insertion_date	Data de inserção na base de dados IEETA-CapDB.

Tabela 18 – Descrição das sub entidades de exam.

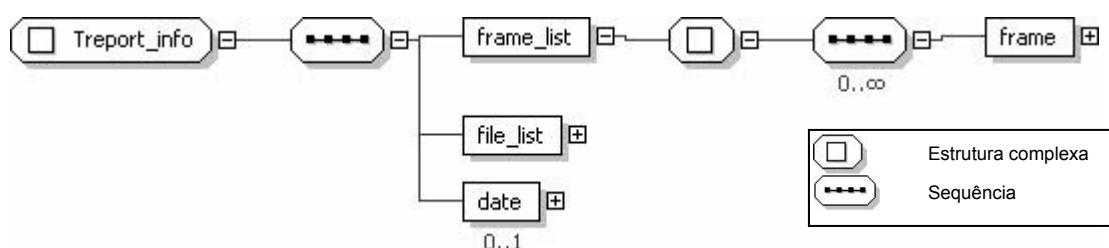


Figura 38 – Estrutura do entidade report_info.

Entidade	Descrição
frame_list	Lista das imagens e respectiva informação que serão inseridas no relatório.
file_list	Lista de ficheiros do relatório.
date	Data da criação do relatório.

Tabela 19 – Descrição das sub entidades de report_info.

Uma das mais importantes entidades de um exame é a entidade evento, que também é composta por sub entidades que agregam toda a informação do evento.

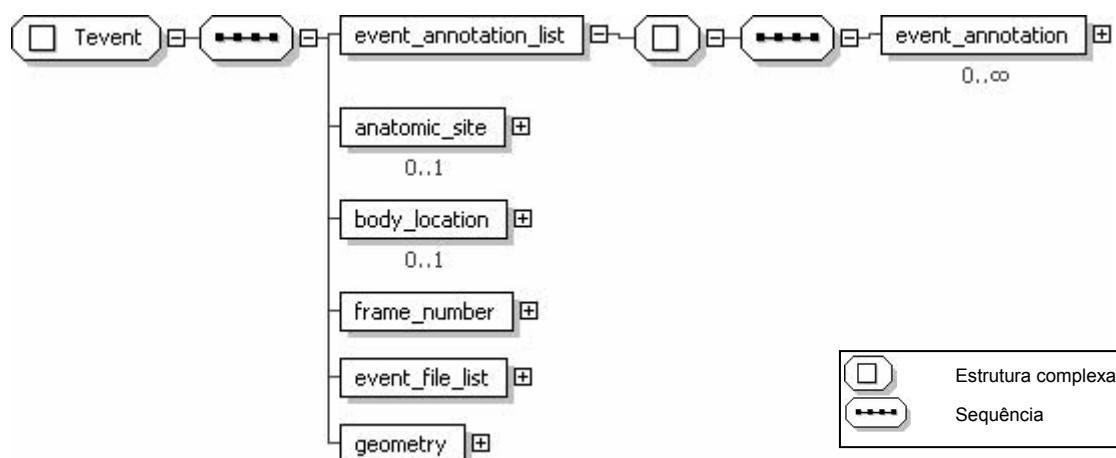


Figura 39 – Estrutura da sub entidade event.

Entidade	Descrição
event_annotation_list	Lista de anotações do evento.
anatomic_site	Localização do evento no tracto digestivo.
body_location	Localização espacial do evento no abdómen.
frame_number	Número da imagem no vídeo.
event_file_list	Lista de ficheiros pertencentes ao evento.
geometry	Define a localização da lesão na imagem através de círculos ou setas.

Tabela 20 – Descrição das sub entidades de event.

Uma documentação mais detalhada do documento XML está disponível no anexo “*Documentation for CapViewXML2.0*”.

4.4. Resultados

Actualmente o CapView está implantado em dois hospitais e numa clínica privada (Hospital Geral de Santo António, Centro Hospitalar do Alto Minho e Clínica ManoPh), responsáveis por mais de 250 exames de cápsula por ano, sendo considerado pelos médicos uma mais valia na realização de exames de CE.

O 'chooser' do CapView (Figura 40) é uma ferramenta bastante apreciada pelos médicos, porque além de permitir uma gestão transparente dos ficheiros, permite visualizar e ordenar alfabeticamente/alfanumericamente a informação de todos os exames proporcionando um meio fácil de pesquisa. Se o médico quisesse encontrar todos os exames cujo diagnóstico fosse "Crohn's disease", teria apenas de ordenar o campo diagnóstico do 'chooser', enquanto que com o RAPID teria de abrir todos os exames do sistema, um por um, e para cada exame teria de abrir sempre dois ficheiros.

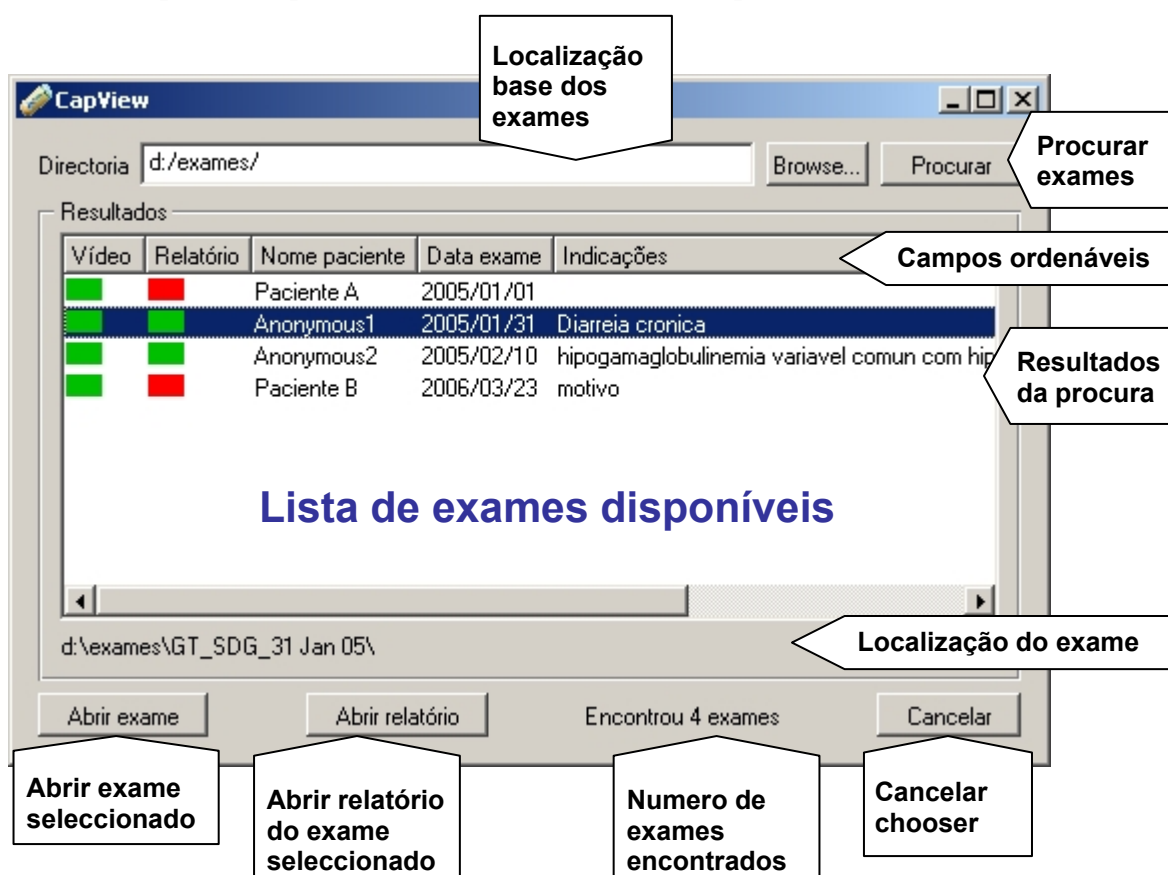


Figura 40 - 'Chooser'.

Na interface principal apresentada na figura 41, é possível realizar a revisão de um exame de CE. Nesta interface são disponibilizadas funcionalidades de controlo de vídeo (c), controlo de velocidade de reprodução do vídeo (d), uma barra com as localizações das lesões ao longo do tempo (a), uma barra com a divisão topográfica do tracto digestivo (b) e funções para anotação e visualização das lesões (e). Em (f) é possível seleccionar as interfaces de: anotação (Resultados), informação do exame (Exame), informação do paciente (Paciente) ou funcionalidades de processamento de vídeo (Filtros).



Figura 41 – CapView 1.0.

Os médicos colaboradores do projecto rapidamente se adaptaram ao software CapView e á sua linguagem de anotação. Na figura seguinte é mostrada a interface de anotação de um evento com as lesões agrupadas em títulos, a possibilidade de selecção do evento para o relatório médico e criação do vídeo do evento.

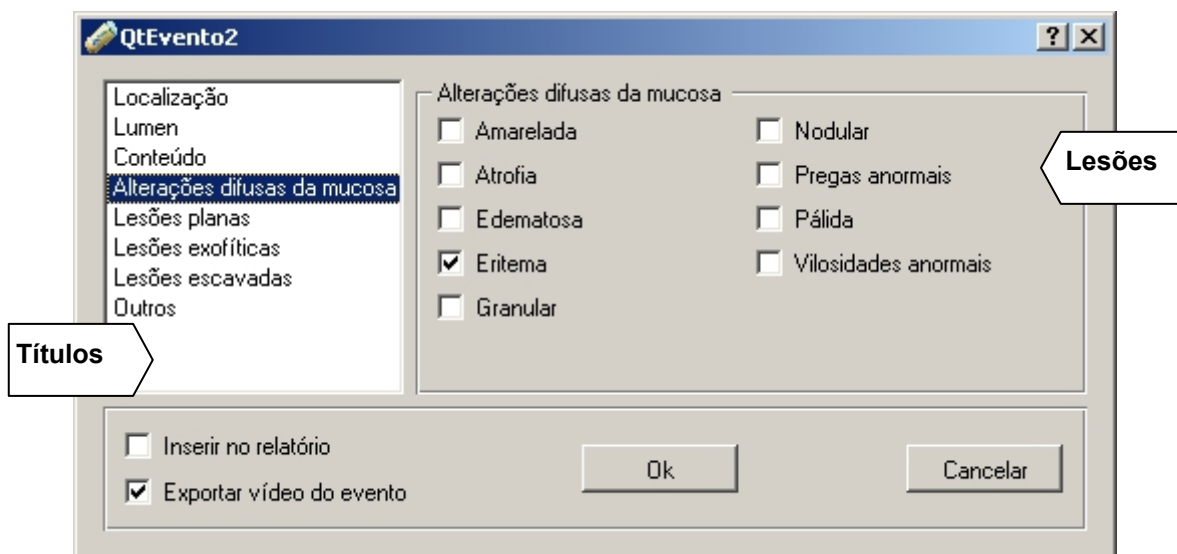


Figura 42 – Interface de selecção do tipo de evento.

Nas figuras abaixo apresenta-se a interface de gestão da informação do exame e do paciente.

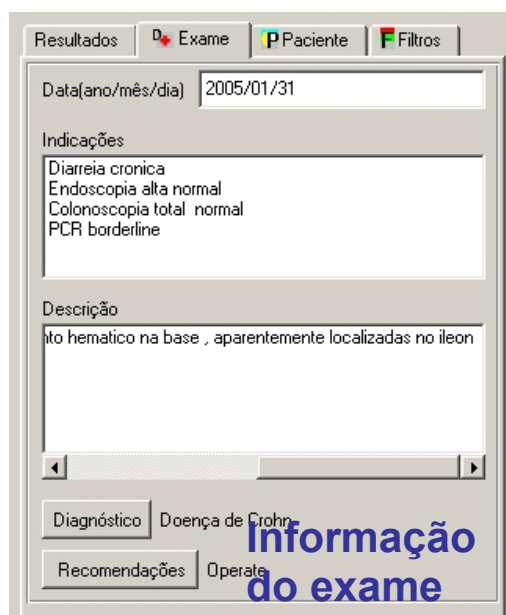


Figura 43 – Informação do exame.

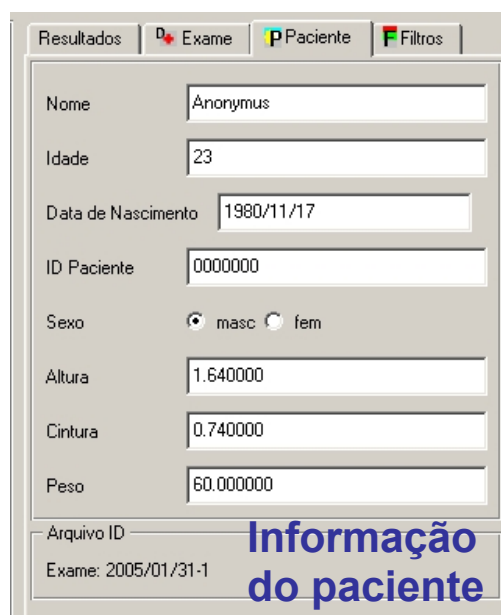



Figura 44 – Informação do paciente

Na interface *Exame* é possível encontrar a informação sobre o exame como data, indicações, descrição do exame, diagnóstico do exame e recomendações. Em *Paciente* encontra-se a informação do paciente cujos dados mais importantes são o nome e idade.

Nas imagens seguintes podem ver-se dois exemplos de relatórios do mesmo exame, gerados pelo CapView com modelos diferentes. Ambos os relatórios têm a mesma informação mas com uma organização e apresentação diferente. Desta forma, é possível adaptar facialmente a formatação do relatório ao layout de cada instituição.



Hospital Geral de Santo António, S.A.

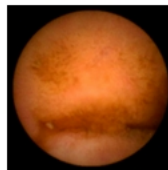
Serviço de Gastroenterologia

Director - Prof. Jorge Areias

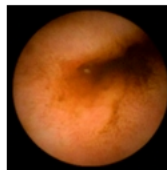
Unidade de Endoscopia por Cápsula - Dr. José Soares

Nome:	Áno nymus
Processo:	0000000
Data nascimento:	1990/11/17 (24)
Indicação:	Doença crónica Endoscopia alta normal Colonoscopia total normal PCR borderline
Descrição:	Observam-se múltiplas úlceras, algumas com pigmento hemático na base, aparentemente localizadas no íleon
Diagnóstico:	Doença de Crohn
Recomendação:	
Opções:	

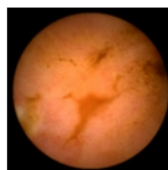
Médico:	Dr. José Soares
Data do exame:	31/01/2005
Assinatura:	_____



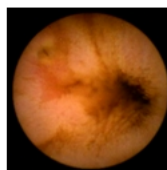
Localização: Íntimo dogado. Alterações difusas da mucosa: Atrofia.



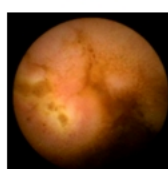
Localização: Íntimo dogado Luminar. Entrose.



Localização: Íntimo dogado Contrário. Sangue.



Localização: Íntimo dogado.



Localização: Íntimo dogado. Lesões ulceradas: Úlcera.

Figura 45 – Exemplo de um relatório médico (Hospital Geral de Santo António).

ManopH Laboratório de Endoscopia e Motilidade digestiva

EXAMES DE ENDOSCOPIA POR CÁPSULA

- Laboratório de Endoscopia e Motilidade Digestiva ManopH Rua Sá da Bandeira, 76A, 4º Dr. FORTO

Tel: +351 22 209 4134 Fax: 22 209 4132 e-mail: manoph@manoph.pt url: www.manoph.pt

- Unidade de Endoscopia e Motilidade Digestiva - Hospital de S. João - Trindade - P. 08.10 - Tel: 22 209 4134

- Unidade de Gastroenterologia - HOSPITAL DA TRINDADE - Tel: 22 209 4134

Relatório de Enteroscopia por cápsula endoscópica

Exame nº: _____

Data: 31 de Janeiro de 2005

Nome: Anonymus	Hospital: _____
Idade: 35 anos	
Idioma: Inglês	
Indicação: Doença crónica	
Endoscopia alta normal	
Colonoscopia total normal	
PCR borderline	
Examinado por: Francisco Balduino Silva	
Prof. Doutor Miguel Albuquerque Santos	
Unidade ManopH: Unidade Central	

RELATÓRIO

Tempo de subida: 11 Horas 54 Minutos

Tempo de passagem em cada 400 cm: 11 Horas 0 Minutos

Ocupação a 400 cm: 11 Horas 5 Minutos

OBSERVAÇÃO

Estômago:

Duodeno:

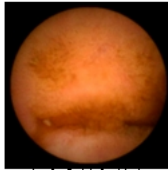
Jejunos:

Íleon:

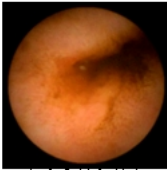
Cólon direito:

Como US088

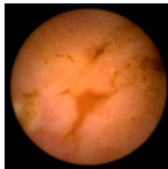
Antecipos Operar:



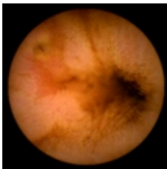
Localização: Íntimo dogado. Alterações difusas da mucosa: Atrofia.



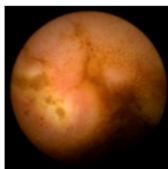
Localização: Íntimo dogado Luminar. Entrose.



Localização: Íntimo dogado Contrário. Colúmbio: Sangue.



Localização: Íntimo dogado.



Localização: Íntimo dogado. Lesões ulceradas: Úlcera.

Figura 46 – Exemplo de um relatório médico (Clínica privada ManopH).

Esta apresentação é bastante fácil de alterar porque o CapView usa modelos de relatório criados em HTML que é uma linguagem simples e que permite que os relatórios sejam abertos em editores de texto comuns como o MS Word ou o OpenOffice para pequenos ajustes. Um modelo de relatório é composto pelo código HTML e por palavras chave que o CapView substituirá pela respectiva informação. No anexo “Manual de construção do modelo de relatório CapView1.0” está definido os detalhes da construção de modelos de relatório.

5. Base de dados de eventos e exames anotados de cápsula endoscópica: IEETA-CapDB

A base de dados *IEETA-CapDB* pretende fornecer informação suficiente para permitir a realização de estudos científicos na área médica e de visão por computador. O crescimento da base de dados está dependente das contribuições dos médicos gastroenterologistas que realizam exames de cápsula endoscópica.

A criação de uma base de exames e eventos anotados de cápsula endoscópica necessita de três componentes: a base de dados com uma linguagem de anotação normalizada, um software para anotar os exames e os eventos e um software que insira os eventos e os exames anotados na base de dados.

A linguagem de anotação usada na base de dados baseia-se na CEST (Capsule Endoscopy Structured Terminology) [Korman2005] e na MST (Minimal Standard Terminology) [Delvaux2000] e foi apresentada na secção 4.1.2. e pode ser consultada com maior detalhe na secção 3 do anexo Linguagem de anotação.

5.1. Requisitos

Segundo a metodologia SLIM [Oliveira2004], foi efectuado o levantamento dos requisitos para a criação da base de dados de exames e eventos anotados, apresentados na Tabela 21.

Ref.	Requisitos funcionais	Tipo	Restrições/Requisitos não funcionais
R1.1	Upload de eventos e exames (contribuição dos utilizadores)	Evidente	Antes do upload propriamente dito é necessário anotar o evento. Informação tem de estar anónima
R1.2	Gerir (inserir, editar e apagar) eventos e exames na Base de Dados	Evidente	É necessário antes da introdução na BD confirmar manualmente os dados, para verificar que se tratam de ficheiros validos. Verificar que já não existem esses ficheiros
R2.1	Pesquisa de exames, eventos e informação relacionada.	Evidente	
R2.2	Download de exames eventos, e informações relacionadas.	Evidente	
R2.3	Votação de eventos: Anotação dos eventos pelos utilizadores.	Não evidente	Anotação do tipo de evento e qual o nível de clareza.
R3	Log / estatística dos Uploads, Downloads e pesquisas na base de dados.	Não evidente	
R4	Gestão de falhas: Backup da Base de dados e segurança	Evidente	

R5	Gestão de Utilizadores: Como interligar os 3 sistemas (FTP, HTTP, SQL)	Não Evidente	
----	--	--------------	--

Tabela 21 – Tabela de requisitos.

5.2. Modelação da solução

Da análise dos requisitos foram identificados oito casos de utilização principais, apresentados nos diagramas de caso de utilização das figuras 47 e 49, e tabelas seguintes.

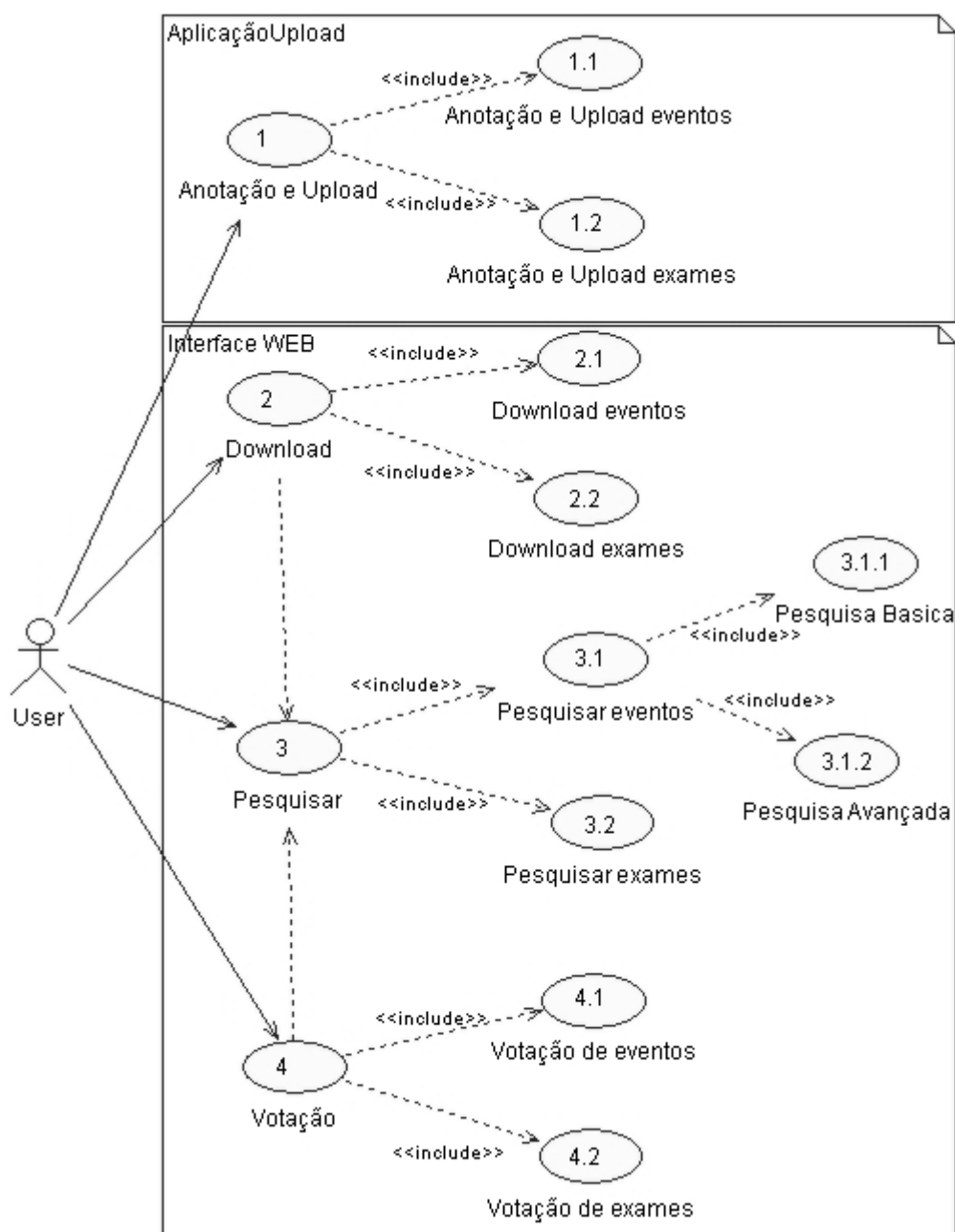


Figura 47 – Caso de Utilização: Visão do utilizador.

Caso de Utilização	Descrição
1 – Anotação e Upload	O médico contribui para a base de dados IEETA-CapDB anotando exames (CU 1.2) ou eventos (CU 1.1) e envia-os para o servidor que recolhe as contribuições dos utilizadores.
2 - Download	Após a pesquisa o utilizador faz o download dos resultados para que os possa utilizar nas sua investigações. Deverá ser possível fazer o download eventos (CU 2.1) e exames (CU 2.2).
3 – Pesquisa	Os utilizadores efectuam pesquisas na base de dados de modo a acederam à informação que necessitam. Deverá ser possível pesquisar eventos (CU 3.1) ou exames (CU 3.2). A pesquisa de eventos deve incluir uma pesquisa básica (CU 3.1.1) e uma avançada (CU 3.1.2) para pesquisas mais detalhadas.
4 – Votação	Os médicos gastrenterologistas podem dar a sua opinião sobre determinado exame ou evento, classificando-o quanto ao tipo e visibilidade no caso dos eventos, ou no caso de exames indicando o diagnóstico e sua visibilidade.

Tabela 22 – Descrição dos caso de utilização do utilizador.

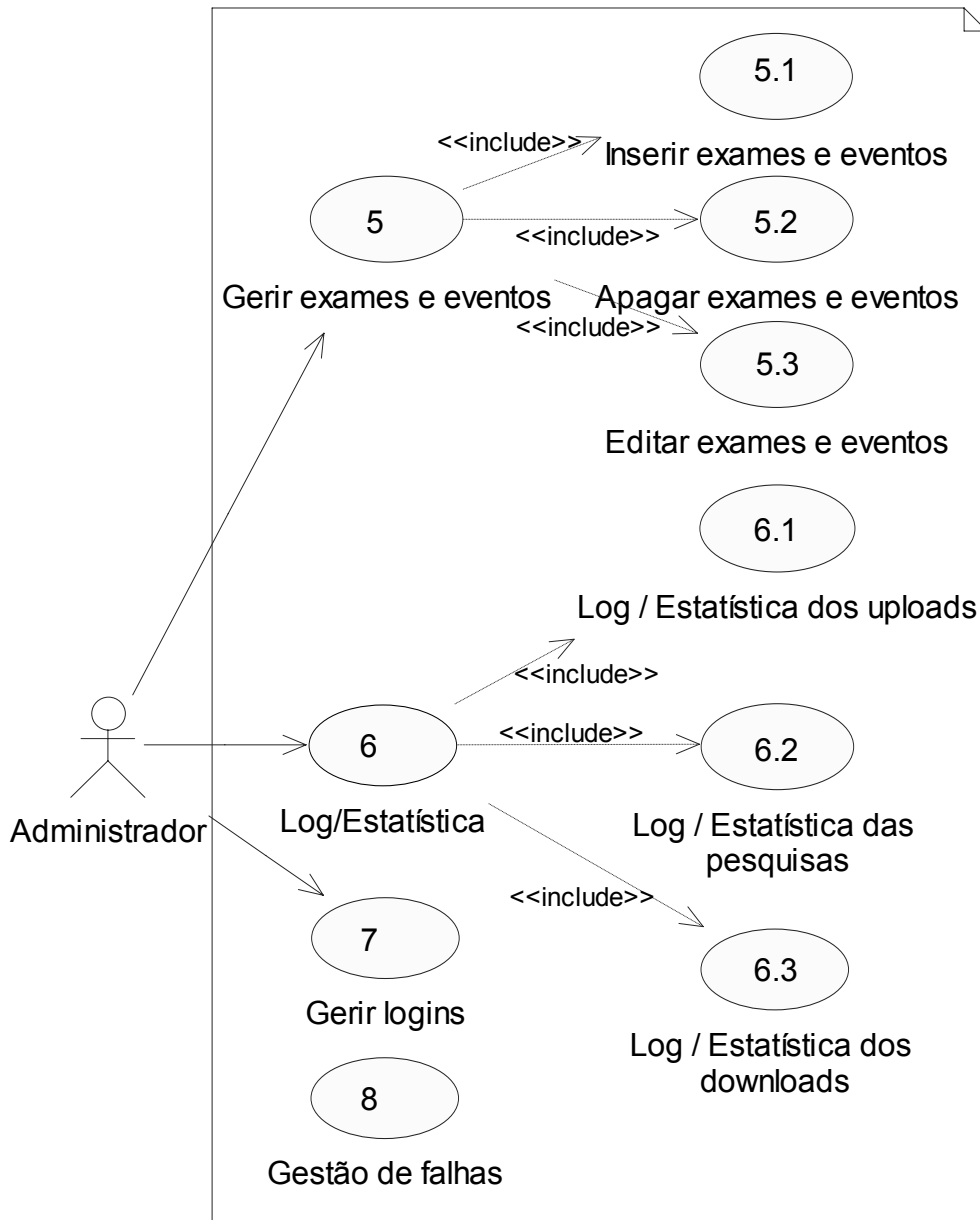


Figura 48 – Caso de Utilização: Visão do administrador.

Caso de Utilização	Descrição
5 – Gerir exames e eventos	O administrador verifica a validade dos exames e eventos, resultantes das contribuições e dos utilizadores (CU 1 - Upload) e insere-os na base de dados. O administrador pode também alterar ou apagar exames e eventos.
6 - Log / Estatística	O administrador obtém informação sobre a utilização da base de dados na vertente do upload, download e pesquisas efectuadas.

7 - Gerir logins	O administrador gere os acessos dos utilizadores ao site, à base de dados e ao servidor que recolhe os exames e eventos anotados das contribuições dos médicos.
8 – Gestão de falhas	O sistema tem de possuir redundância para não haver perdas ou corrupção de dados

Tabela 23 – Descrição dos caso de utilização do administrador .

Os fluxos do sistema para cada caso de utilização, são ilustrados nas secções abaixo através de diagramas de actividade UML e pelas respectivas tabela. Estas tabelas descrevem detalhadamente a sequência típica de eventos do caso de utilização.

5.2.1. Anotação e Upload de eventos (CU 1.1)

CU:	Upload eventos
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Enriquecer a base de dados com eventos anotados
Referencia:	R1.1
Descrição geral:	<p>O crescimento da base de dados de exames e eventos anotados deverá crescer através da contribuição dos seus utilizadores, principalmente dos médicos gastroenterologistas. Para que os utilizadores possam contribuir, o sistema deverá permitir o upload de eventos anotados.</p> <p>Deve existir uma opção de upload de eventos de um tipo, isto é, o utilizador pretende enviar um conjunto de eventos numa directoria, todos eles do mesmo tipo (exemplo: todos os eventos são de sangue).</p> <p>Além do tipo o anotador tem de indicar obrigatoriamente qual a visibilidade (clareza) do evento.</p> <p>A aplicação enviara os ficheiros anotados para servidor FTP.</p>
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
<p>1. Este CU inicia-se quando o Utilizador (médico gastroenterologista) decide contribuir para a base de dados IEETA-CapBD.</p> <p>2. Selecciona o tipo de evento dos vídeos.</p> <p>3. O utilizador selecciona a directoria que contém os eventos.</p> <p>4. Pesquisa por ficheiros de vídeo (*.avi).</p> <p>5. Para cada evento anota o tipo e a clareza os eventos importantes ou rejeita os eventos que não devem ser inseridos na Base de Dados. Se o tipo é igual ao seleccionado no ponto 2 só é necessário</p>	

anotar a clareza do evento.

6. Guarda a informação criada (Ficheiros temporários dos eventos e respectiva anotação).

8. O cliente FTP faz o upload dos ficheiros. (vídeos e imagens dos eventos, informação de anotação).

9. Apaga ficheiros temporários anteriormente criados.

Tabela 24 – Caso de utilização Upload de eventos.

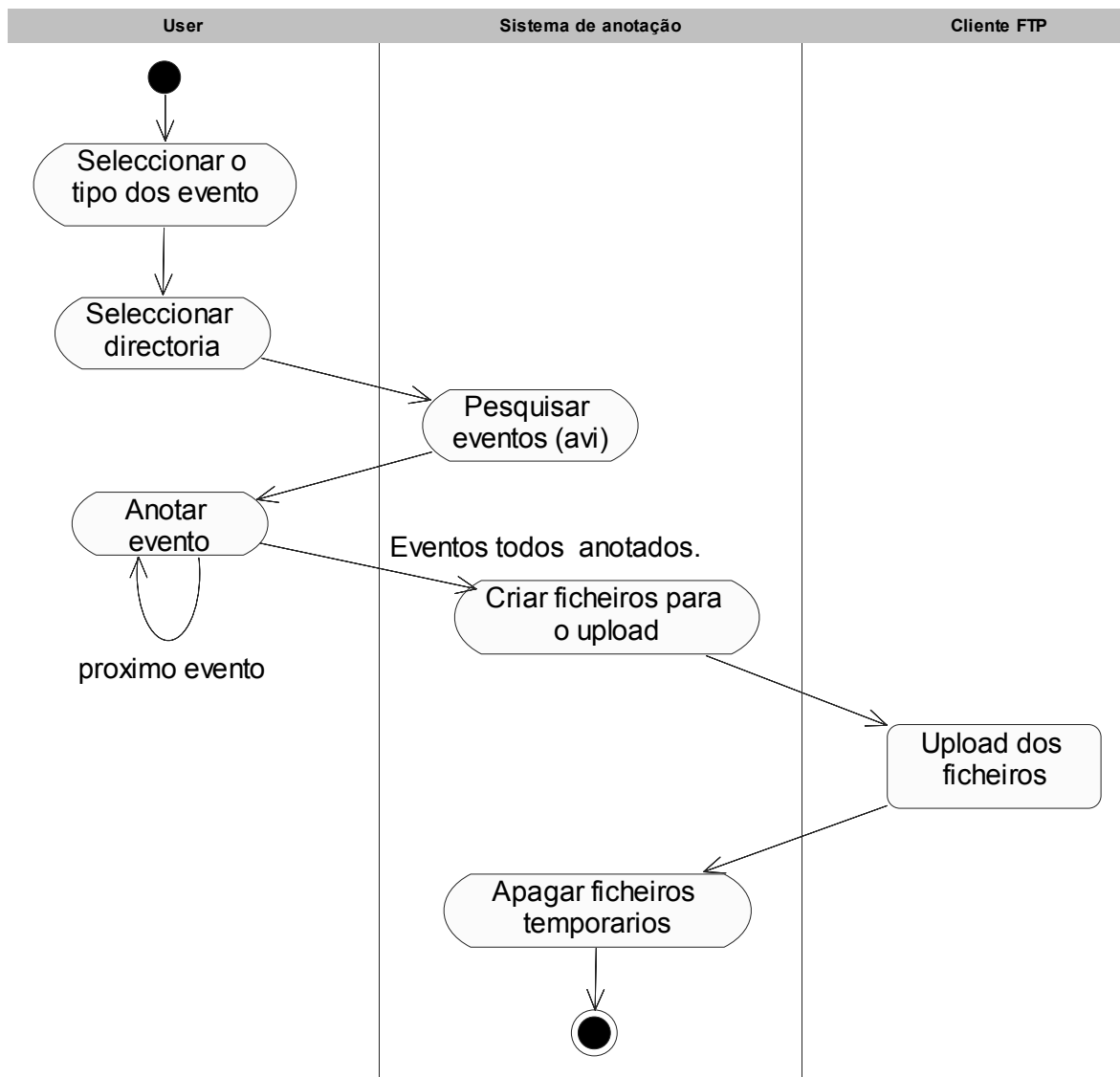


Figura 49 – Diagrama de actividade: Upload de eventos.

5.2.2. Anotação e Upload de exames (CU 1.2)

CU:	Upload de exames
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Enriquecer a base de dados com exames anotados.
Referencia:	R1.1
Descrição geral:	<p>O crescimento da base de dados de exames anotados deverá crescer através da contribuição dos seus utilizadores, principalmente dos médicos gastroenterologistas. Para que os utilizadores possam contribuir, o sistema deverá permitir o upload de exames anotados.</p> <p>A aplicação, deverá pesquisar numa directoria por exames, quer do CapView 1.0 como do RAPID da Given, e interactivamente perguntar qual a anotação do evento e criar o respectivo vídeo a todos os eventos do exame. No caso de exames executados no CapView 1.0 alguma da informação deve ser preenchida automaticamente. Deverá existir a possibilidade de indicar o não envio do evento, não sendo portanto necessária a sua anotação.</p> <p>A aplicação enviara os ficheiros anotados ao servidor por FTP.</p>
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
<p>1. Este CU inicia-se quando o Utilizador (médico gastroenterologista) decide contribuir para a base de dados IEETA-CapDB.</p> <p>2. O utilizador selecciona a directoria que contém os exames.</p> <p>5. Anota os eventos importantes do exame ou rejeita os eventos que não devem ser inseridos na Base de Dados</p> <p>6. Anota as indicações, complicações, características e diagnóstico do exame.</p>	<p>3. Pesquisa por exames do CapView 1.0 (*.xml) ou do RAPID (*.gtd).</p> <p>4. Lê todos os eventos do exame</p> <p>7. Verifica se existem mais exames por anotar, se existir volta ao ponto 4.</p> <p>8. Guarda a informação criada (Ficheiros temporários dos exames e respectiva anotação).</p> <p>9. O cliente FTP faz o upload dos ficheiros temporários criados no ponto anterior.</p> <p>10. Apaga ficheiros anteriormente criados no ponto 8.</p>

Tabela 25 – Caso de utilização Upload de exames.

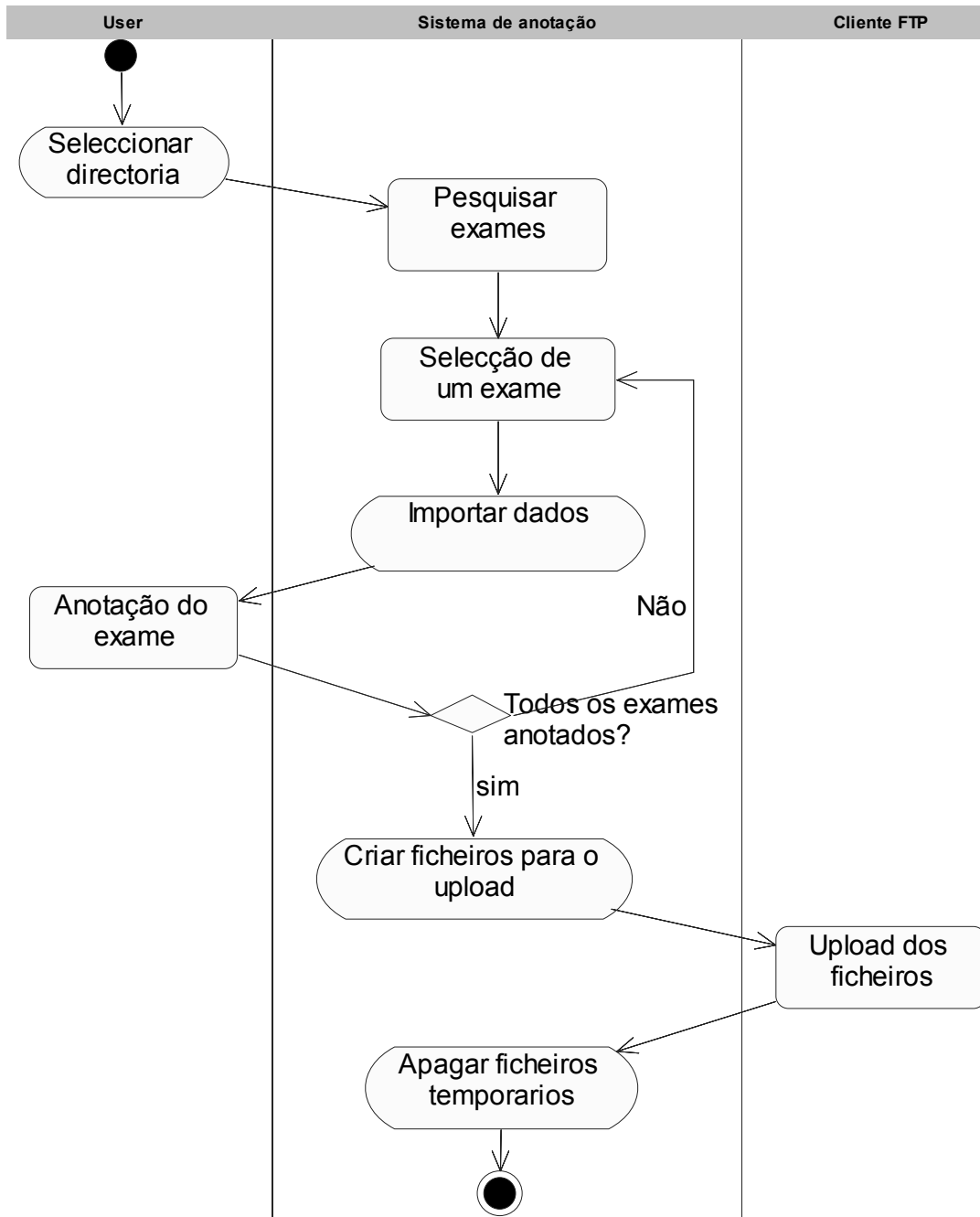


Figura 50 – Diagrama de actividade: – Upload de exames.

5.2.3. Download (CU 2)

CU:	Download
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Adquirir os dados necessários à investigação.
Referencia:	R2.2
Descrição geral:	A base de dados IEETA-CapBD pretende ser uma ferramenta que permita aos seus utilizadores realizar estudos (médicos/visão por computador) sobre os exames (CU 2.2) e eventos (CU 2.1) de cápsula endoscópica. Após a pesquisa na base de dados, os utilizadores necessitam de efectuar o download desses dados.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
1. O utilizador após uma pesquisa obtém um conjunto de resultados que pretende guardar.	
2. O utilizador efectua o download de um ficheiro que contém os vários ficheiros de resultados.	3. Constrói ficheiro com os resultados (exemplo: *.tar)
4. O utilizador selecciona o directório destino.	
5. Utilizador efectua o download por http.	6. O sistema após um determinado tempo apaga o ficheiro.
Sequencias alternativas	
Linha 2	O utilizador efectua o download dos dados ficheiro a ficheiro
Linha 2	O utilizador efectua o download de uma lista de resultados com localização dos ficheiros no servidor FTP, e utiliza estes dados juntamente com um cliente FTP para fazer o download dos ficheiros.

Tabela 26 – Caso de utilização Download.

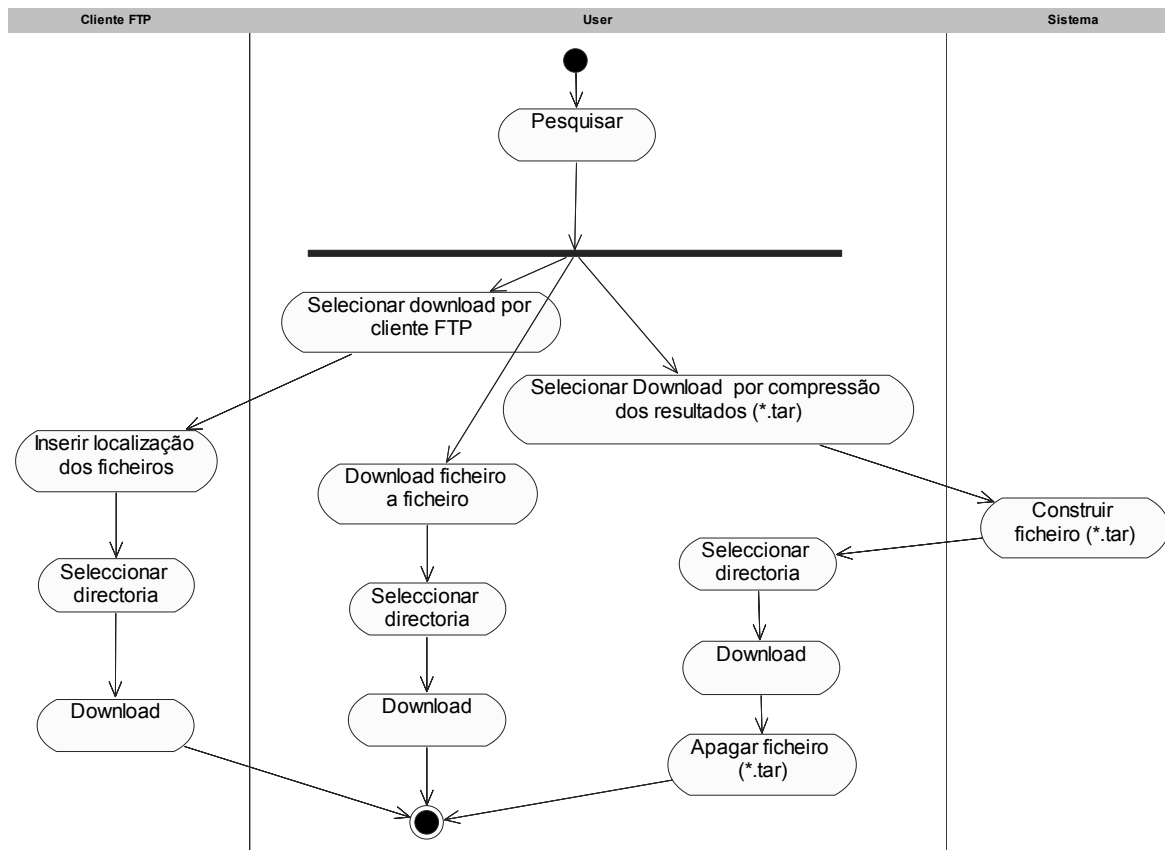


Figura 51 – Diagrama de actividade: Download.

5.2.4. Pesquisa de eventos (CU 3.1)

CU:	Pesquisa de eventos
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Pesquisar eventos na base de dados IEETA-CapDB.
Referencia:	R2.1
Descrição geral:	<p>A base de dados IEETA-CapDB pretende ser uma ferramenta que permita aos seus utilizadores realizar estudos (médicos/visão por computador) sobre os exames e eventos de cápsula endoscópica.</p> <p>Para que os utilizadores possam utilizar estes dados, é necessário que o sistema permita retirar os eventos e a informação relevante para o estudo em questão. Isto é, são necessárias pesquisas sobre o conjunto de eventos anotados de modo a efectuar o download apenas dos dados necessários.</p>
Sequencia típica de eventos	
Ação do Actor	Ação do sistema
1. O CU inicia-se quando o utilizador	

quer realizar um estudo sobre a cápsula endoscópica, e necessita da base de dados IEETA-CapBD.

2. O utilizador insere via web os parâmetros de pesquisa

3. Realiza a pesquisa sobre a base de dados.

4. Apresenta os resultados ao utilizador acrescentando possibilidade de outro tipo de ordenação dos resultados.

5. O utilizador guarda os resultados ou vê detalhadamente um resultado da pesquisa.

Tabela 27 – Caso de utilização Pesquisa de eventos.

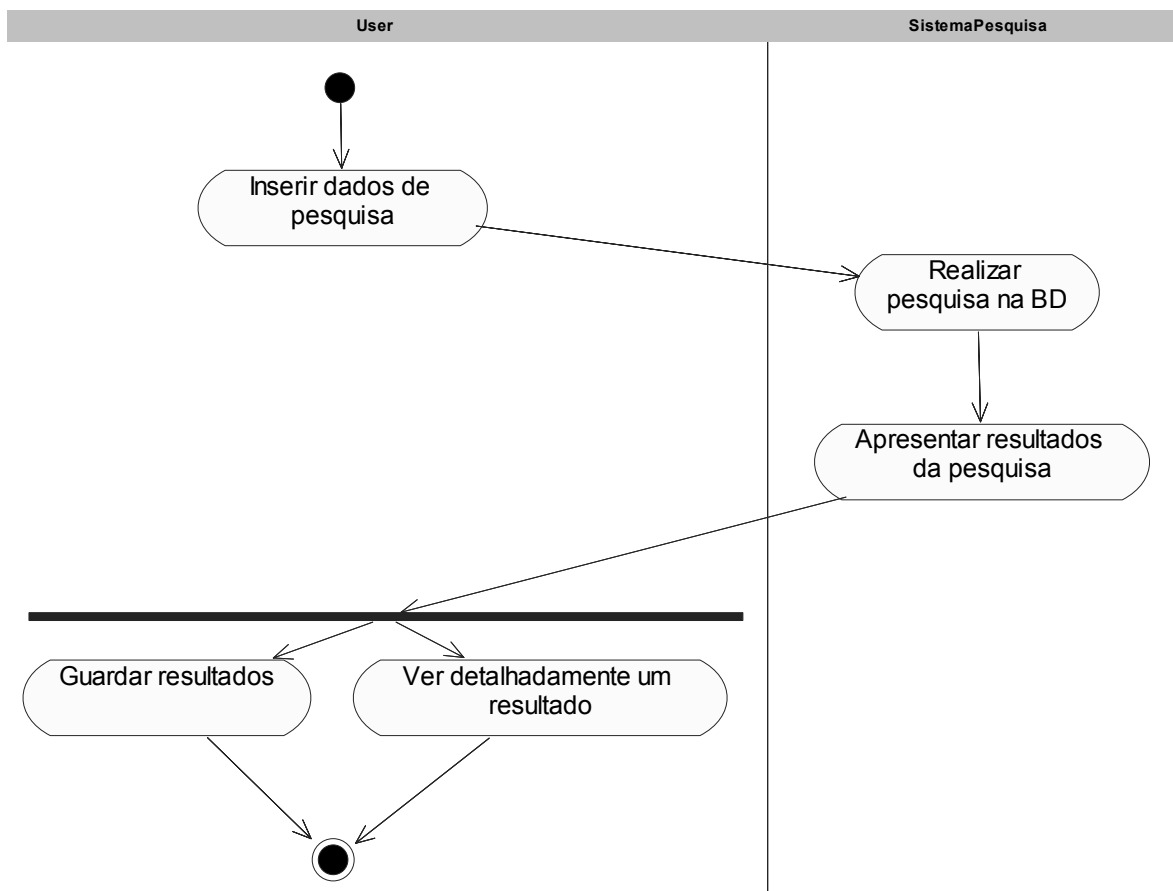


Figura 52 – Diagrama de actividade: Pesquisa de eventos.

Pesquisa de eventos Básica (CU 3.1.1)

Requisitos:

- Pesquisar por tipo de evento (*Official annotation*)
 - Apenas um tipo de evento (sem OR ou AND).
- Pesquisar a visibilidade (*Clarity*) do evento.

- Pesquisar eventos com claridade superior, inferior ou igual a X (*Very clear, Clear, Medium, Poor, Invisible, Undefined*).
- Pesquisar Annotation Quality (*Gold Standard, Clinical Expert, Non-Clinical Expert, Unrated*).
- Pesquisar por localização do evento (*Undefined, Stomach, Duodenum, Small bowel, Distal Ileum, Colon*).

Pesquisa de eventos Avançada (CU 3.1.2)

Requisitos:

- Pesquisar eventos que contêm o ficheiro de exame e ter a possibilidade de download desse exame (ex: pode ser necessário experimentar um algoritmo de processamento de vídeo, num exame inteiro).
- Pesquisar Tipo de evento (*Official annotation*)
 - Apenas um tipo de evento (sem OR ou AND).
- Pesquisar a visibilidade (*clarity*) do evento.
 - Pesquisar eventos com claridade superior, inferior ou igual a X (*Very clear, Clear, Medium, Poor, Invisible, Undefined*).
- Pesquisar Annotation Quality (*Gold Standard, Clinical Expert, Non-Clinical Expert, Unrated*).
- Pesquisar por localização do evento (*Undefined, Stomach, Duodenum, Small bowel, Distal Ileum, Colon*).
- Pesquisar eventos que foram inseridos após uma determinada data.
- Pesquisa por instituição
- Pesquisar eventos apenas do próprio utilizador.

5.2.5. Pesquisa de Exames (CU 3.2)

CU:	Pesquisa de exames
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Pesquisar exames na base de dados IEETA-CapDB.
Referencia:	R2.1
Descrição geral:	<p>A base de dados IEETA-CapDB pretende ser uma ferramenta que permita aos seus utilizadores realizar estudos (médicos/visão por computador) sobre os exames e eventos de cápsula endoscópica.</p> <p>Para que os utilizadores possam utilizar estes dados, é necessário que o sistema permita retirar os exames e informação relevantes para o estudo em questão. Isto é, são necessárias pesquisas sobre o conjunto de exames anotados de modo a efectuar o download apenas dos dados necessários.</p>
Sequencia típica de eventos	

Acção do Actor	Acção do sistema
<p>1. O CU inicia-se quando o utilizador quer realizar um estudo sobre a cápsula endoscópica, e necessita da base de dados IEETA-CapBD.</p> <p>2. O utilizador insere via web os parâmetros de pesquisa</p> <p>5. O utilizador guarda os resultados ou vê detalhadamente um resultado da pesquisa.</p>	<p>3. Realiza a pesquisa sobre a base de dados.</p> <p>4. Apresenta os resultados ao utilizador acrescentando possibilidade de outro tipo de ordenação dos resultados.</p>

Tabela 28 – Caso de utilização Pesquisa de exames.

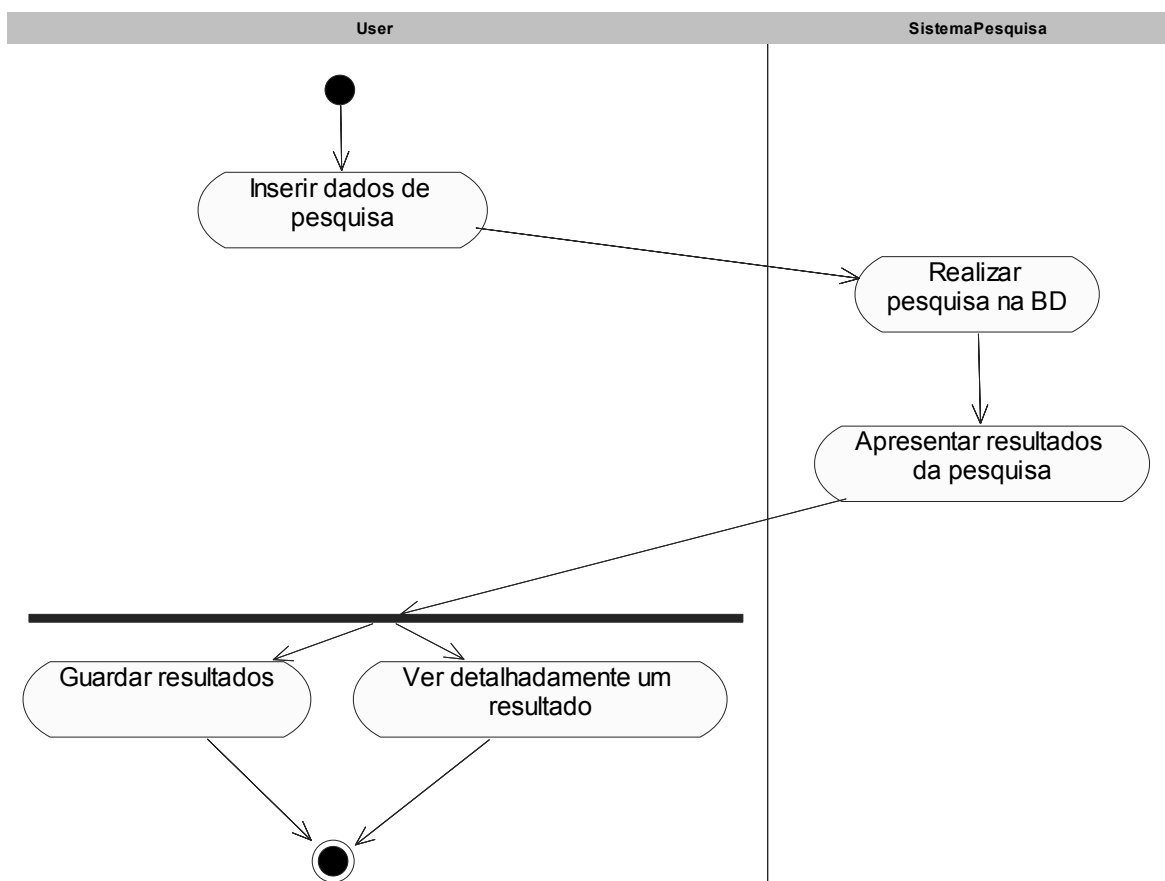


Figura 53 – Diagrama de actividade: Pesquisa de exames.

Requisitos:

- Pesquisar por diagnóstico , indicações, complicações e características do exame.
- Pesquisar exames que foram inseridos após uma determinada data.
- Pesquisar exames sem vídeo, mas que contem outras informações como tipo de cápsula, ou informação do paciente.

5.2.6. Votação (CU 4)

CU:	Votação
Actores:	Utilizador
Finalidade:	Classificar os eventos quanto ao tipo e visibilidade (<i>Clarity</i>) no caso dos eventos, ou diagnóstico e visibilidade em exames.
Referencia:	R2.3
Descrição geral:	Os utilizadores podem dar a sua opinião sobre um determinado exame (CU 4.2) ou evento (CU 4.1). É através da votação que se constrói a anotação oficial. Quanto mais anotações forem feitas a um evento ou exame maior é a confiança da anotação, e através deste método, espera-se poder criar novos <i>Gold Standard</i> .
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
<ol style="list-style-type: none"> 1. O utilizador decide votar em eventos (CU 4.1) ou exames (CU 4.2), para tal fez uma pesquisa e é sobre esses resultados que ele vai votar. 2. O utilizador selecciona um evento ou exame. 3. O utilizador vota no evento (tipo de evento e visibilidade) ou exame (diagnóstico e visibilidade). 5. Se o utilizador quiser votar mais, volta ao ponto 2. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. O sistema insere a votação na base de dados.

Tabela 29 – Caso de utilização Votação.

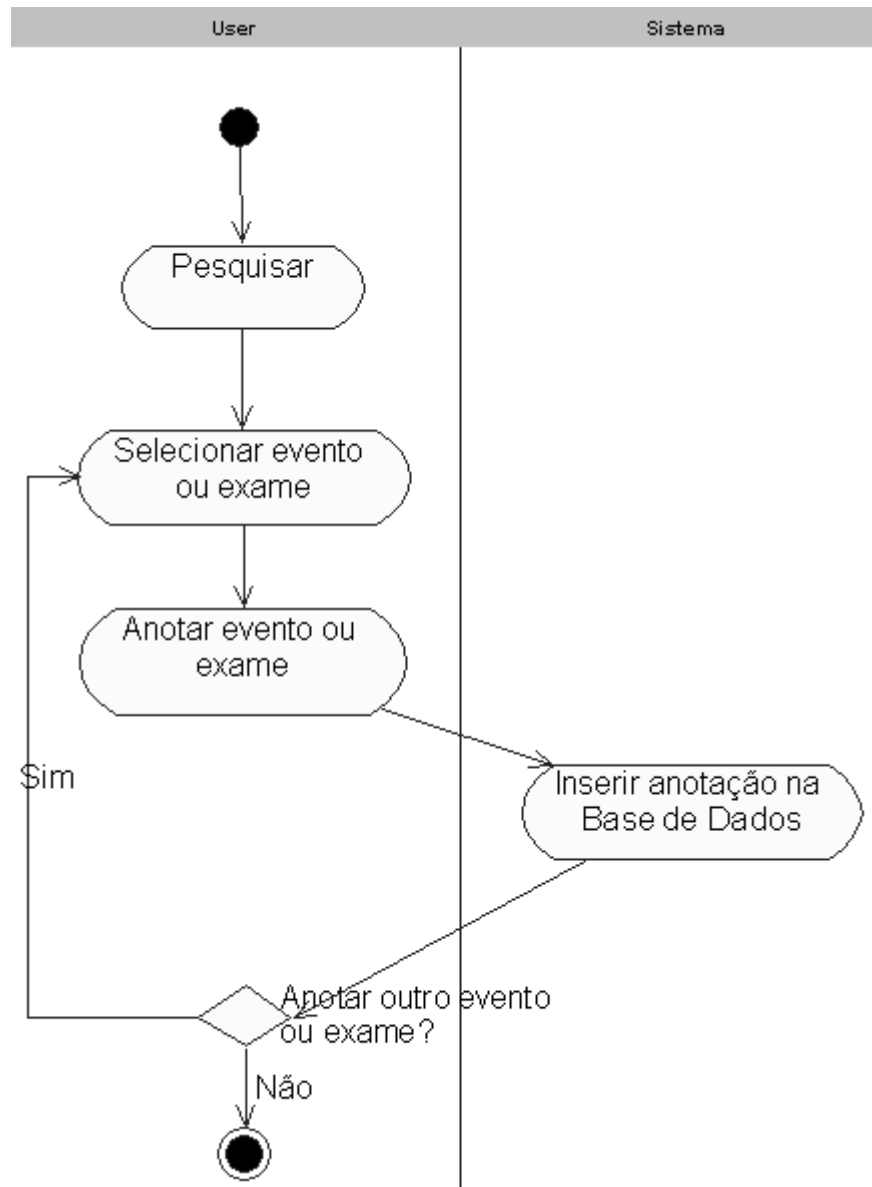


Figura 54 – Diagrama de actividade: Votação.

5.2.7. Inserir exames e eventos (CU 5.1)

CU:	Inserir exames e eventos
Actores:	Administrador
Finalidade:	Verificar a validade dos exames e eventos, resultante das contribuições dos utilizadores (CU 1 - Upload), e inseri-los na base de dados. Alterar ou apagar exames ou eventos presentes na base de dados.
Referencia:	R1.2
Descrição geral:	O crescimento da base de dados de exames e eventos anotados deverá crescer através da contribuição dos seus utilizadores, principalmente dos médicos gastroenterologistas. No entanto para evitar que sejam introduzidos dados inválidos (devido a utilizadores menos responsáveis), todos os exames e eventos devem ser verificados pelo administrador, isto é, confirmar que se trata de exame e eventos de cápsula endoscópica, e só depois é que são inseridos na base de dados.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
3. O administrador confirma a validade de cada evento ou exame.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procura periodicamente por novos exames e eventos inseridos pelos utilizadores no servidor FTP. 2. Informa por email o administrador(s) da base de dados que há novos dados para inserir. 4. Insere os eventos e exames validos na BD. 5. Elimina os eventos e exames do servidor FTP.

Tabela 30 – Caso de utilização Inserir exames e eventos na base de dados.

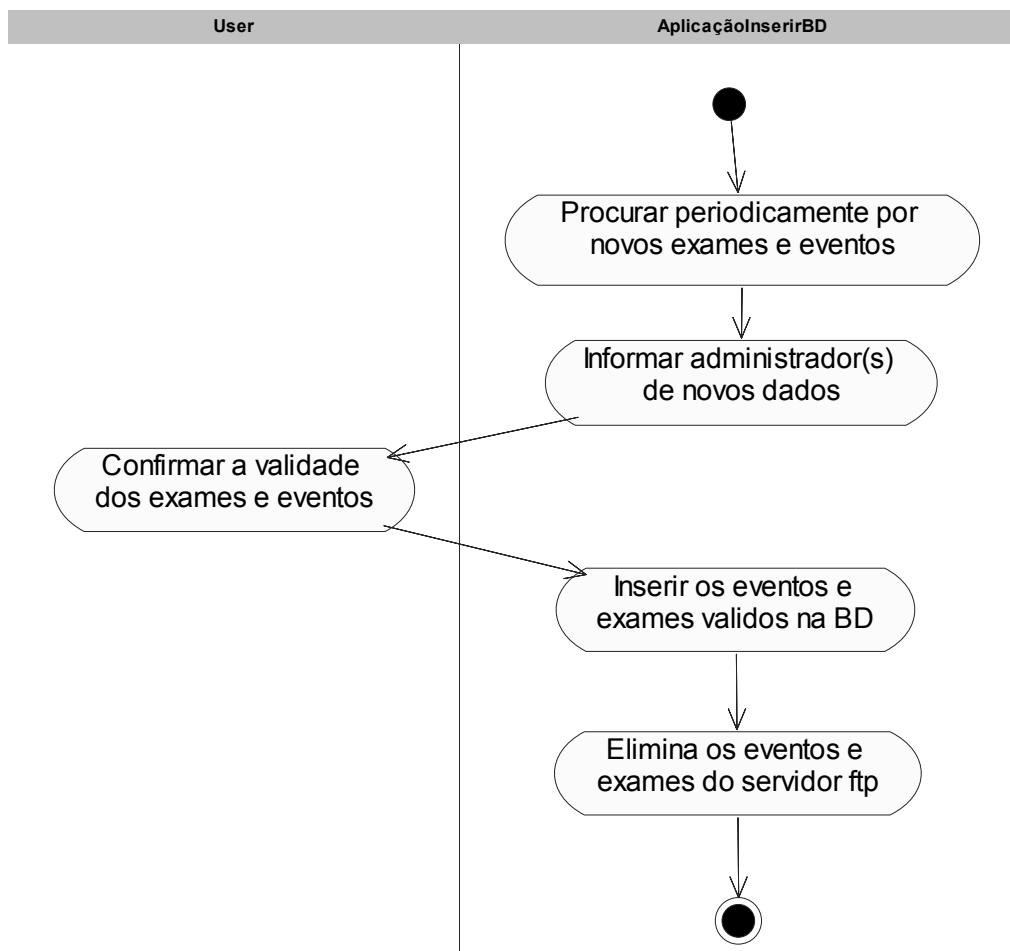


Figura 55 – Diagrama de actividade: Inserir exames e eventos na base de dados.

5.2.8. Apagar/Editar exames e eventos (CU 5.2 e CU 5.3)

CU:	Apagar/Editar exames e eventos
Actores:	Administrador
Finalidade:	Alterar (CU 5.3) ou apagar (CU 5.2) exames ou eventos presentes na base de dados.
Referencia:	R1.2
Descrição geral:	A base de dados deve possuir mecanismos de alteração ou eliminação de dados incorrectos.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
1. Selecção do exame ou evento alterar/apagar (provavelmente resultande de uma pesquisa: CU 3).	
2. Alteração ou eliminação dos dados	3. Actualização da base de dados

Tabela 31 – Caso de utilização Inserir exames e eventos na base de dados.

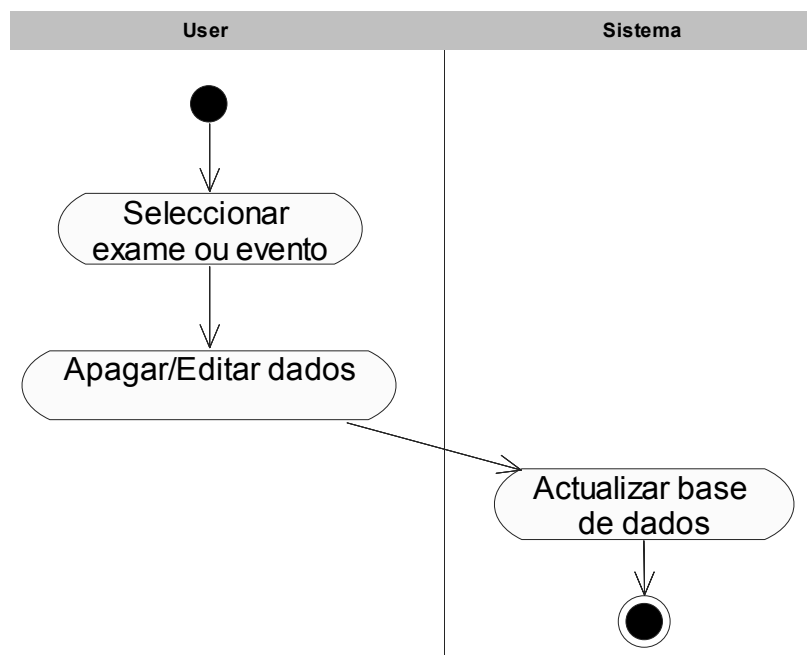


Figura 56 – Diagrama de actividade: Apagar/Editar exames e eventos na base de dados.

5.2.9. Log/Estatística (CU 6)

CU:	Log/estatística dos downloads
Actores:	Administrador
Finalidade:	Obter informação sobre o uso de base de dados IEETA-CapDB na vertente do download, upload e das pesquisas.
Referencia:	R3
Descrição geral:	O objectivo poder realizar estudos estatísticos sobre a utilização da base de dados IEETA-CapDB, assim como ter uma estimativa das necessidades de hardware, software e largura de banda, com o crescimento da base de dados.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
	1. Log do servidor HTTP 2. Log do servidor FTP 3. Log das pesquisas efectuadas. 4. Estatística sobre a base de dados (nº de imagens, vídeos, nº de eventos para cada tipo, ...) 5. Recolha de dados importantes dos Logs e da Estatística da base de dados e construção de um relatório.

Tabela 32 – Caso de utilização Log/Estatística.

5.2.10. Gestão de logins (CU 7)

CU:	Gestão de utilizadores
Actores:	Administrador
Finalidade:	Gerir os acessos dos utilizadores ao site, à base de dados e ao servidor FTP.
Referencia:	R5
Descrição geral:	Pretende-se fazer a gestão dos utilizadores dos 3 sistemas (http, ftp, sql), de modo a que todas tenham o mesmo login e pass para cada utilizador. Construir uma aplicação que faça a gestão dos utilizadores e respectivas permissões nos 3 sistemas.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
1. Inicia quando o administrador quer adicionar um novo utilizador ao sistema 2. Insere os dados na aplicação (nome, endereço, email, qualificações e instituição a que pertence)	3. Cria login no 3 sistemas e acrescenta utilizador e respectiva informação à base de dados.

Tabela 33 – Caso de utilização Gestão de utilizadores.

5.2.11. Gestão de falhas (CU 8)

CU:	Gestão de falhas
Actores:	Administrador
Finalidade:	Adoptar o sistema com meios a não haver perdas ou corrupção de dados.
Referencia:	R4
Descrição geral:	A base de dados IEETA-CapDB vai possuir um conjunto de dados que não se quer que sejam perdidos ou corrompidos, pois significa a perda de exames e eventos anotados.
Sequencia típica de eventos	
Acção do Actor	Acção do sistema
	1. Backup automático programado da base de dados (sql e sistema de ficheiros)

Tabela 34 – Caso de utilização Gestão de falhas.

5.3. **Prioridades dos casos de utilização**

Para melhor organizar e planear o desenvolvimento, a SLIM obriga a priorizar os casos de utilização.

Casos de utilização	Prioridade	Estado actual
CU 1.1 - Upload de eventos	3	Completo
CU 1.2 - Upload de exames	3	Completo
CU 2 - Download	2	Por realizar
CU 3 - Pesquisa	2	Por realizar
CU 4 - Votação	2	Por realizar
CU 5.1 - Inserir de exames e eventos	3	Incompleto
CU 5.2 - Alterar de exames e eventos	2	Por realizar
CU 5.3 - Apagar de exames e eventos	2	Por realizar
CU 6 - Log/Estatística	1	Por realizar
CU 7 - Gestão de logins	2	Por realizar
CU 8 - Gestão de falhas	3	Por realizar

Tabela 35 – Prioridades dos casos de utilização

- 3 – Prioridade Máxima
- 2 – Prioridade Média
- 1 – Prioridade Mínima

No âmbito da presente tese, demos início ao desenvolvimento da *IEETA-CapDB*, sendo o estado actual reportado na coluna da Tabela 35.

5.4. Arquitectura de Implementação do Sistema

Os utilizadores da base de dados *IEETA-CapDB* podem aceder à base de dados através da Internet, quer para contribuições de exames ou eventos anotados quer para pesquisa e download de dados (Figura 57).

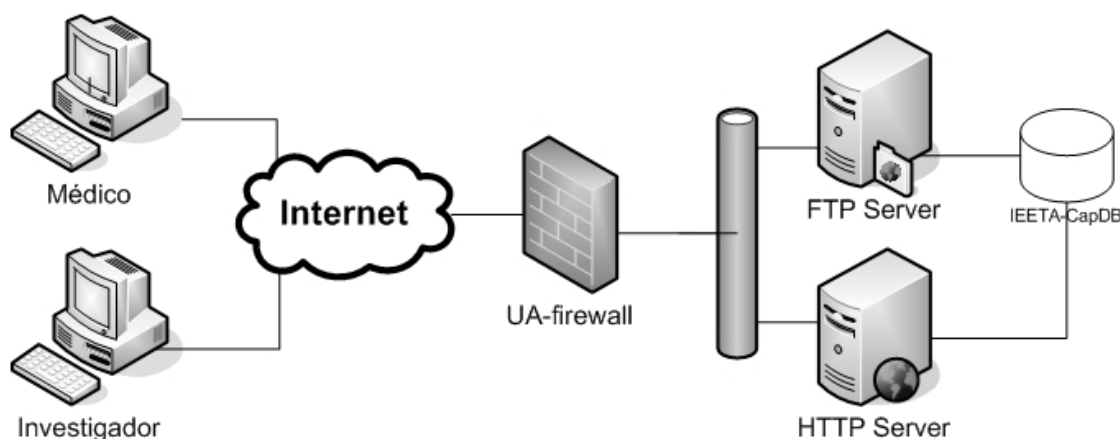


Figura 57 – Arquitectura geral da rede.

Um médico para contribuir para a base de dados tem de enviar os ficheiros resultantes da anotação dos exames/eventos para um servidor FTP. O administrador do sistema é avisado da chegada dos novos dados, verifica a validade destes e insere-os na base de dados, ficando só a partir deste momento disponível para pesquisa, download, ou para votações de outros médicos.

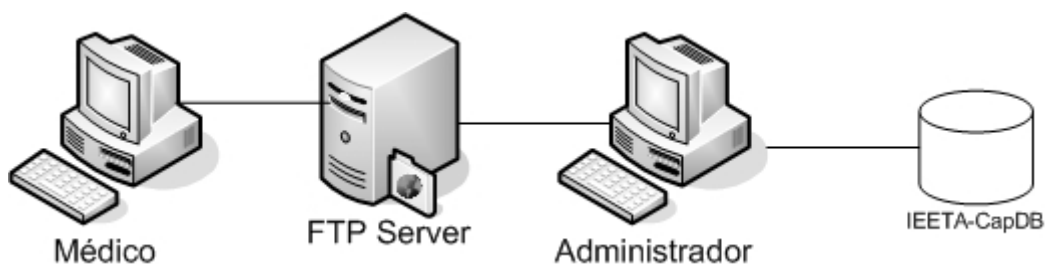


Figura 58 – Arquitectura simplificada para o upload de exames/eventos anotados.

O acesso à base de dados é feita via web, que após autenticação na página permite a pesquisa de eventos ou exames. Todas as operações sobre a base de dados serão feitas através do servidor HTTP excepto o download de ficheiros que pode ser feito também por FTP.

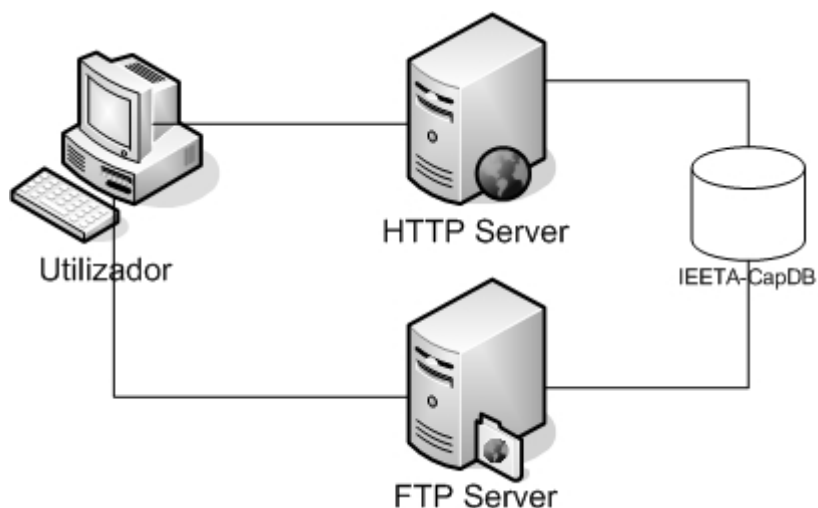


Figura 59 – Arquitectura simplificada para o acesso à base de dados.

5.5. *Arquitectura da estrutura da base de dados*

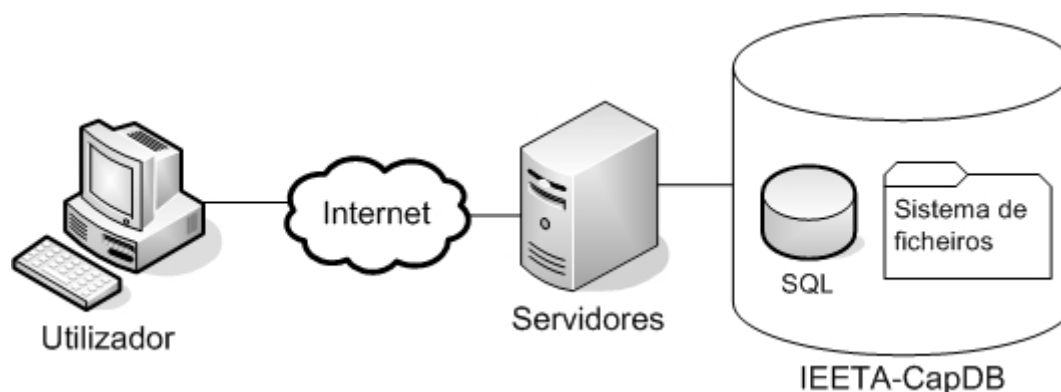


Figura 60 – Arquitectura da base de dados IEETA-CapDB.

A base de dados *IEETA-CapDB* é constituída por dois blocos de armazenamento de informação: uma base de dados SQL e o sistema de ficheiros (ver figura acima). A base de dados SQL contém toda a informação de anotação dos exames e dos eventos, enquanto que o sistema de ficheiros guarda os ficheiros dos exames e dos eventos.

5.5.1. Modelo Relacional da Base de Dados

Seguindo a SLIM, a arquitectura candidata do modelo relacional da base de dados é conseguido através de um diagrama de pacotes UML apresentados na Figura 61.

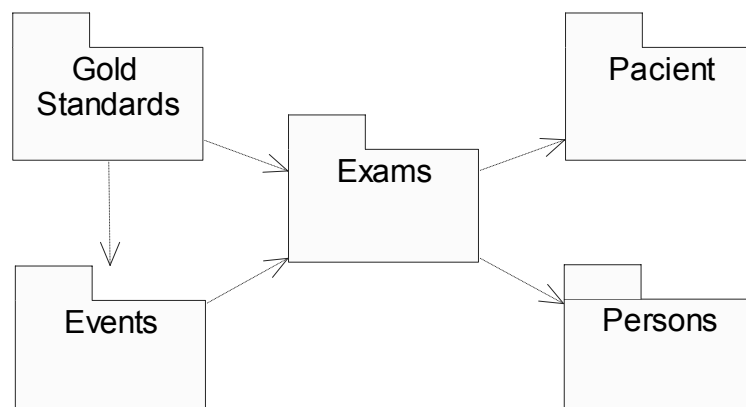


Figura 61 – Diagrama de pacotes do modelo relacional da base de dados

Nome	Descrição
Exams	Conjunto de tabelas que contém a informação sobre os exames (indicações, complicações, diagnóstico, etc.).
Events	Conjunto de tabelas que contém a informação sobre os eventos (localização, tipo, etc).
Gold Standards	Conjunto de tabelas que definem os gold standard de exames e eventos.
Patient	Conjunto de tabelas que contem a informação sobre os pacientes (data de nascimento, sexo, etc)
Person	Conjunto de tabelas que contem a informação sobre o examinador (nome, instituição, etc)

Tabela 36 – Descrição dos pacotes do modelo relacional da base de dados

Toda a informação dos exames e eventos anotados é armazenada numa base de dados relacional SQL. A base de dados foi implementada num servidor postgresQL através de um conjunto de 43 tabelas (Tabela 37 e Figura 62).

Nome da tabela	Descrição
Anatomic_Site	Localização anatómica dos eventos no tracto digestivo.
Annotation_Quality	Identifica a qualidade da anotação.
Body_Location	Localização especial do evento.
Characteristic_has_Attributes	Armazena os atributos das características dos exames.
Characteristics	Armazena as características dos exames.
Characteristics_attributes	Conjunto de nomes dos atributos disponíveis para as características dos exames.
Clarity	Identifica a visibilidade de uma anotação de evento do de um diagnóstico.
Complication_has_Attributes	Armazena os atributos das complicações dos exames.
Complications	Armazena as complicações dos exames.
Complications_attributes	Conjunto de nomes dos atributos disponíveis para

	as complicações dos exames.
Country	Conjunto de países do mundo.
Diagnostic	Armazena os diagnósticos dos exames.
Diagnostic_Attributes	Conjunto de nomes dos atributos disponíveis para os diagnósticos dos exames.
Diagnostic_has_Attributes	Armazena os atributos dos diagnósticos dos exames.
Endoscopy_Technology	Armazena os tipos de endoscopia dos exames.
Event	Armazena os eventos dos exames.
Event_Annotation	Armazena as anotações dos eventos
Event_Attributes	Conjunto de nomes dos atributos disponíveis para as anotações das lesões dos eventos (Event_Type).
Event_Type	Conjunto de nomes das lesões disponíveis para as anotações dos eventos.
EventAnnotation_has_EventType	Armazena as anotações das lesões dos eventos.
EventType_has_Attributes	Armazena os atributos das anotações das lesões dos eventos.
Exam	Armazena os exames.
Exam_Annotation	Armazena as anotações dos exames.
Exam_has_Characteristics	Armazena as características dos exames.
Exam_has_Complication	Armazena as complicações dos exames.
Exam_has_Reasons	Armazena as indicações dos exames.
ExamAnnotation_has_Diagnostic	Armazena os diagnósticos das anotações dos exames.
Files_event	Armazena a informação dos ficheiros dos eventos.
Files_exams	Armazena a informação dos ficheiros dos exames.
Gold_Standard	Conjunto de Gold Standard definidos na base de dados.
Gold_Standard_Events	Identifica os eventos que pertencem a determinado Gold Standard.
Gold_Standard_Exams	Identifica os exames que pertencem a determinado Gold Standard.
Institution	Armazena as instituições presentes na base de dados.
Organ	Define o conjunto de órgãos do tracto digestivo.
Patient	Armazena informação anónima sobre os pacientes presentes na base de dados.
Patient_table_id	Guarda os identificadores dos pacientes.
Person	Armazena informação os utilizadores presentes na base de dados.
Qualifications	Define a qualificação do anotador.
Reason_has_Attributes	Armazena os atributos das indicações dos exames.
Reasons	Armazena as indicações dos exames.
Reasons_attributes	Conjunto de nomes dos atributos disponíveis para as indicações dos exames.
Sex	Define o sexo de um paciente.

Tabela 37 – Tabelas SQL da base de dados.

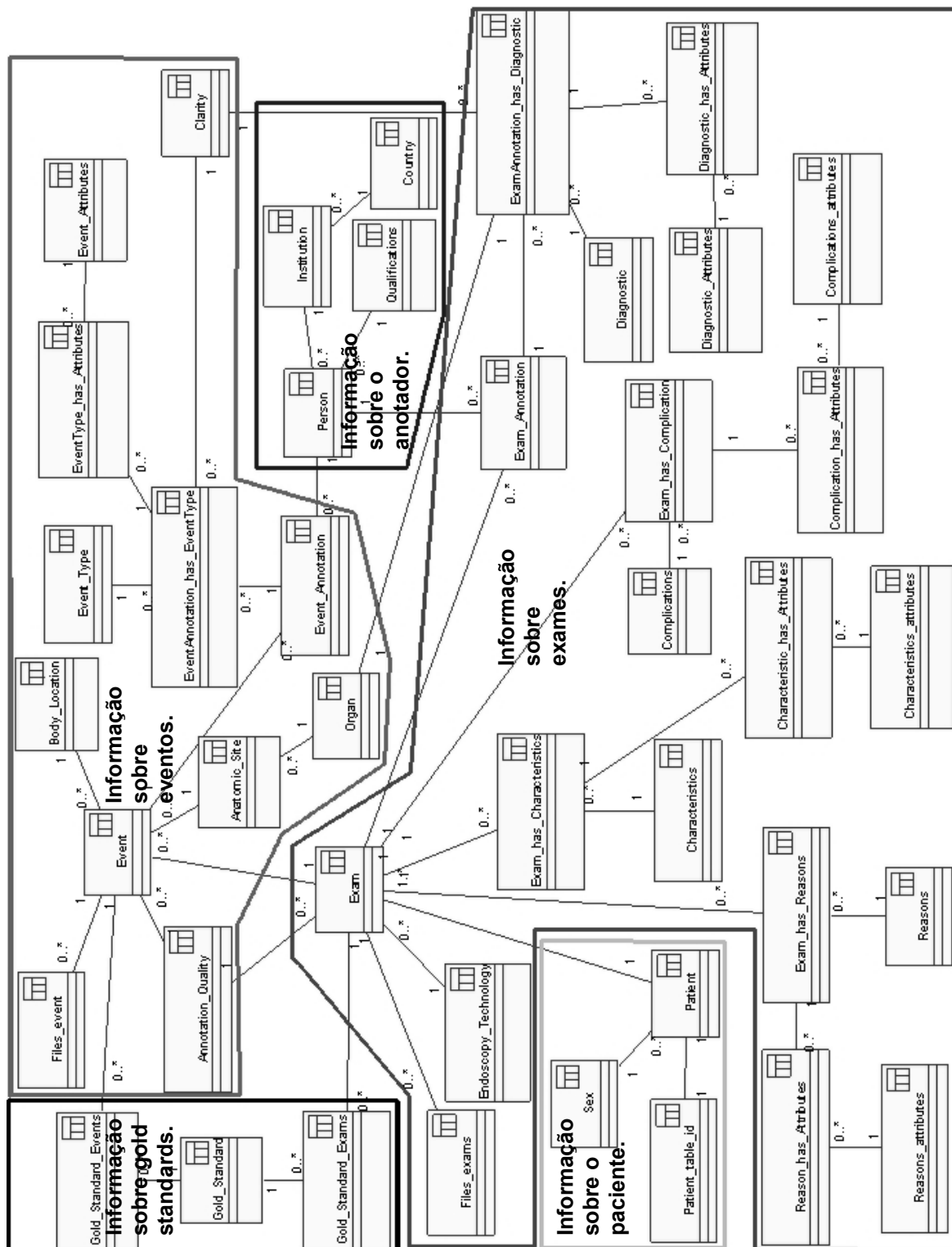


Figura 62 – Estrutura interna da base de dados (tabelas sql).

Na figura acima é apresentado o diagrama do modelo de dados usando o *IBM Rational's UML Data Modeling Profile* que é uma extensão da UML para a modelação de base de dados [UMLdm].

No anexo “*Implementação da base de dados de exames e eventos anotados - IEETA-CapDB*” é apresentada documentação mais detalhada de todas as tabelas e sua implementação em PostgreSQL.

Permissões das tabelas SQL

A base de dados é constituída por quatro tipos de tabelas, as estáticas, as dinâmicas, as públicas e as privadas. As estáticas são tabelas cujo conteúdo não varia ao longo do tempo, isto é, não é possível adicionar, remover ou alterar o seu conteúdo. As dinâmicas são tabelas que contém a informação introduzida pelos utilizadores. As tabelas publicas são todas aquelas que os utilizadores podem ler, enquanto que as privadas só podem ser lidas pelo administrador da base de dados.

	Tabelas públicas	Tabelas privadas
Tabelas estáticas (leitura)	Anatomic_Site Annotation_Quality Body_Location Characteristics Characteristics_attributes Clarity Complications Complications_attributes Country Diagnostic Diagnostic_Attributes Endoscopy_Technology Event_Attributes Event_Type Organ Qualifications Reasons Reasons_attributes Sex	

Tabelas dinâmicas (leitura e escrita)	Characteristic_has_Attributes Complication_has_Attributes Diagnostic_has_Attributes Event Event_Annotation EventAnnotation_has_EventType EventType_has_Attributes Exam Exam_Annotation Exam_has_Characteristics Exam_has_Complication Exam_has_Reasons ExamAnnotation_has_Diagnostic Files_event Files_exams Gold_Standard Gold_Standard_Events Gold_Standard_Exams Institution Patient Person Reason_has_Attributes	Patient_table_id
--	---	------------------

Tabela 38 – Permissões das tabelas na base de dados.

5.6. Aplicação de anotação de exames e eventos para a base de dados: IEETA-CapDB Annotation

5.6.1. Arquitectura da aplicação

A aplicação foi dividida em seis partes distintas com funções independentes: interface gráfica, ferramentas genéricas, processamento dos ficheiros XML, gestão dos dados dos exames em memória, manuseamento do vídeo/imagem e gestão das actividades da aplicação (anotação de exames e anotação de eventos). Esta divisão é apresentada na figura abaixo através de um diagrama de pacotes UML.

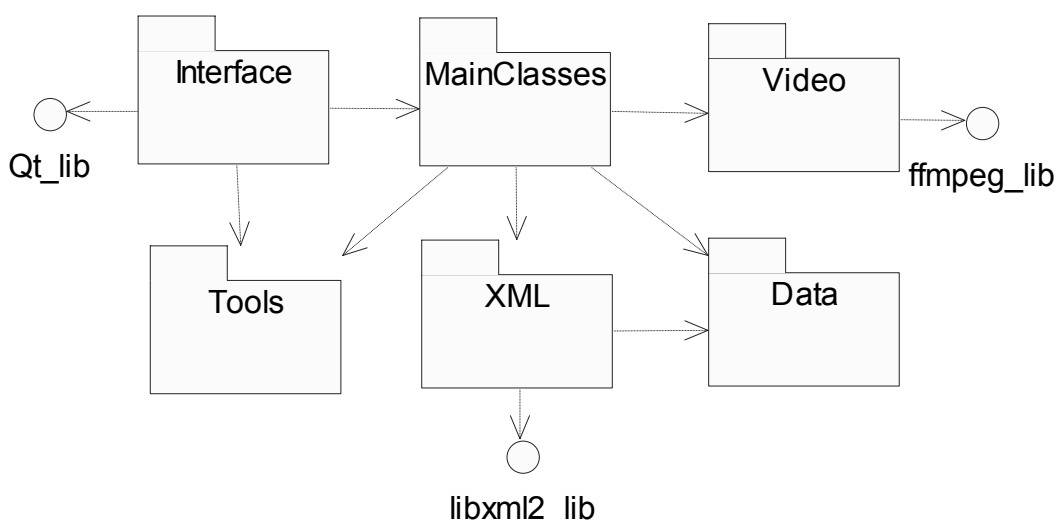


Figura 63 – Arquitectura da Aplicação (diagrama de pacotes)

Nome da classe	Descrição
MainClasses	Conjunto de principais classes que gerem o fluxo das actividades da aplicação (anotação de exames e eventos).
Vídeo	Classes responsáveis pela descodificação/codificação do vídeo e imagens. Usa a biblioteca externa ffmpeg.
XML	Classes que lêem ou escrevem ficheiros XML. Usa a biblioteca externa libxml2.
Data	Classes que armazenam e gerem os dados de um exame em memória.
Tools	Classes genéricas.
Interface	Classes responsáveis pela interface gráfica. Usa a biblioteca externa Qt.

Tabela 39 – Descrição dos pacotes do software IEETA-CapDB Annotation.

5.6.2. Diagrama de classes

Neste capítulo são apresentados em detalhe os vários pacotes através de diagramas de classe UML juntamente com tabelas explicativas das funcionalidades individuais de cada classe.

Data

O pacote Data contém todas as classes que gerem a informação em memória de um exame, desde a informação geral do exame (indicações, características, complicações e diagnóstico) e anotação de eventos (localização anatómica, localização espacial, tipo de evento, etc.) até à gestão da informação do relatório médico.

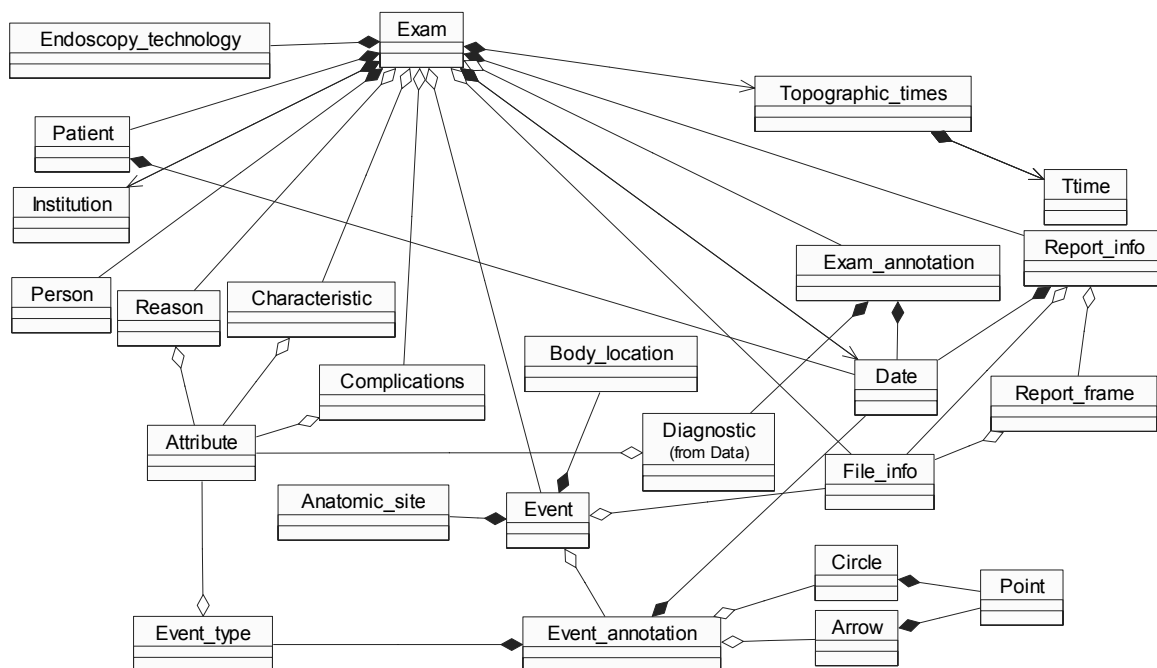


Figura 64 – Diagrama de classes do pacote Data.

Classes	Descrição
Exam	Gere toda a informação de um exame.
Endoscopy_technology	Especifica o tipo de endoscopia usado no exame.
Patient	Gere a informação sobre o paciente.
Institution	Gere a informação sobre uma instituição médica.
Person	Gere a informação sobre um elemento da instituição médica
Reason	Contém informação sobre uma indicação do exame
Characteristic	Contém informação sobre uma característica do exame
Complications	Contém informação sobre uma complicação do exame
Body_location	Especifica a localização espacial de um determinado evento.
Diagnostic	Contém informação sobre um diagnóstico do exame
Event_annotation	Contém informação sobre uma anotação de um evento.
Event	Contém informação sobre de um evento.
Event_type	Especifica o tipo de evento.
Attribute	Acrescenta informação extra à anotação do exame (Reason, Event_type, Characteristic e Complications tem todos atributos)
Exam_annotation	Contém informação sobre uma anotação de um exame.
Anatomic_site	Especifica a localização no tracto digestivo de um determinado evento.
Topographic_times	Contém informação os tempos de transito resultantes da segmentação do exame.
Ttime	Classe genérica que guarda informação dos tempos de transito.
Report_info	Gere informação sobre o relatório médico.
Report_frame	Contém informação sobre uma anotação a ser inserida no relatório
Date	Classe genérica que guarda informação sobre uma data.
File_info	Gere informação sobre um ficheiro.
Circle	Permite a definição de um circulo que localiza a lesão numa imagem.
Arrow	Permite a definição de uma seta, que localiza a lesão numa imagem.
Point	Classe genérica que contem informação de um ponto 2D.

Tabela 40 – Descrição das classes do pacote Data.

Qt

O pacote de Qt contém o conjunto das classes responsáveis pela interface da aplicação: pesquisa de exames, anotação dos eventos e dos exames.

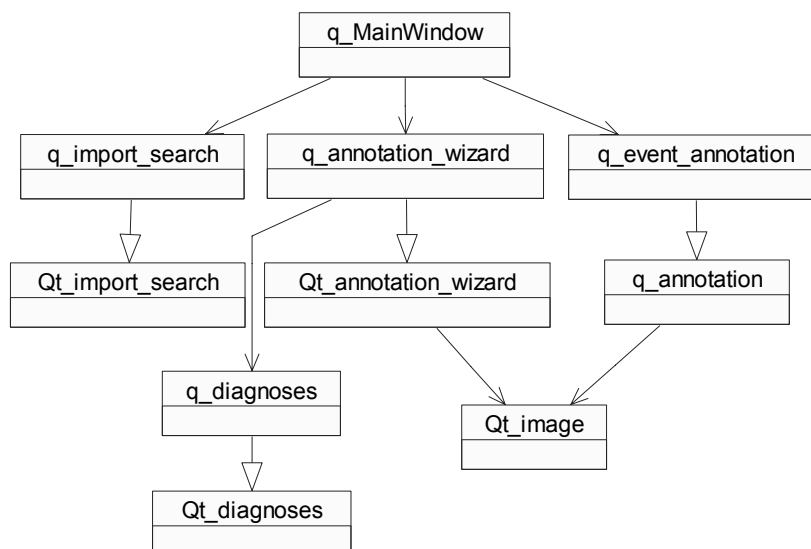


Figura 65 – Diagrama de classes do pacote Qt.

Classes	Descrição
q_MainWindow	Classe principal que gere todo o fluxo da aplicação.
Qt_import_search/ q_import_search	Interface gráfica responsável pela pesquisa se exames e eventos.
Qt_annotation_wizard/ q_annotation_wizard	Interface gráfica que permite a anotação dos exames.
q_annotation /q_Event_annotation	Interface gráfica que permite a anotação dos eventos.
Qt image	Permite a apresentação das imagens do exame ou eventos.
Qt_diagnoses/ q_diagnoses	Interface gráfica que permite a anotação de um diagnóstico do exame.

Tabela 41 – Descrição das classes do pacote Qt.

Video

O pacote *Video* agrega as classes responsáveis pela parte da imagem, isto é, decodificação do vídeo do exame, criação dos segmentos de vídeo dos eventos e respectivas imagens (JPG).

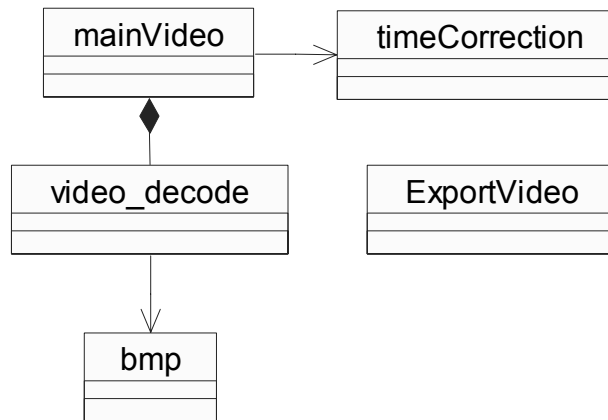


Figura 66 – Diagrama de classes do pacote Video.

Classes	Descrição
mainVideo	Classe responsável pelo fornecimento de imagens síncronas à aplicação.
video_decode	Classe responsável pela codificação/descodificação do vídeo dos exames.
Bmp	Responsável pela conversão das imagens para o formato BMP usado pela interface.
timeCorrection	Classe responsável pela sincronização das imagens do vídeo.
ExportVideo	Classe que permite a exportação de segmentos de vídeo.

Tabela 42 – Descrição das classes do pacote Video.

XML

O pacote XML é o responsável pela leitura dos vários formato de ficheiros XML (GIVEN, CapView) e pela escrita do ficheiro XML com as anotações do exame e dos eventos.

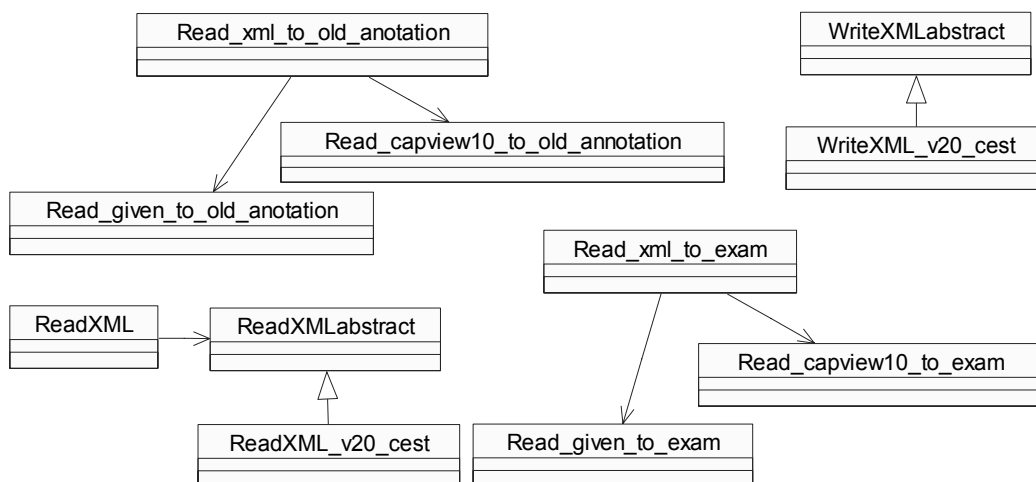


Figura 67 – Diagrama de classes do pacote XML.

Classes	Descrição
Read_xml_to_old_anoatation	Classe geral que converte os vários ficheiros com informação sobre o exame em texto para o utilizador conhecer a anotação antiga do exame e dos evento.
Read_given_to_old_anoatation	Classe que converte os ficheiros GIVEN com informação sobre o exame em texto para o utilizador conhecer a anotação antiga do exame e dos evento.
Read_capview10_to_old_anoatation	Classe que converte o ficheiro xml do CapView 1.0 em texto para o utilizador conhecer a anotação antiga do exame e dos evento.
Read_xml_to_exam	Lê o novo formato de XML para a estrutura exam.
Read_given_to_exam	Lê os ficheiros da GIVEN para a estrutura exam.
Read_capview10_to_exam	Lê o ficheiro XML do CapView 1.0 para a estrutura exam.
ReadXML	Classe genérica que lê os vários tipos de ficheiros para a estrutura exam.
ReadXMLabstract	Classe abstracta para a leitura de ficheiros XML com informação de exames.
ReadXML_v20_cest	Classe que lê de ficheiros XML com a anotação CEST (XML CapView Versão 2).
WriteXMLabstract	Classe abstracta para a escrita de ficheiros XML.
WriteXML_v20_cest	Classe que escreve de ficheiros XML com a anotação CEST (XML CapView Versão 2).

Tabela 43 – Descrição das classes do pacote XML.

MainClasses

O pacote *MainClasses* contém as classes que gerem o fluxo de dados da anotação de exames e da anotação de eventos.

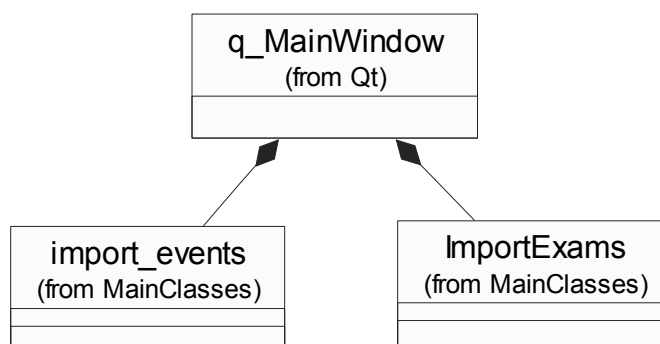


Figura 68 – Diagrama de classes do pacote MainClasses.

Classes	Descrição
import_events	Classe responsável pelo fluxo de anotação dos eventos.
ImportExams	Classe responsável pelo fluxo de anotação dos exames.

Tabela 44 – Descrição das classes do pacote MainClasses.

5.7. Sítio na Internet

A criação de um sítio na Internet é fundamental para este projecto sobre cápsula endoscópica. É através deste meio que se pretende divulgar o trabalho desenvolvido de forma a incentivar académicos, médicos especialistas, estudantes e público em geral, para discussões de todas as questões importantes da área.

Como o crescimento da base de dados depende das contribuições dos médicos gastroenterologistas de todo o mundo, e como a investigação na área da cápsula endoscópica pode evoluir mais rapidamente através do acesso da comunidade científica à base de dados, faz com que um dos principais objectivos do site seja a angariação e partilha de dados de cápsula endoscópica (Figura 69).

Neste sítio (www.CapView.org) é possível encontrar informação fundamental sobre cápsula endoscópica, notícias relevantes, conferências importantes e desenvolvimentos tecnológicos inovadores.

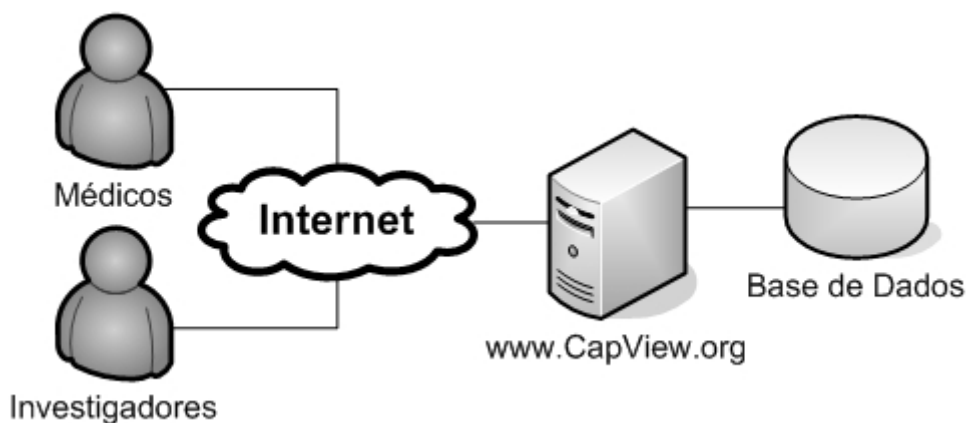


Figura 69 – Contribuições externas.

O site é composto por grupos de informação, alguns dos principais são (Figura 70):

New – Contém notícias relevantes.

Eventes – Contém acontecimentos importantes.

CapView - Apresenta a estrutura e respectivos objectivos do projecto CapView.

Annotation Software – Apresenta a informação relativa ao software de revisão de exames CapView 1.0.

Endoscopic Capsule – Agrega um conjunto de informações sobre a cápsula endoscópica.

Database – Que é a secção dedicada à base de dados. Será nesta secção que a base de dados de exame e eventos anotados ficará disponível.

navegação


- [Página Inicial](#)
- [News](#)
- [Events](#)
- [CapView](#)
- [Annotation Software](#)
- [Endoscopic Capsule](#)
- [Database](#)
- [Links](#)
- [About](#)

CapView

por [cap](#) – Última modificação 20/02/2006 18:17

Automatic Tools for Endoscopic Capsule Exams.

This website is an open platform for research in Endoscopic Capsule methods. It invites academics, medical specialists, students and the general public for discussions on all the important questions of this field.



In this site you can find information on endoscopic capsule fundamentals, relevant news, important conferences and major technological breakthroughs. A paralel objective is to collect and share anonymous endoscopic capsule data that is useful for both medical and engineering research on this field.

noticias

- Updated Research Section
20/06/2006
- CapView.org on CNGED 2006
20/06/2006
- CapView.org Publication
01/02/2006
- EndoCapsule
01/02/2006
- CapView.org on ICASSP 2006
11/01/2006

[Mais notícias](#)

acessar

Nome do Usuário

Senha

Julho 2006

Do	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sa
						1

Figura 70 – Pagina de Internet do projecto CapView

O Plone é o sistema de gestão de conteúdo (CMS) que é utilizado no site. É um dos CMS mais conhecidos em todo o mundo, e um dos mais poderosos. O Plone pode ser usado como um sistema para publicação de documentos ou como ferramenta para trabalho colaborativo entre entidades e corre em praticamente qualquer plataforma. O facto de o Plone ser um sistema poderoso, flexível, de fácil utilização e extensível, torna-o uma boa escolha para implementação do site [Plone06].

5.8. Resultados

5.8.1. IEETA-CapDB Annotation

O software *IEETA-CapDB Annotation* permite anotar exames ou eventos num formato compatível com a base de dados desenvolvida. Para facilitar este processo de anotação, o software importa o máximo de informação dos exames anotados com o software da Given ou CapView 1.0 (Figura 71). Na anotação de eventos, o tipo de evento escolhido inicialmente será o tipo de evento por defeito, de todos os eventos da pesquisa. Isto permite anotar rapidamente um conjunto de eventos todos do mesmo tipo.

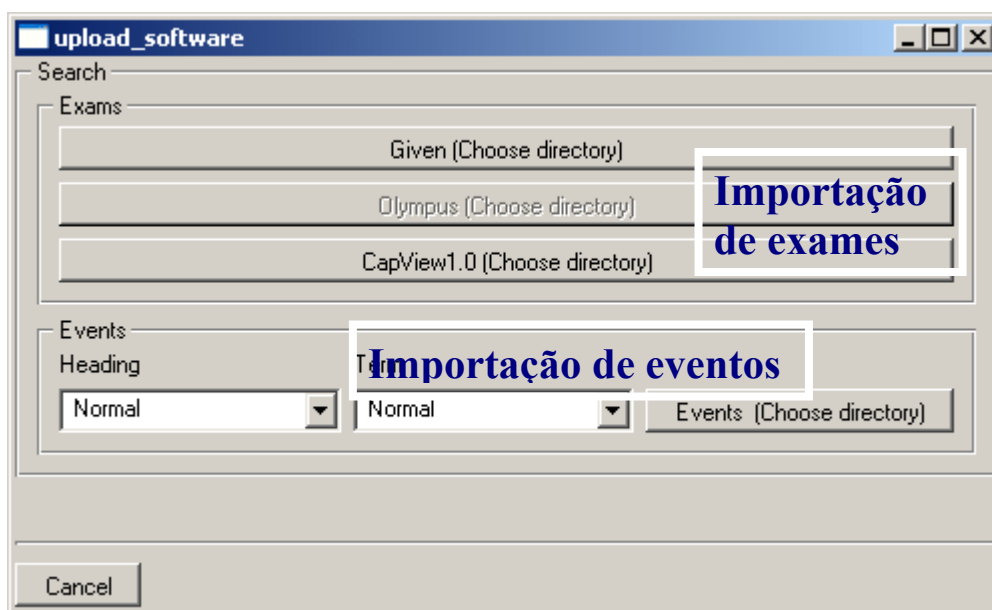


Figura 71 – Seleção de anotação de exames ou de eventos.

Importação de exames

Na anotação de exames é possível anotar os eventos do exame, as características do exame, as indicações, as complicações e os diagnósticos. Ver figuras 71 a 75.



Figura 72 – Anotação dos eventos de um exame.

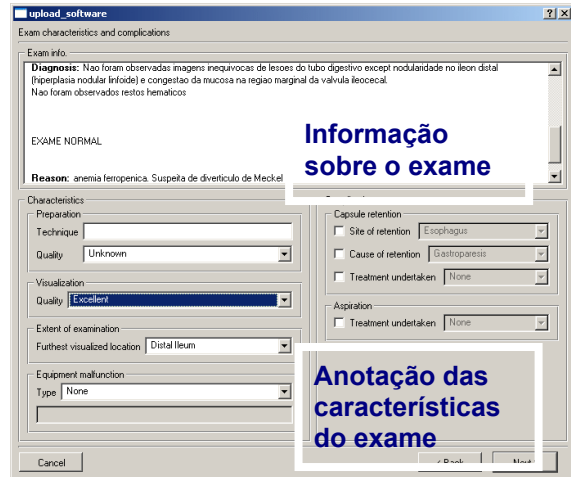


Figura 73 – Anotação das características de um exame.

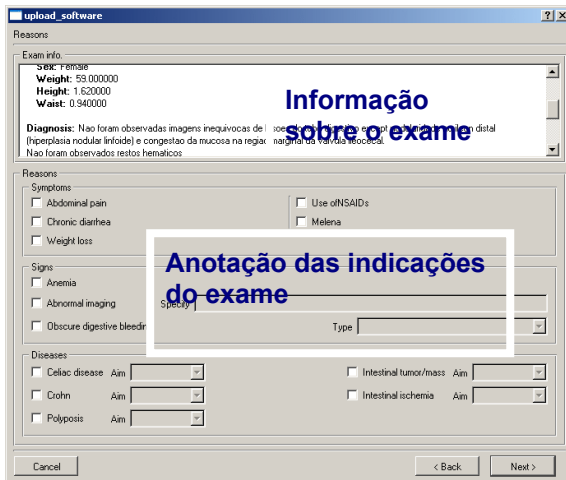


Figura 74 – Anotação das indicações de um exame.

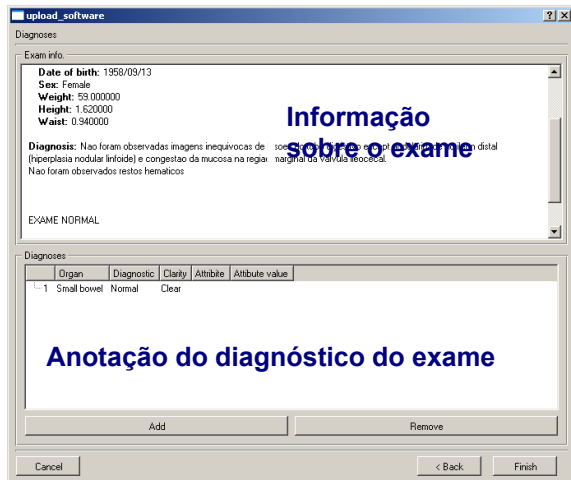


Figura 75 – Anotação do diagnóstico de um exame.

Importação de eventos

Na anotação de eventos é possível anotar o tipo de evento e respectiva visibilidade mas também acrescentar atributos de modo que o evento seja anotado de forma mais completa possível (Figura 76).



Figura 76 – Anotação de um eventos de uma directoria.

5.8.2. Base de dados IEETA-CapDB

A colaboração com médicos gastroenterologistas, permitiu angariar mais de 150 exames completos, 5 dos quais da nova cápsula endoscópica da *Olympus*, e mais de 20 000 eventos. Este conjunto de dados estão anotados com o software *RAPID* ou com o *CapView 1.0*, precisando por isso de ser novamente anotados com a aplicação *IEETA-CapDB Annotation* para que possam ser inseridos na base de dados. Esta tarefa deve ser realizada pelos médicos que efectuaram a anotação anterior, de modo a interpretarem as suas anotações de texto livre. A anotação dos exames antigos pelos médicos é uma tarefa que depende da disponibilidade destes, prevendo-se que seja demorada.

No entanto já foi possível criar o primeiro *gold standard*. Este é composto por 47 exames cujas marcações topográficas (junção esogástrica, piloro e válvula ileo-cecal) foram anotadas por 3 médicos diferentes [Soares2006]. Este *gold standard* permite medir a

qualidade não só dos resultados das ferramentas automáticas de segmentação topográfica desenvolvidas usando esta base de dados (Secção 3.2.2), como também a variabilidade da anotação manual.

6. Conclusões

6.1. *Resumo do trabalho*

A dissertação apresentada neste documento tem como objectivo principal apresentar um conjunto de soluções, que permitam diminuir o tempo de revisão de exames de cápsula endoscópica, que actualmente pode chegar a demorar duas horas por exame.

Para resolver o problema propôs-se três abordagens interdependentes: construção de um novo software de revisão de exames, construção de uma base de dados de exames e eventos anotados, e apoio à investigação científica.

O software de revisão de exames pretende melhorar a eficiência do médico examinador, através de uma anotação normalizada, a criação automática de relatórios flexíveis e adequados às necessidades de cada médico/instituição, e uma melhor gestão dos exames da estação de trabalho. Este software é também uma ferramenta de suporte ao desenvolvimento e teste de algoritmos de visão por computador e que integrará as ferramentas desenvolvidas.

Para apoiar e incentivar a investigação, é necessário disponibilizar informação clínica e de visão por computador, através da base de dados de exame e eventos anotados (IEETA-CapDB), à comunidade científica. Esta base de dados depende da contribuição de médicos gastroenterologistas que tem de fornecer exames e eventos anotados com uma linguagem normalizada.

6.2. *Resultados importantes*

O projecto *CapView* integrou duas áreas de investigação distintas: investigação clínica e de visão por computador. Este facto aliado à disponibilização do software *CapView 1.0*, despertou grande interesse dos médicos no projecto, permitindo uma forte colaboração destes.

Os médicos rapidamente se adaptaram ao software de revisão de exames *CapView 1.0* e à sua linguagem de anotação. Segundo estes, este software apresenta duas grandes vantagens, o gestor de exames e o relatório produzido (Capítulo 4).

Com a construção da base de dados de exames e eventos anotados de CE (Capítulo 5), foram criadas as condições para o aumento da investigação clínica e em visão por computador e possíveis resultados que irão permitir detecção automática de eventos e a consequente redução de tempo de revisão de vídeos de exames.

Ao nível desta investigação vários trabalhos foram já desenvolvidos pelo nosso grupo de trabalho. Em [Cunha2006] foi apresentada uma metodologia para medir o potencial dos descritores MPEG-7 na detecção de eventos de cápsula endoscópica. Os resultados demonstraram que os descritores “*Scalable Color*” e “*Homogenous Texture*” são os mais relevantes. Usando estes resultados foram desenvolvidos novos trabalhos [Coimbra2005] e [Coimbra2006] apresentados na secção 3.2.2, onde se efectua a divisão topográfica do tracto intestinal em quatro partes. Nestes dois trabalhos foram utilizados 60 exames anotados da IEETA-CapDB, e seus resultados podem ser comparados com a anotação manual do “*gold standard*”, também ele criado com exames desta base de dados

[Soares2006]. Em todas estas publicações, o trabalho aqui apresentado teve um papel importante de suporte e gestão da informação.

6.3. Trabalho futuro

A conclusão de todas as funcionalidades da base de dados IEETA-CapDB é uma prioridade no futuro próximo, de forma a disponibilizar os dados aos investigadores de todo o mundo, possibilitando o aumento da investigação na área.

No Capítulo 4 foi apresentada uma linguagem de anotação que sofreu uma evolução e a respectiva estrutura do ficheiro XML ajustado à nova linguagem, que actualmente não são suportadas pelo *CapView 1.0*. Esta é a razão pela qual a construção de uma nova versão de software deve ser considerada, de forma a integrar a nova anotação e possibilitar a inserção directa dos exames na base de dados.

A investigação em visão por computador constitui o maior desafio para o futuro que deve ser continuado e incentivado, pois é neste ponto que se espera retirar maiores benefícios para a análise de exames de CE.

Bibliografia

[Appleyard2001] M.N. Appleyard, A. Glukhovsky, J. Jacob, D. Gat, S. Lewkowicz, and P. Swain: Transit times of the wireless capsule endoscope. *Gastrointest. Endosc.* 53:AB122, 2001.

[Asari2000] K. Asari: A fast and accurate segmentation technique for the extraction of gastrointestinal lumen from endoscopic images. *Medical Engineering & Physics*, 22(2), 89-96, 2000.

[Berens2005] Jeff Berens, Michal Mackiewicz, e Duncan Bella: Stomach, Intestine and Colon tissue discriminators for Wireless Capsule Endoscopy images. *Medical Imaging 2005: Image Processing*, PT 1-3 5747: 283-290 Part 1-3 2005.

[Boulougoura2004] M. Boulougoura, E. Wadge, V. S. Kodogiannis, and H. S. Chowdrey: Intelligent systems for computer-assisted clinical endoscopic image analyses. *Proceedings of the Second International Conference Biomedical Engineering*, 2004.

[Bozzini1806] Bozzini P: Lichtleiter, eine Erfindung zur Ausschauung innere Theiler und Krankheiten. *Journal der Practischen Arzneykunde und Wunderartzney kunst* 24:107–24, 1806.

[Burgess1998] Burgess, C. J. C.: A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data Mining And Knowledge Discovery*. 2:121-167, 1998.

[Caspari2004] R. Caspari, M. Von Falkenhausen, C. Krautmacher, H. Schild, J. Heller, T. Sauerbruch: Comparison of Capsule Endoscopy and Magnetic Resonance Imaging for the Detection of the Small Intestine in Patients with Familial Adenomatous Peutz-Jeghers Syndrome. *Endoscopy* 35:1054-1059, 2004

[Caunedo2004] A. Caunedo, M. Rodríguez-Téllez, J. M. García-Montes, B. J. Gómez-Rodríguez, J. Guerrero1, J. M. Herrerías Jr., F. Pellicer and J. M. Herrerías: Usefulness of capsule endoscopy in patients with suspected small bowel disease. *Revista Española de enfermagem digestivas* 96:10-21, 2004

[Cave2005] D. Cave, P. Legnani, R. de Franchis, B. S. Lewis: ICCE Consensus for Capsule Retention. *Endoscopy* 37:1065-1067, 2005

[Chang2001] S. F. Chang, T. Sikora, and A. Puri: Overview of the MPEG-7 standard. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* 11(6):688–695, 2001.

[Coimbra2005] M. Coimbra, P. Campos, and J.P. Silva Cunha: Extracting clinical information from endoscopic capsule exams using MPEG-7 visual descriptors IEE EWIMT 2005 em Londres.

[Coimbra2006] M. Coimbra, P. Campos, and J.P. Silva Cunha: Topographic segmentation and transit time estimation for endoscopic capsule exams. *IEEE ICASSP 2006*.

[Coimbra2006-2] M. Coimbra, J. Kustra, P. Campos, J.P. Silva Cunha, "Combining Color with Spatial and Temporal Position of the Endoscopic Capsule for Improved Topographic Classification and Segmentation", submetido ao SAMT 2006, Atenas, Grécia, 2006

- [Cortes1995] Cortes, C. & V. Vapnik: Support-vector networks. *Machine Learning* 20(3): 273-297, 1995.
- [Culliford2005] A. Culliford, J. Daly, B. Diamond, M. Rubin, and P. H. R. Green: The value of wireless capsule endoscopy in patients with complicated celiac disease. *Gastrointestinal Endoscopy*, 62(1): 55–61, 2005.
- [Cunha2006] Coimbra, M.T.; Cunha, J.P.S.: MPEG-7 Visual Descriptors - Contributions for Automated Feature Extraction in Capsule Endoscopy. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions*, 16(5): 628-637, 2006.
- [Delvaux2000] Delvaux M, Crespi M, Computer Committee of ESGE. Minimal standard terminology in digestive endoscopy. *Endoscopy* 32: 162-188, 2000;
- [Desormeaux1855] Desormeaux AJ: De l'Endoscopie, instrument propre a' ec lairer certaines cavities interieures de l'economie. *Compte rendus de L'Academie des Sciences*; 40:692–3, 1855.
- [D'Halluin2005] D'Halluin PN, Delvaux M, Lapalus MG, Sacher-Huvelin S, Ben Soussan E, Heyries L, Filoche B, Saurin JC, Gay G, Heresbach D.: Does the "Suspected Blood Indicator" improve the detection of bleeding lesions by capsule endoscopy?. *Gastrointestinal Endoscopy* 61(2):243-249, 2005.
- [Eliakim2004] Rami Eliakim: Wireless capsule video endoscopy: Three years of experience. *World J Gastroenterol* 10(9):1238-1239, 2004
- [FFmpeg] <http://ffmpeg.sourceforge.net/>
- [Gerson2005] Lauren B. Gerson, Jacques Van Dam: Wireless Capsule Endoscopy and Double-Balloon Enteroscopy for the Diagnosis of Obscure Gastrointestinal Bleeding. *Tech Vasc Interventional Rad* 7:130-135, 2005.
- [GivenHP] <http://www.givenimaging.com>
- [Hara2005] A. K. Hara: Capsule endoscopy: the end of the barium small bowel examination? *Abdom Imaging* 30:179–183, 2005
- [Herrerias2003] Herrerias, J. M., Caunedo, A., Rodriguez-Tellez, M., Pellicer, F. & Herrerias, J. M. Jr.: Capsule endoscopy in patients with suspected Crohn's disease and negative endoscopy. *Endoscopy* 35: 564–568, 2003.
- [Hwang2005] Hwang, S., Oh, J., Lee, J., Cao, Y., Tavanapong, W., Liu, D., Wong, J., and de Groen, P. C. 2005. Automatic measurement of quality metrics for colonoscopy videos. In *Proceedings of the 13th Annual ACM international Conference on Multimedia*, 912-921, 2005
- [Ian2004] Ian D.R. Arnott, Simon K.L.O: The Clinical Utility of Wireless Capsule Endoscopy. *Digestive Diseases and Sciences*, 49:893-901, 2004
- [Iddan2000] Iddan G, Meron G, Glukhovsky A, Swain P: Wireless capsule endoscopy. *Nature* 405:417, 2000.
- [Kaiser2003] Wireless Capsule Endoscopy , Kaiser Permanente, Volume 17 No. 21, 2003.
- [Karkanis2000] S.A. Karkanis, G.D. Magoulas, D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, N. Theofanous: Tumor recognition in endoscopic video images. 26th EUROMICRO Conference, Maastricht, Netherlands, 423 – 429, 2000.

- [Kecman2002] V. Kecman, "Learning and soft computing: Support vector machines, neural networks and fuzzy logic models", Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- [Korman2005] Korman, L. Y.; Delvaux, M.; Gay, G.; Hagemuller, F.; Keuchel, M.; Friedman, S.; Weinstein, M.; Shetzline, M.; Cave, D.; de Franchis, R: Capsule Endoscopy Structured Terminology (CEST): Proposal of a Standardized and Structured Terminology for Reporting Capsule Endoscopy Procedures. *Endoscopy* 37(10): 951-959, 2005.
- [Krishnan2003] M. P. Tjoa, S. M. Krishnan, M. M. Zheng: A Novel Endoscopic Image Analysis Approach using Deformable Region Modeln to Aid in Clinical Diagnosis. *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 25:710-713, 2003 (ISBN 0-7803-7789-3) .
- [Kuncheva2005] F. Vilarinao, L. I. Kuncheva, and P. Radeva: ROC curves and video analysis optimization in intestinal capsule endoscopy. *Pattern Recognition Letters, Special Issue on ROC Analysis*, 2005.
- [Leighton2004] Jonathan A. Leighton, Virender K. Sharma, Komandoor Srivathsan, Russell I. Heigh, Tony L. McWane, Janice K. Post, Sara R. Robinson, LPN, Jane L. Bazzell, David E. Fleischer: Safety of capsule endoscopy in patients with pacemakers. *Gastrointestinal Endoscopy* 59:567-569, 2004
- [Liangpunsakul2003] Suthat Liangpunsakul, Lori Mays, e Douglas K. Rex: Performance of Given Suspected Blood Indicator. *The American Journal of Gastroenterology* 98:2676-2678, 2003 (ISSN 0002-9270)
- [libxml2] <http://xmlsoft.org/>
- [Longman2002] *Agile Software Development*, Cockburn and Highsmith, Addison Wesley Longman, Inc., 2002
- [Mackay1957] Mackay, R. S. & Jacobson, B. *Nature* 179:1239–1240, 1957.
- [Mackiewicz2006] Michał Mackiewicz, Jeff Berens, Mark Fisher: Wireless Capsule Endoscopy colour video segmentation. *Transactions on Medical Imaging*, 2006.
- [Manjunath2001] B. S. Manjunath, J. R. Ohm, V. V. Vasudevan, and A. Yamada: Color and texture descriptors. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 11(6): 703-715, 2001.
- [Mata2005] Alfredo Mata, Josep Llach, Antoni Castells, Josep M. Rovira, Maria Pellise, Angels Gine's, Gloria Ferna'ndez-Esparrach, Montserrat Andreu, Josep M. Bordas, Josep M. Pique: A prospective trial comparing wireless capsule endoscopy and barium contrast series for small-bowel surveillance in hereditary GI polyposis syndromes. *Gastrointestinal Endoscopy* 61:721-725, 2005
- [Mercer1909] Mercer, J.: Functions of positive and negative types and their connection with the theory of integral equations. *Transactions of the London Philosophical Society (A)* 209:415-446, 1909
- [Meron2000] Gavriel D. Meron: The development of the swallowable video capsule (M2A), *Gastrointestinal Endoscopy* 52:817-819, 2000
- [Mylonaki2003] Mylonaki M, Fritscher-Ravens A, Swain P.: Wireless capsule endoscopy: a comparison with push enteroscopy in patients with gastroscopy and colonoscopy-negative gastrointestinal bleeding. *Gut* 52:1122-1126, 2003.
- [Noller1960] Noller, H. G. *Deutsche Med. Wsch.* 85:1707, 1960.

- [Oliveira2004] Ilídio C. Oliveira, João Paulo Cunha: SLiM versão 1.1., 2004
- [Ontario2003] Wireless Capsule Endoscopy, ISBN 0-7794-6377-3, Ontario, 2003
- [Papadakis2005] K. A. Papadakis, S. K. Lo, Z. Fireman, S. Hollerbach: Wireless Capsule Endoscopy in the Evaluation of Patients with Suspected or Known Crohn's Disease. *Endoscopy* 37:1018-1022, 2005.
- [Pennazio2005] M. Pennazio: Small-Intestinal Pathology on Capsule Endoscopy: Tumors. *Endoscopy* 37:1008-1017, 2005.
- [Phillip2005] Phillip K. Chang, Elizabeth G. Holt, Willem J. S. de Villiers, Bernard R. Boulanger: A New Complication from a New Technology: What a General Surgeon Should Know About Wireless Capsule Endoscopy, *71:455-458*, 2005
- [Plagianakos2001] V.P. Plagianakos G.D. Magoulas e M.N. Vrahatis: Tumor detection in colonoscopic images using hybrid methods for on-line neural network training. 4th International Conference "Neural Networks and Expert Systems in Medicine and Healthcare" 2001.
- [Plone06] <http://plone.org/>, 2006
- [Qt06] <http://www.trolltech.com/>, 2006
- [RUP] The Rational Unified Process: An Introduction. Philippe Kruchten, 1998
- [Scholkopf1995] B. Scholkopf, C. Burges, and V. Vapnik, "Extracting support data for a given task", in Proc. 1st International Conf. on Knowledge Discovery Data Mining, U.M. Fayyad and R. Uthurusamy, Eds. Menlo Park, CA, 1995.
- [Scholkopf1999] Scholkopf, B., S. Mika, C. J. C. Burges, P. Knirsch, K. R. Muller, G. Ratsch, & A. J. Smola. Input space versus feature space in kernel-based methods. *IEEE Transactions on Neural Networks* 10: 1000-1017, 1999
- [Signorelli2005] C. Signorelli, F. Villa, E. Rondonotti, C. Abbiati, G. Beccari, R. de Franchis: Sensitivity and Specificity of the Suspected Blood Identification System in Video Capsule Enteroscopy. *Endoscopy* 37:1170-1173, 2005.
- [Soares2006] J. Soares, F. Baldaque, L. Lopes, M. Coimbra, J.P. Silva Cunha, "Precisão e Eficiência da Anotação Topográfica Manual de Exames de Cápsula Endoscópica", (abstract) in Proc. of 26th National Meeting in GastroEnterology, Porto, Portugal, 2006.
- [Sousa2002] Artur Afonso de Sousa: Base de Dados WEB e XML, FCA – Editora de informática 2002, ISBN: 972-722-321-4.
- [Spada2005] C. Spada, G. Spera, M. Riccioni, L. Biancone, L. Petruzzello, A. Tringali, P. Familiari, M. Marchese, G. Onder, M. Mutignani, V. Perri, C. Petruzzello, F. Pallone, G. Costamagna: A Novel Diagnostic Tool for Detecting Functional Patency of the Small Bowel: the Given Patency Capsule. *Endoscopy* 37:793-800, 2005
- [Sped06] <http://www.sped.pt/>, 2006
- [Spyridonos2005] P. Spyridonos, F. Vilarino, J. Vitri`a, and P. Radeva: Identification of intestinal motility events of capsule endoscopy video analysis. *ACIVS* 531–537, 2005
- [Stavros2003] Stavros A. Karkanis, Dimitris K. Iakovidis, Dimitris E. Maroulis, Dimitris A. Karras e M. Tzivras: Computer-Aided Tumor Detection in Endoscopic Video Using

- Color Wavelet Features. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 7:141-152, 2003.
- [Swain2002] A.F. Ravens, C.P. Swain: The wireless capsule: new light in the darkness. Digestive Diseases 20:127-133, 2002.
- [Swain2005] P. Swain: Wireless capsule endoscopy and Crohn's disease. Gut, 54:. 323–326, 2005.
- [Szczypinski2004] P. M. Szczypinski, P. V. J. Sririam, R. D. Sririam, and D. Reddy: Computerized image analysis of wireless capsule endoscopy videos using a dedicated web-like model of deformable rings - a feasibility study. Endoscopy,. 36(I):A76, 2004.
- [Tjoa2003] Marta P Tjoa e Shankar M Krishnan: Feature extraction for the analysis of colon status from the endoscopic images. BioMedical Engineering OnLine 2003, 2
- [Tuyt2004] S.A.C. van Tuyt, E.J. Kuipers, R. Timmer, M.F.J. Stolk: Video capsule endoscopy: procedure, indications and diagnostic yield. The Netherlands Journal of Medicine 62:225-228, 2004
- [UML06] <http://www.uml.org/>, 2006
- [UMLdm] Davor Gornik: UML Data Modeling Profile - Rational software from IBM. 2002
- [Vapnik1998] Vapnik, V. N.: Statistical Learning Theory. John Wiley & Sons;. 1998.
- [Vilariño2005] Fernando Vilariño, Panagiota Spyridonos, Jordi Vitrià and Petia Radeva: Self Organized Maps for Intestinal Contractions Categorization with Wireless Capsule Video Endoscopy. The 3rd European Medical and Biological Engineering Conference, 2005 (ISSN: 1727-1983).
- [VisualMPEG-7] Multimedia Content Description Interfaces. Part 3: Visual (in MPEG-7) Transl.:ISO/IEC 15938-3:2002.
- [Wang2002] Wang, P.; Krishnan, S.M.; Huang, Y.; Srinivasan, N.: An adaptive segmentation technique for clinical endoscopic image processing. 2:1084-1085, 2002
- [Waqar2004] Waqar A. Qureshi: Current and future applications of the capsule camera. Nature Reviews Drug Discovery 3:447-450, 2004
- [Wikipédia06] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Endoscopia>, 2006
- [XML06] <http://www.w3.org/XML/>, 2006
- [XML-Schema06] <http://www.w3.org/XML/Schema>, 2006
- [XSL06] <http://www.w3.org/Style/XSL/>, 2006
- [Yamamoto2005] Hironori Yamamoto, Hiroto Kita: Enteroscopy. Gastroenterol; 40:555-562, 2005.
- [Zworkin1957] Zworkin, V. K. Nature 179 :898, 1957.

ANEXOS