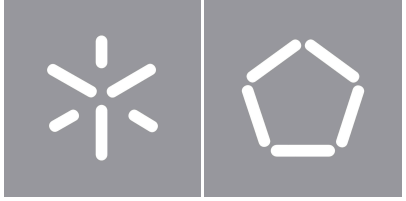
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gonçalo Braz Afonso

OCR para documentos estruturados antigos
Old structured documents OCR

janeiro 2024



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gonçalo Braz Afonso

OCR para documentos estruturados antigos
Old structured documents OCR

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho efetuado sob a orientação de
José João Antunes Guimarães Dias Almeida

janeiro 2024

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho:

[Caso o autor pretenda usar uma das licenças Creative Commons, deve escolher e deixar apenas um dos seguintes ícones e respetivo lettering e URL, eliminando o texto em itálico que se lhe segue. Contudo, é possível optar por outro tipo de licença, devendo, nesse caso, ser incluída a informação necessária adaptando devidamente esta minuta]

CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ *[Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. É recomendada para maximizar a disseminação e uso dos materiais licenciados.]*

CC BY-SA

https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/ *[Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos. Esta licença costuma ser comparada com as licenças de software livre e de código aberto «copyleft». Todos os trabalhos novos baseados no seu terão a mesma licença, portanto quaisquer trabalhos derivados também permitirão o uso comercial. Esta é a licença usada pela Wikipédia e é recomendada para materiais que seriam beneficiados com a incorporação de conteúdos da Wikipédia e de outros projetos com licenciamento semelhante.]*

CC BY-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/ *[Esta licença permite que outras pessoas usem o seu trabalho para qualquer fim, incluindo para fins comerciais. Contudo, o trabalho, na forma adaptada, não poderá ser partilhado com outras pessoas e têm que lhe ser atribuídos os devidos créditos.]*

CC BY-NC

https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/ *[Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, e embora os novos trabalhos tenham de lhe atribuir o devido crédito e não possam ser usados para fins comerciais, eles não têm de licenciar esses trabalhos derivados ao abrigo dos mesmos termos.]*

CC BY-NC-SA

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/ *[Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que lhe atribuam a si o devido crédito e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos.]*

CC BY-NC-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/ *[Esta é a mais restritiva das nossas seis licenças principais, só permitindo que outros façam download dos seus trabalhos e os comparti-*

lhem desde que lhe sejam atribuídos a si os devidos créditos, mas sem que possam alterá- los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.]

Agradecimentos

Escreva aqui os seus agradecimentos. Não se esqueça de mencionar, caso seja esse o caso, os projetos e bolsas dos quais se beneficiou enquanto fazia a sua investigação. Pergunte ao seu orientador sobre o formato específico a ser usado. (As agências de financiamento são bastante rigorosas quanto a isso.)

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, Braga, janeiro 2024

Gonçalo Braz Afonso

Resumo

A digitalização de documentos permitiu uma nova forma de salvaguardar informação para a prosperidade, evitando a sua perda para o deterioramento físico destes. De forma a posteriormente transcrever estes documentos para permitir uma consulta, procura, processamento e manipulação mais simples destes o uso de software de **OCR** é essencial. Esta tecnologia é no entanto dependente, em diferentes níveis, das características do seu alvo, nomeadamente: qualidade da imagem, complexidade da estrutura do documento, linguagem do texto. Documentos mais antigos, em especial jornais por apresentarem estruturas mais complexas, apresentam por este motivo resultados que diferem bastante do seu conteúdo original; tanto a nível do texto reconhecido, como da sua organização para os diferentes outputs disponíveis (ex.: txt simples).

A tarefa de extrair informação destes documentos, como por exemplo o isolamento e extração de artigos, torna-se numa tarefa complexa e propícia a erros. Este trabalho pretende então a criação de uma ferramenta ou um conjunto de ferramentas que permitam auxiliar o processo de extração de conteúdo de documentos, primeiramente mas não exclusivamente, mais antigos e de estruturados, com especial foco em jornais. A pipeline do projeto pretende então ser capaz de detetar e lidar com os diferentes pontos de risco nestes documentos: qualidade da imagem, erros nos resultados de **OCR**, segmentação e organização do documento, criação do output organizado.

Diferentes alternativas para **OCR** assim como métodos de tratamento destes problemas serão estudados, comparados e implementados de forma a encontrar a melhor solução para a resolução deste problema. O produto final implementado será composto por uma ferramenta utilizável num formato de um **GUI** simples ou comando de consola.

Para documentos antigos a linguagem, como mencionado, pode afetar os resultados de **OCR**. Deste modo, como objetivo secundário, propõe-se a criação de uma ferramenta que facilite a criação de um dicionário para diferentes iterações de uma linguagem para este ser posteriormente fornecido ao motor **OCR**.

Palavras-chave OCR, Digitalização, Documentos estruturados, Documentos antigos, Segmentação de documentos, Tratamento de imagem, Modernização de texto

Abstract

Write abstract here (en)

Keywords OCR, Digitalization, Structured documents, Old documents, Document segmentation, Image treatment, Text modernization

Conteúdo

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Acrónimos

EA Estado da Arte.

GUI graphic user interface.

OCR reconhecimento óptico de caracteres.

RPD Relatório de Pré-Dissertação.

Parte I

Material Introdutório

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

A digitalização tem um papel fundamental na conservação, disponibilização e proliferação de documentos físicos, não só contemporâneas, como de eras anteriores à revolução da informação. Esta tecnologia, acoplada a ferramentas de **OCR**, veio trazer uma facilidade de navegação, consulta e manipulação destes documentos que anteriormente não era possível.

A eficácia de **OCR** é no entanto dependente de vários fatores nas imagens ou ficheiros alvo: a qualidade das imagens, como a resolução, estado do documento, coloração, qualidade/tipo de escrita; a estrutura dos documentos - quanto mais complexo, mais difícil é obter a informação de forma automática mantendo a congruência original; linguagem do texto, sendo que por vezes diferentes tecnologias, como por exemplo **Tesseract**, procuram verificar a sua confiança na deteção com o vocabulário conhecido, o qual pode no entanto não coincidir com a época de produção do documento; entre outras.

Estas dependências são especialmente notórias quando se envolvem documentos mais antigos, os quais podem, além de apresentar envelhecimento causado pelo tempo e danos pelas condições de armazenamento, devido às limitações tecnológicas assim como por vezes à falta de convenções de formatação dos documentos, não dispor de uma consistência no formato e texto (estrutura, alinhamento, dimensões dos caracteres, fonte de texto consistente, etc.) usual nos documentos atuais. Estes fatores, resultam então num reconhecimento de texto não tão satisfatórios como se esperaria.

Estes documentos antigos são mais comummente, mas não exclusivamente, reconhecidos como anteriores à era da digitalização, sendo que o foco de trabalho será maioritariamente dirigido a documentos desta época, como jornais, revistas e outros, do século passado ou anteriores.

Em especial documentos com estruturas complexas, como é o caso de jornais, onde é possível a segmentação em diferentes partes com conteúdo e propósito distinto e ao mesmo tempo uma ordem de leitura complexa i.e., não segue apenas regras simples de posição do conteúdo (texto da esquerda antes

do texto da direita e cima antes de baixo) mas que exige também noção das características e relação do conteúdo.

Mesmo para ficheiros do tipo **hOCR** ou **PDF**, que já passaram por um processo de reconhecimento de texto, a complexidade da estrutura dos documentos originais ou problemas nos elementos que contém o texto (como por exemplo elementos sobrepostos ou que se intersetam) dificultam a extração e interpretação do seu conteúdo, podendo ser facilmente perdida a lógica original.

Por estas razões, seria útil uma ferramenta que permita uma deteção e tratamento destes documentos de forma automática e de uso simples, permitindo um certo nível de configuração para adaptação entre tipos de documentos com características bem definidas e distintas.

O presente documento pretende então servir como um estudo dos desafios apresentados por estes tipos de documentos perante **OCR**, assim como a procura de soluções para a melhoria dos resultados na deteção e extração de texto e assim criar uma ferramenta que torne o processo de extração de informação destes tipos de documentos mais simples e fiável.

Como trabalho complementar, é proposta a implementação de um método de modernização do conteúdo extraído, envolvendo a criação de uma ferramenta capaz de criar dicionários entre diferentes iterações de uma mesma linguagem.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é a realização de um estudo sobre os problemas apresentados à extração de conteúdo de documentos de estrutura complexa - mantendo a sua lógica original -, assim como a implementação de uma solução para resolver ou mitigar estes desafios, aumentando a confiança na informação extraída. Em termos dos casos alvo do trabalho, será prioridade o estudo de jornais com texto máquina. Jornais por serem um particular tipo que apresenta mais dificuldades e se encontra em maior procura de soluções; e texto máquina por ser mais comum para este tipo de documento. Esta segunda restrição é menos relevante pois não é uma dificuldade do trabalho e pode ser resolvida perante a escolha da tecnologia a usar.

Especificando, os objetivos são:

- Estudo sobre os diferentes softwares de **OCR** disponíveis e as diferenças entre estes.
- Estudo as dificuldades que documentos podem apresentar no processo de reconhecimento de texto.

- Estudar o trabalho desenvolvido sobre a área de tratamento de imagem, identificação de tipo de documento, segmentação de documentos, algoritmos de cálculo da ordem de leitura, melhoramento de resultados de OCR e métricas de validação de resultado OCR.
- Estudar trabalhos com âmbito similar ou relacionado ao presente.
- Implementação de um conjunto de ferramentas dirigidas à solução dos problemas propostos.
- Implementação de uma ferramenta em formato **GUI** e comando de consola que aplique uma pipeline cujo input seria um ficheiro - imagem, pdf, hOCR -, identifique e trate de problemas deste se necessário para melhorar os resultados de OCR, e por fim devolva um output que mantenha a lógica e conteúdo do documento original.
- Secundário : ferramenta para criação de dicionário de linguagem para modernização de documentos. Ferramenta tem como input duas versões de um documento na mesma linguagem mas iterações diferentes e dá como output um dicionário entre as versões.

  Estudo sobre alinhamento de documentos.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação segue a seguinte estrutura:

- Capítulo 1: Breve contextualização sobre o tema proposto, as dificuldade impostas por documentos estruturados e com digitalizações ou condições físicas degradadas nos resultados **OCR** e a utilidade de uma ferramenta para o tratamento destas. Além disso foram listados os objetivos do trabalho.
- Capítulo 2: Estudo sobre o estado da arte nos tópicos relacionados ao tema da dissertação, as suas dificuldades e soluções destas; estudo de trabalho anteriormente realizado com âmbito similar ao atual.
- Capítulo 3: Listagem dos diferentes problemas que a solução irá abranger e os desafios que estes apresentam.
- Capítulo 4: Descrição da solução implementada, a sua arquitetura, componentes e características.
- Capítulo 5: Apresentação e estudo dos resultados da solução implementada.

- Capítulo 6: Reflexão sobre o trabalho realizado, os resultados e a experiência obtida, assim como uma breve exploração de caminhos para trabalho futuro do projeto.
- Capítulo 7: No último capítulo é explicado o plano de desenvolvimento da dissertação.

Capítulo 2

Estado da arte

Neste capítulo, será feita uma exposição do estado da arte das tecnologias relacionadas com o tema ou relevantes para o projeto, assim como trabalhos relacionados, quer no mesmo tema ou envolvente - algoritmos relevantes para o desenvolvimento -, procurando plantar uma base para o trabalho realizado e futuro, entendendo o que já foi explorado e o que está para vir em alguns casos.

2.1 Digitalização de documentos

2.2 Reconhecimento ótico de caracteres

2.2.1 Introdução

O reconhecimento ótico de caracteres é a tecnologia base do projeto proposto, estando presente em qualquer instância ou caso de estudo que será explorado, inclusive no caso em que sejam utilizados ficheiros do género **hOCR**, onde não será no software implementado, aplicado o processo de **OCR**, tal deve-se ao facto de estes serem um resultado de **OCR**.

Na sua essência e como o nome indica, software de reconhecimento ótico de caracteres permitem a deteção e transcrição de texto a partir de imagens, de forma automática e autónoma. Utilizando esta habilidade, abriu-se a possibilidade de tornar os documentos digitalizados ao longo do tempo numa fonte mais útil de informação: navegada, consultada e editada mais facilmente. Isto pois, embora a digitalização de documentos seja um grande passo para a sua preservação, a sua consulta posterior requer a adição de dados adicionais, como meta-dados, para permitir a sua indexação.

2.2.2 Breve história e evolução

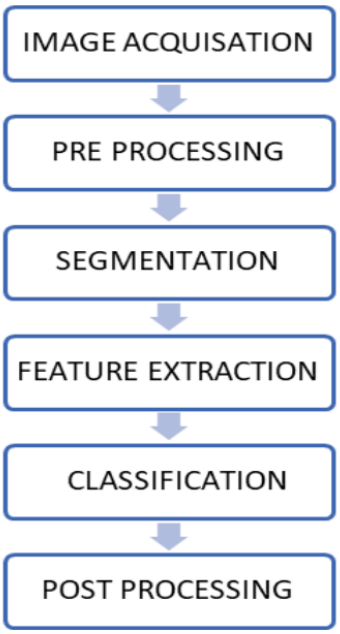
Srihari et al. [2003] e Berchmans and Kumar [2014] apresentam a história do reconhecimento ótico de

caracteres desde a conceção do seu ideal no século XIX como uma tecnologia para auxílio de pessoas com impedimentos na leitura, até aos pontos alcançados na última década onde até escrita humana se tornou num desafio, até certo ponto, conquistável. As primeiras instâncias de reconhecimento óptico realizado por máquinas deu-se no final do séc. XIX, mais especificamente em 1870 por Charles R. Carey com a criação de um scanner de retina, mas é necessário esperar até meio do século seguinte e a consequente evolução que decorreu nesta área, para a subárea de reconhecimento de caracteres começar a ver a sua comercialização com a invenção de David Shepard: GISMO. A génese desta tecnologia começou num formato bastante limitado, sendo capaz apenas de reconhecer um conjunto muito limitado de caracteres de uma fonte específica a um ritmo de 1 caráter por minuto, isto em condições de input bem controladas (papel sem ruído, apenas com o texto a ser reconhecido). Esta considerada por Berchmans and Kumar [2014] como a primeira geração de **OCR**. A segunda geração começa a dar os primeiros passos no processamento de escrita humana, como é exemplo o *IBM 1287* na década de 60. A terceira geração, nas décadas de 70 e 80, introduziu um maior foco no processamento da escrita humana e na capacidade de lidar com problemas na imagem original. A quarta geração tornou-se capaz de tratar documentos complexos com misturas entre texto e imagens, assim como qualidades de inputs menos favoráveis, documentos com cor e mais precisão com texto manuscrito. Atualmente com a evolução das técnicas de pré processamento, assim como os algoritmos de reconhecimento e a ascensão da inteligência artificial [Mittal and Garg, 2020], a precisão e flexibilidade dos softwares de **OCR** são capazes de, até em imagens de paisagens, segmentar e reconhecer texto localmente de forma automática e com pouco pré processamento. Além disso, embora tenha sido o foco anteriormente em software **OCR** pago e dedicado a um tipo específico de documentos, a implementação de softwares mais geral e de uso aberto tem-se tornado mais vulgar. Em algumas instâncias complexas - documento complexo e linguagem com caracteres fora do latim -, já existe tecnologia capaz de obter taxas de acerto acima dos 95% mesmo para texto escrito à mão [Mittal and Garg, 2020].

2.2.3 Processo OCR

Um software **OCR** pode ter reconhecimento online ou offline [Srihari et al., 2003][Berchmans and Kumar, 2014]. O primeiro é reconhecimento em tempo real, em que usualmente o input é feito num dispositivo como um tablet digitalizador, no formato de um conjunto de coordenadas, podendo portanto ser mais preciso a custo de menor flexibilidade na entrada. O mais comum, método offline, recebe como um input por norma uma imagem com o documento finalizado. O bitmap desta imagem será utilizado o alvo do reconhecimento de caracteres. Utilizando este último método um tipo de entrada menos contro-

lado, exige uma fase pré processamento mais minuciosa do que o reconhecimento online. Focando no reconhecimento offline, este pode ser geralmente divido em 6 partes:



- **Aquisição de input** : imagem a ser reconhecida, incluindo algoritmos de compressão do próprio formato guardado.
- **Pré processamento** : técnicas de manipulação do input para melhorar resultado de **OCR**
- **Segmentação** : segmentação do input, a vários níveis, de modo a isolar o melhor possível os conteúdos relevantes, i.e. o texto.
- **Extração de características** : processo de reconhecimento de características dos caracteres isolados.
- **Classificação** : utilizando as características calculadas é feita a decisão sobre a sua identidade.
- **Pós processamento** : técnicas para melhoria do resultado, como por exemplo a correção de erros ortográficos. Por vezes pode alterar o documento original se este contiver erros deste tipo.

O **Pré Processamento** é um passo essencial para o aumento do acerto do reconhecimento de texto, sendo que ele pretende remover imperfeições do input como: baixo contraste das linhas, texto mal delimitado, ruído de imagem, orientação do documento ou do texto (principalmente manuscrito). Em alguns casos mais complexos, com ajuda de inteligência artificial, também é possível a reposição de partes parciais de uma imagem que foram perdidas.

A **Segmentação** é usada para isolar o conteúdo útil do resto da imagem podendo envolver vários passos como: segmentação da página para separar texto do resto do conteúdo; segmentação de caracteres, com o intuito de os separar em caracteres individuais, algo que é especialmente difícil com escrita à mão devido à tendência em criar ligações entre caracteres ou mesmo de os unir; tratamento e normalização dos caracteres isolados - normalização do tamanho, filtração morfológica.

A **Extração de Características** (Feature Extraction) trata-se do processo de deteção e cálculo das características dos caracteres, para a criação do classificador (dependendo da arquitetura) e anotação do que distingue o caráter alvo. Este processo é possivelmente o mais aberto para variações e que, juntamente com o classificador, mais influencia o resultado. Diferentes técnicas de extração de características

e **Classificação** são utilizadas e foram estudadas durante as últimas décadas: desde *template matching* [Srihari et al., 2003] onde são usados algoritmos para cálculo de similaridade entre um template e o alvo, a segmentação de características como presença de loops ou traços verticais maiores [Srihari et al., 2003], ou distribuições de pixeis [Mittal and Garg, 2020]. Para texto humano, este processo torna-se ainda mais complexo devido à necessidade de lidar com múltiplos caracteres invés de singulares. A classificação passava por um processo de comparação do valor das características calculado com diferentes templates, porém mais recentemente, o uso de estratégias no ramo de machine learning são mais comuns: redes neuronais, support vector machines e k- nearest neighbor; são alguns dos modelos mais utilizados [Mittal and Garg, 2020] Berchmans and Kumar [2014]. Por vezes, o classificador utiliza conhecimento do léxico de uma linguagem para ajudar na sua classificação, sendo que documentos com linguagem desatualizada poderão sofrer nesse caso.

O **Pós Processamento** é responsável pelo tratamento do output, responsável por mitigar ou corrigir alguns erros do reconhecimento, desde correções ortográficas a posicionamento na página [Mittal and Garg, 2020].

2.2.4 Desafios

Com a evolução da tecnologia, os problemas foram mudando de foco, tendo passado por um longo período em que a maior prioridade era a capacidade de reconhecimento de caracteres para além de um escopo limitado, tanto em termos de identidade como estilo, para a capacidade de tratar a imagem de forma a que o reconhecimento tenha uma maior taxa de acerto. Alguns dos maiores desafios atualmente para **OCR** são:

- documento original : danos no objeto; texto ilegível ou com um tipo de letra muito complexo; linguagem desatualizada; estrutura complexa.
- imagem : má iluminação; múltiplas páginas com orientação diferentes orientações; baixa resolução; pouco contraste; ruído.
- classificador ou extrator de features não adequado para uma dada linguagem.

Dentro destes, o processamento de estruturas complexas será o foco principal e o esperado maior contributo deste trabalho.

2.2.5 Tecnologias OCR

Presentemente, com a proliferação permitida pela internet e a globalização, a disponibilização de ferramentas de **OCR**, anteriormente primariamente privilégio de instituições ou empresas, como bancos [Srihari et al., 2003], tornou-se trivial, acessível através de itens do dia a dia como um computador ou telemóvel de forma gratuita, ex.: Google Lens.

Alguns destes softwares que serão utilizados neste estudo são:

- **Tesseract**
- **Keras-OCR**
- **PaddleOCR**

2.3 Trabalho relacionado

2.3.1 Tratamento para OCR

2.3.2 Identificação de imagens

2.3.3 Segmentação de documentos

2.3.4 Ordem de leitura

Capítulo 3

O problema e os seus desafios

O problema e os seus desafios

3.1 Imagens

Exemplo de inserção de uma imagem como texto exibido,

— dentro no texto, bla-bla

— ou em formato flutuante

Figura 1: Legenda

Parte II

Core da Dissertação

Capítulo 4

Contribuição

Principais resultados e as suas evidências cientificas.

4.1 Introdução

4.2 Sumário

Capítulo 5

Aplicações

Aplicação do resultado principal (exemplos e casos de estudo)

5.1 Introdução

5.2 Sumário

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

Conclusões e trabalho futuro.

6.1 Conclusões

6.2 Perspetiva de trabalho futuro

Capítulo 7

Planeamento

7.1 Atividades

Tarefa	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Background e **EA**	•	•	•							
Preparação do **RPD**		•	•	•						
Contribuição				•	•	•	•	•	•	
Escrita							•	•	•	•

Tabela 1: Plano de atividades.

Bibliografia

Deepa Berchmans and S S Kumar. Optical character recognition: An overview and an insight. In *2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, pages 1361–1365, 2014. doi: 10.1109/ICCICCT.2014.6993174.

Rishabh Mittal and Anchal Garg. Text extraction using ocr: A systematic review. In *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, pages 357–362, 2020. doi: 10.1109/ICIRCA48905.2020.9183326.

Sargur N. Srihari, Ajay Shekhawat, and Stephen W. Lam. *Optical Character Recognition (OCR)*, page 1326–1333. John Wiley and Sons Ltd., GBR, 2003. ISBN 0470864125.

Parte III
Apêndices

Apêndice A
Trabalho de apoio

Resultados auxiliares.

Apêndice B
Detalhes dos resultados

Detalhes de resultados cuja extensão comprometeria a legibilidade do texto principal.

Apêndice C
Listings

Se for o caso.

Apêndice D
Ferramentas

(Se for o caso)

Utilizadores de LaTeX devem consultar TUG , o grupo de utilizadores TeX .

Coloque aqui informação sobre financiamento, projeto FCT, etc. em que o trabalho se enquadra. Deixe em branco caso contrário.