

# NCE/16/00001 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

---

## Apresentação do pedido

### Perguntas A1 a A4

---

**A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:**

*Universidade Aberta*

**A1.a. Outras Instituições de ensino superior / Entidades instituidoras:**

*Universidade De Coimbra*

**A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):**

*Departamento De Ciências E Tecnologia (UAb)*

*Faculdade De Ciências E Tecnologia (UC)*

**A3. Designação do ciclo de estudos:**

*Doutoramento em Álgebra Computacional*

**A3. Study programme name:**

*Doctoral Degree in Computational Algebra*

**A4. Grau:**

*Doutor*

### Perguntas A5 a A10

---

**A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:**

*Matemática*

**A5. Main scientific area of the study programme:**

*Mathematics*

**A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):**

*046*

**A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**

*461*

**A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**

*481*

**A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:**

*240*

**A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006, de 26 de Março):**

*4 anos, 8 semestres*

**A8. Duration of the study programme (art.º 3 DL-74/2006, March 26th):**

*4 years, 8 semesters*

**A9. Número máximo de admissões:**

*25*

**A10. Condições específicas de ingresso:**

*Podem candidatar-se ao doutoramento:*

- a) os titulares do grau de mestre, ou equivalente legal, nas áreas da matemática ou informática;*
- b) os titulares de grau de licenciado, ou equivalente legal, nas áreas da matemática ou informática detentores de um currículo escolar ou científico que seja reconhecido pelo órgão competente como atestando capacidade para a realização do doutoramento;*
- c) a título excecional, os detentores de um currículo escolar e científico que seja reconhecido pelo órgão competente como atestando capacidade para a realização do doutoramento.*

**A10. Specific entry requirements:**

*Potential candidates for the doctoral course:*

- a) holders of a master's degree (or equivalent qualification) in mathematics or computer science;*
- b) holders of an undergraduate degree (or equivalent qualification) in mathematics or computer science, or candidates with a relevant professional or academic curriculum that is recognized as evidence of the candidate's capacity to complete the doctoral course;*
- c) on an exceptional basis, holders of an outstanding professional or academic curriculum, that is recognized as evidence of the candidate's capacity to complete the doctoral course.*

**Pergunta A11****Pergunta A11**

**A11. Percursos alternativos como ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):**

*Não*

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)**

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, specialization areas of the master or specialities of the PhD (if applicable)**

Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento:

Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD:

*<sem resposta>*

**A12. Estrutura curricular****Mapa I -**

**A12.1. Ciclo de Estudos:**

*Doutoramento em Álgebra Computacional*

**A12.1. Study Programme:**

*Doctoral Degree in Computational Algebra*

**A12.2. Grau:**

*Doutor*

**A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

*<sem resposta>*

**A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):**

*<no answer>*

**A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained for the awarding of the degree**

Área Científica / Scientific Area

Sigla /  
Acronym

ECTS Obrigatórios /  
Mandatory ECTS

ECTS Mínimos Optativos\* / Minimum  
Optional ECTS\*

|                                                                                  |         |            |          |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|----------|
| Matemática/Mathematics                                                           | MAT/MAT | 220        | 0        |
| Tecnologias de Informação e Comunicação/Information and Communication Technology | TIC/ICT | 20         | 0        |
| <b>(2 Items)</b>                                                                 |         | <b>240</b> | <b>0</b> |

## Perguntas A13 e A16

---

### A13. Regime de funcionamento:

*Outros*

#### A13.1. Se outro, especifique:

*Educação a distância em regime online*

#### A13.1. If other, specify:

*Online Distance Learning*

### A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

*O curso de doutoramento assumirá um funcionamento primordialmente baseado no EaD online, recorrendo a plataforma e-learning, aplicando o modelo pedagógico virtual em uso na UAb. Durante os três anos de preparação da tese de doutoramento está previsto um contacto semanal com o orientador em modalidades a acordar entre ambos. Esta agenda de contactos deve ser entregue à coordenação no início da orientação, e no dia 1 de cada mês o orientador e o estudante deverão informar a coordenação do cumprimento do programa estabelecido para o mês anterior.*

### A14. Premises where the study programme will be lectured:

*The doctoral course will be taught primarily via online open distance learning (ODL), using an e-learning platform, which includes virtual laboratory facilities, and applying UAb's e-learning pedagogical model. During the three-year period stipulated for the preparation of the doctoral thesis, supervisor and student are to have weekly contact in a mode to be arranged between them.*

### A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):

[A15\\_Reg\\_Creditacao\\_Formacao\\_Anterior.pdf](#)

### A16. Observações:

*<sem resposta>*

### A16. Observations:

*<no answer>*

## Instrução do pedido

### 1. Formalização do pedido

---

#### 1.1. Deliberações

##### Mapa II - Conselho Científico da Universidade de Coimbra

#### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Conselho Científico da Universidade de Coimbra*

#### 1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_Ata CC.pdf](#)

##### Mapa II - Senado da Universidade de Coimbra

#### 1.1.1. Órgão ouvido:

*Senado da Universidade de Coimbra*

#### 1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[1.1.2.\\_Despacho\\_108\\_2016\\_Criacao\\_3CE\\_Algebra\\_Computacional\\_Consorcio\\_UC\\_UAb2.pdf](#)

**Mapa II - Conselho Científico da Universidade Aberta****1.1.1. Órgão ouvido:***Conselho Científico da Universidade Aberta***1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):**[1.1.2.\\_Deliberacao CC\\_UAb.pdf](#)**Mapa II - Conselho Pedagógico da Universidade Aberta****1.1.1. Órgão ouvido:***Conselho Pedagógico da Universidade Aberta***1.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):**[1.1.2.\\_Delibera12\\_CP\\_2016UAb3.pdf](#)**1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos****1.2. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos****A(s) respetiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa V.***João Araújo / Ana Paula Santana***2. Plano de estudos**

---

**Mapa III - - 1º ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Doutoramento em Álgebra Computacional***2.1. Study Programme:***Doctoral Degree in Computational Algebra***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

---

| Unidade Curricular / Curricular Unit                    | Área Científica / Scientific Area (1) | Duração / Duration (2) | Horas Trabalho / Working Hours (3) | Horas Contacto / Contact Hours (4) | ECTS / Observations (5) | Observações / Observations (5) |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Teoria de grupos/Group theory                           | MAT/MAT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| Teoria de semigrupos/Semigroup theory                   | MAT/MAT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| Lógica/Logic                                            | MAT/MAT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| GAP em grupos e semigrupos/GAP in groups and semigroups | MAT/MAT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| Raciocínio automático/Automated reasoning               | TIC/ICT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| Programação/Programming                                 | TIC/ICT                               | Semestral/Semester     | 260                                | 10                                 | 10                      |                                |
| <b>(6 Items)</b>                                        |                                       |                        |                                    |                                    |                         |                                |

**Mapa III - - 2º ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Doutoramento em Álgebra Computacional***2.1. Study Programme:***Doctoral Degree in Computational Algebra***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular /<br>Curricular Unit | Área Científica /<br>Scientific Area (1) | Duração /<br>Duration (2) | Horas Trabalho /<br>Working Hours (3) | Horas Contacto /<br>Contact Hours (4) | ECTS | Observações /<br>Observations (5) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|
| Tese/Thesis<br>(1 Item)                 | MAT/MAT                                  | Anual/annual              | 1560                                  | 60                                    | 60   |                                   |

**Mapa III - - 3º ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Doutoramento em Álgebra Computacional***2.1. Study Programme:***Doctoral Degree in Computational Algebra***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***3º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***3th year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular /<br>Curricular Unit | Área Científica /<br>Scientific Area (1) | Duração /<br>Duration (2) | Horas Trabalho /<br>Working Hours (3) | Horas Contacto /<br>Contact Hours (4) | ECTS | Observações /<br>Observations (5) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|
| Tese/thesis<br>(1 Item)                 | MAT/MAT                                  | Anual/Annual              | 1560                                  | 60                                    | 60   |                                   |

**Mapa III - - 4º ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Doutoramento em Álgebra Computacional***2.1. Study Programme:***Doctoral Degree in Computational Algebra***2.2. Grau:***Doutor***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***<sem resposta>***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***<no answer>***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***4º ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***4th year***2.5. Plano de Estudos / Study plan**

| Unidade Curricular /<br>Curricular Unit | Área Científica /<br>Scientific Area (1) | Duração /<br>Duration (2) | Horas Trabalho /<br>Working Hours (3) | Horas Contacto /<br>Contact Hours (4) | ECTS | Observações /<br>Observations (5) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|
| Tese/Thesis<br>(1 Item)                 | MAT/MAT                                  | Anual/Annual              | 1560                                  | 60                                    | 60   |                                   |

**3. Descrição e fundamentação dos objetivos, sua adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição, e unidades curriculares****3.1. Dos objetivos do ciclo de estudos****3.1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:**

*O DAC visa potenciar a área da álgebra computacional no espaço lusófono. Trata-se de uma área em expansão nos países mais desenvolvidos, e foi objecto de recomendação explícita feita por painéis de matemáticos internacionais contratados pelo governo português para avaliar/assessorar o desenvolvimento da investigação em Portugal. Por outro lado, as técnicas de ensino online aperfeiçoadas academicamente nas duas últimas décadas, e plasmadas em particular no modelo pedagógico da Universidade Aberta, permitem a constituição de equipas docentes com elevada qualidade, visto o novo paradigma permitir juntar investigadores de reconhecido prestígio internacional, estejam eles em que parte do mundo estiverem. Com este curso pretende-se pois aproveitar essas possibilidades e colocar um grupo de professores nacionais e estrangeiros, muito activos e conceituados na área da álgebra computacional, em contacto com alunos de todo o espaço lusófono (e não só) interessados neste tópico.*

**3.1.1. Generic objectives defined for the study programme:**

*The PhDCA aims at developing the area of computational algebra in the Lusophone space. This is a growing subject in advanced countries and has been explicitly recommended for development by an international mathematical panel hired by the Portuguese government to assess/advise the development of Science in Portugal. Moreover, the online teaching techniques developed in the last two decades, in particular in the Open University pedagogical model, allow the creation of high quality teaching teams, as we can bring together internationally recognized researchers wherever in the world they are located. This PhD program aims at taking advantage of these possibilities and put a group of national and international researchers, very active and recognized in the field of Computational Algebra, in contact with students from the Portuguese-speaking world (and elsewhere) interested in this topic.*

**3.1.2. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes:**

*Espera-se que, ao concluir o DAC, os estudantes estejam capazes de:*

- 1- Classificar os principais resultados, modelos e ferramentas computacionais associados à teoria de grupos, semigrupos, lógica, loops, etc., bem como compreender as suas potencialidades e analisar e formular problemas em aberto tendo em vista a aplicação/exploração do conhecimento no desenho de novas ferramentas informáticas.*
- 2- Desenvolver autonomamente, de forma crítica e imaginativa, projectos de novas packages computacionais quer para os sistemas GAP (Groups, Algorithms and Programming; GAP - [www.gap-systems.org](http://www.gap-systems.org)) quer para o prover9/Mace4.*

*3- Gerir processos de mudança resultantes da introdução das novas tecnologias e técnicas, quer a nível teórico (descoberta de novos teoremas/algoritmos) quer a nível computacional (introdução de novos instrumentos informáticos)*

### **3.1.2. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be developed by the students:**

*It is expected that at the conclusion of the PhDCA the student is able to:*

- 1- Understand the main results, models and computational tools associated with the theory of groups, semigroups, logic, loops, etc., as well as understand their potential, and analyze and formulate open problems having in mind implementation/exploitation of knowledge in the design of new computer tools.*
- 2- Develop independently, critically and imaginatively, projects of new computational packages for GAP systems (Groups, Algorithms, and Programming; GAP – [www.gap-systems.org](http://www.gap-systems.org)) or for prover9/Mace4.*
- 3- Manage processes of change resulting from the introduction of new technologies and techniques, both at a theoretical level (discovery of new theorems/algorithms) and at a computational level (introduction of new IT tools).*

### **3.1.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da instituição:**

*Este ciclo de estudos, criado pela UAb, foi acreditado, por um período de 5 anos, em 19 de junho de 2012 pela A3ES. Especificamente, o DAC é criado no Despacho (extrato) nº 5442/2013 de 23 de abril. O CE insere-se na missão do Consórcio UC\_UAb que visa promover uma oferta de ensino a distância muito qualificada, contribuindo para a valorização da comunidade de língua portuguesa no mundo.*

### **3.1.3. Insertion of the study programme in the institutional training offer strategy against the mission of the institution:**

*Originally this degree was created by UAb, and accredited by A3ES for a period of 5 years, in 19 June 2012. This course will be offered within the Consortium between UAb and UC.*

## **3.2. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da Instituição**

### **3.2.1. Projeto educativo, científico e cultural da Instituição:**

*A UC é uma instituição de criação, análise crítica, transmissão e difusão de cultura, de ciência e de tecnologia que, através da investigação, do ensino e da prestação de serviços à comunidade, contribui para o desenvolvimento económico e social, para a defesa do ambiente, para a promoção da justiça social e da cidadania esclarecida e responsável e para a consolidação da soberania assente no conhecimento.*

*São fins da UC:*

- a) A formação humanística, filosófica, científica, cultural, tecnológica, artística e cívica;*
- b) A promoção e valorização da língua e da cultura portuguesas;*
- c) A realização de investigação fundamental e aplicada e do ensino dela decorrente;*
- d) A contribuição para uma política de desenvolvimento económico e social sustentável, assente na difusão do conhecimento e da cultura e na prática de actividades de extensão universitária;*
- e) O intercâmbio cultural, científico e técnico com instituições congéneres nacionais e estrangeiras;*
- f) A resposta adequada à necessidade de aprendizagem ao longo da vida;*
- g) A preservação, afirmação e valorização do seu património científico, cultural, artístico, arquitectónico, natural e ambiental;*
- h) A contribuição, no seu âmbito de actividade, para a cooperação internacional e para a aproximação entre os povos, com especial relevo para os países de expressão oficial portuguesa e os países europeus, no quadro dos valores democráticos e da defesa da paz.*

*O ensino é adaptado às exigências do mercado de trabalho, internacionalizado e tem a investigação científica como elemento central. A UC conta com centros de investigação em vários domínios e desenvolve também um conjunto extenso de actividades de transferência de saberes, apoio ao empreendedorismo e desenvolvimento do tecido empresarial.*

*A UC é ainda apoiada por duas fundações por si criadas: Fundação Museu da Ciência e Fundação Cultural da UC.*

*A Universidade promove ainda, de forma activa e concertada, o empreendedorismo e inovação para toda a comunidade. O programa, catalisado pela própria Universidade, envolve todas as partes intervenientes no processo, destacando-se o importante papel de estruturas como o Biocant ou a incubadora do IPN, recentemente proclamada a melhor incubadora de base tecnológica do mundo e que, na última década, gerou mais de 140 empresas, muitas delas spin-offs da Universidade que hoje representam um volume de vendas anual acima dos 70 milhões de euros (35% dos quais para exportação), empregando mais de 500 profissionais altamente qualificados.*

*A UAb tem a missão de proporcionar o acesso aos saberes através da especificidade do ensino a distância contribuindo para qualificar um público adulto, já integrado na vida activa, que de outra forma não poderia aceder e frequentar formação superior. Assim, a UAb garante as condições necessárias para uma formação em regime de e-learning competente e sólida, sem os condicionamentos geográficos e de tempo inerente aos cursos oferecidos presencialmente.*

### **3.2.1. Institution's educational, scientific and cultural project:**

*The University of Coimbra is an educational institution focused on the creation, critical analyses, transmission and diffusion of culture, science and technology that - through investigation, education and service - provides to the community, contributes to the economical and social development, to the environmental defence, to the promotion of social justice and responsible enlightened citizenship and to the consolidation knowledge-based sovereignty.*

*University of Coimbra goals:*

- a) Humanistic, philosophical, scientific, cultural, technologic, artistic and civic education;*
- b) Promotion and valorisation of the Portuguese language and culture;*
- c) Fundamental and applied research and resulting teaching;*

d) *Contribution to the implementation of a policy of economic and social development, based on the diffusion of knowledge and culture, and practice of university extension activities, namely to provide specialized services to the community in benefit of the city, region and country;*

e) *Cultural, scientific and technical exchange with similar national and international institutions;*

f) *Appropriate response to the lifelong learning demands;*

g) *Preservation, affirmation and valorisation of its scientific, cultural, artistic, natural, environmental and architectural patrimony;*

h) *Contribution to the international cooperation and to approach between nations, specially with PALOPs and European countries, on the basis of democratic values and peace defence.*

*The teaching is adjusted to the demands of the labour market, it is strongly internationalized and scientific research has a central role. The UC develops an extensive amount of activities supporting the knowledge transfer and entrepreneurship.*

*UC is also supported by two foundations: Foundation of the Science Museum and the Cultural Foundation of UC. The University also promotes, in an active and concerted manner, entrepreneurship and innovation for the entire community. The program, catalyzed by the University, involves all stakeholders in the process, highlighting the important role of structures such as the incubator Biocant or Instituto Pedro Nunes, recently proclaimed the best technology-based incubator in the world. IPN, in the last decade has generated more than 140 companies, many of them University's spin-offs, and now represents an annual turnover of over EUR 70 million (35% of which for export) with over 500 highly qualified professionals.*

*The UAb aims at providing access to knowledge through the specificity of open distance learning (ODL), which has contributed to the qualification of mature audiences, commonly still professionally active, who otherwise would not be able to attend university. This way, UAb guarantees the necessary conditions for competent graduate and post-graduate education in ODL mode, without the geographic and time constraints that are posed by courses usually offered in a classroom setting.*

### **3.2.2. Demonstração de que os objetivos definidos para o ciclo de estudos são compatíveis com o projeto educativo, científico e cultural da Instituição:**

*A UAb/UC estão a desenvolver modelos pedagógicos de ensino a distância suportados por técnicas pedagógicas de ensino/aprendizagem online em turmas virtuais recorrendo a tecnologia e-learning. O sucesso de introdução deste modelo nos cursos de graduação e pós-graduação permite equacionar a sua aplicação também a cursos de doutoramento. Este curso é compatível especificamente com o projecto educativo, científico e cultural da UAb e da UC quando:*

- *promove o EaD ao alargar oferta de cursos de 3o ciclo a funcionar neste modo de ensino;*
- *promove e lança formação avançada e investigação numa área multidisciplinar – matemática e informática – emergente, posicionando-se portanto na vanguarda da criação e difusão de saberes inovadores;*
- *promove-se o estabelecimento e reforço da cooperação com universidades e instituições localizadas nos países da lusofonia/CPLP*

### **3.2.2. Demonstration that the study programme's objectives are compatible with the Institution's educational, scientific and cultural project:**

*UAb/UC are developing a pedagogical model for distance learning supported by pedagogical techniques of online teaching/learning using e-learning technology. The successful introduction of this model in undergraduate and graduate courses suggests its adequacy for the doctoral level as well. This course is compatible with the educational, scientific and cultural project of UAb and UC, specifically when:*

- *it promotes online distance education by broadening the offerings of 3rd cycle courses operating in this mode of teaching;*
- *it promotes and launches advanced training and research in an emerging multidisciplinary – mathematics and informatics – area, thus positioning itself at the forefront of the creation and promotion of innovative knowledge;*
- *it promotes the establishment and strengthening of cooperation with universities and institutions located in the CPLP space.*

## **3.3. Unidades Curriculares**

### **Mapa IV - Teoria dos Grupos / Group Theory**

#### **3.3.1. Unidade curricular:**

*Teoria dos Grupos / Group Theory*

#### **3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Peter J Cameron (10)*

#### **3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Paula Santana Ramires (5), Ivan Yudin (5)*

#### **3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O principal objetivo desta unidade é proporcionar aos estudantes os conhecimentos sobre teoria de grupos finitos, necessários à investigação em álgebra computacional. Em particular, vamos estudar grupos solúveis simples, grupos nilpotentes, as propriedades básicas dos p-grupos, e trataremos algumas classes de grupos finitos simples. Paralelamente trataremos os conceitos fundamentais da teoria dos grupos de permutações.*



Ao terminar esta UC o estudante deverá ser capaz de:

1. *Apreciar a importância da teoria dos grupos finitos no quadro geral da álgebra.*
  2. *Identificar as classes mais importantes de grupos finitos. Deve ainda ter um conhecimento profundo sobre a estrutura dos grupos mais importantes, nomeadamente grupo simétrico e alterno, e grupos clássicos.*
- Aplicar as técnicas da teoria de grupos à resolução de problemas em anéis, semigrupos, laços, e teoria de Galois.*

### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The aim of the unit is to equip students with the knowledge of finite group theory that is necessary to conduct research in computational algebra. In particular the course will cover the areas of finite solvable groups, nilpotent groups, the basic properties of finite  $p$ -groups, and will also introduce some classes of finite simple groups. In addition we will treat the fundamental concepts in permutation groups.*

*After completing this unit, the students should*

- *appreciate the importance of finite group theory in abstract algebra;*
  - *be familiar with the most important classes of finite groups and have an understanding of the structure of important examples, such as alternating groups, symmetric groups, classical groups, etc;*
- be able to apply fundamental techniques of group theory to solve problems in other parts of algebra, such as ring theory, semigroup theory, loop theory, Galois theory, etc.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. *As mais conhecidas séries de subgrupos.*
2. *Grupos solúveis e nilpotentes.*
3. *Propriedades dos grupos nilpotentes e dos  $p$ -grupos finitos.*
4. *Algumas classes de grupos simples, nomeadamente grupos alternos e os grupos clássicos projetivos.*
5. *Grupos de permutações: grupos transitivos, primitivos e imprimitivos. Exemplos de grupos primitivos (como os grupos afins) e exemplos de construções em grupos (como o grupo gerado pelos automorfismos de um grupo e as translações direitas, produto em coroa, etc.). Neste capítulo serão tratadas várias das classes de grupos primitivos que aparecem (numa das versões) do Teorema de O’Nan-Scott.*

### 3.3.5. Syllabus:

- *Subgroup chains of finite groups: derived series, lower central series, upper central series.*
- *Solvable and nilpotent groups; equivalent definitions.*
- *Properties of nilpotent groups, finite  $p$ -groups.*
- *Some classes of simple groups: alternating groups and projective classical groups. We will prove that these groups are simple.*

*Permutation groups. Transitive groups, primitive groups. Examples of primitive groups, affine groups, holomorph groups, wreath products. In this part we cover many classes of primitive groups that appear in the O’Nan-Scott Theorem.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O objetivo desta unidade é apresentar aos alunos os resultados básicos da teoria de grupos finitos no sentido de atingir dois objetivos. Por um lado, alguns destes alunos irão prosseguir participando em projetos no âmbito da teoria de grupos computacional e por isso precisam estar familiarizados com o assunto. Em segundo lugar, a teoria dos grupos tem um papel muito importante em outras áreas da álgebra como sejam os anéis, semigrupos e laços. Os alunos deste curso deverão já ter frequentado uma unidade de licenciatura onde os conceitos de grupo, subgrupo, ordem, Teorema de Lagrange, etc. já foram lecionados. A partir daí será possível proporcionar aos estudantes uma compreensão mais fina da estrutura dos grupos finitos. O curso incluirá muitos exemplos, pois estamos profundamente convencidos que alguns dos mais importantes teoremas da teoria de grupos são percebidos de forma mais significativa pela análise de um grande número de exemplos concretos.*

### 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:

*The main objective of the unit is to teach students the basic concepts of finite group theory. The motivation of this is two-pronged. On the one hand some of these students will continue working on a project in computational group theory and it is essential that these students are familiar with the topic. On the other hand, group theory plays an important role in other parts of abstract algebra, such as in ring theory, semigroup theory, and loop theory.*

*The students in this unit are assumed to have had a standard university level course in group theory that covered the basic concepts, such as the definition of groups, subgroups, order, Lagrange’s Theorem etc. Building on this, the students will deepen their understanding of the structure of finite groups. The course will include lots of examples, as we believe that deep theorems in finite group theory are best understood through looking at as many examples as one can. These examples will be explored partly by the course text and partly by the exercises.*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*The teaching/learning process will follow an interactive approach in which students will immediately apply the theory taught in solving exercises of various levels. The results will be discussed immediately.*

*Evaluation of the unit will be based on the following factors: (1) the quality of student participation and discussion in the virtual class, (2) performance on longer individual assignments to be worked out during nonclass time, (3) paper exams to test the students’ comprehension of the theory. The weighting of these factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be a subject of negotiation between the students and the instructor.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The teaching/learning process will follow an interactive approach in which students will immediately apply the theory taught in solving exercises of various levels. The results will be discussed immediately.*

*Evaluation of the unit will be based on the following factors: (1) the quality of student participation and discussion in the virtual class, (2) performance on longer individual assignments to be worked out during nonclass time, (3) paper exams to test the students' comprehension of the theory. The weighting of these factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be a subject of negotiation between the students and the instructor.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objetivo deste curso é familiarizar os alunos com os conceitos fundamentais da teoria de grupos de forma a que eles possam iniciar a sua própria investigação em teoria de grupos computacional (completando esta unidade com uma outra mais orientada ao uso avançado do sistema GAP). Os alunos poderão também aplicar os seus conhecimentos da teoria de grupos a outras áreas da matemática, nomeadamente semigrupos e laços. Acreditamos que estes objetivos são melhor atingidos se os estudantes fizerem muitos exercícios e estudarem exemplos concretos de grupos. Assim o ensino centrar-se-á nesses exercícios e avaliaremos a capacidade de aplicar os conhecimentos teóricos à resolução de problemas concretos.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The purpose of this course is to make students familiar with the most fundamental concepts of group theory so that they can either start their own research in computation group theory (after completing a more computational lab-based class in the second phase) and/or be able to apply group theory techniques in the solutions of problems in other parts of algebra, such as semigroup theory and loop theory. We believe that this is best achieved through requiring the students to solve lots of exercises and to study particular classes of groups. Hence the teaching will focus on these exercises and the evaluation will also place a strong emphasis on testing if the students are able to apply the theoretical content of the unit in the solution of problems.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*Joseph J. Rotman, An Introduction to the Theory of Groups, Springer 1995.*

*Peter Cameron, Permutation Groups, CUP, 1999.*

*John Dixon and Brian Mortimer, Permutation Groups, Springer 1996.*

*Donald E. Taylor, The Geometry of the Classical Groups, Heldermann Verlag 1992.*

**Mapa IV - Teoria de Semigrupos / Semigroup Theory****3.3.1. Unidade curricular:**

*Teoria de Semigrupos / Semigroup Theory*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*João Jorge Ribeiro Soares Gonçalves Araújo (10)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Alfredo Manuel Gouveia da Costa (10)*

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objetivo desta unidade é fornecer aos estudantes os conhecimentos básicos de teoria dos semigrupos que lhes permitam usar/desenvolver as ferramentas de álgebra computacional. Em particular serão estudados os resultados fundamentais sobre Lemas de Green, Teorema de Rees, P-Teorema de McAlister, a construção de Schein/Meakin para semigrupos inversos, e vários resultados básicos sobre semigrupos de transformações.*

*Ao terminar a unidade o aluno deverá ser capaz de:*

*1. Compreender a importância da teoria dos semigrupos no quadro geral da álgebra.*

*2. Descrever as classes de semigrupos mais importantes e ter um conhecimento fundo sobre os mais comuns semigrupos de transformações como sejam o monóide de todas as transformações num conjunto, o semigrupo inverso simétrico, o monóide dos endomorfismos de um espaço vetorial, e respetivos ideais.*

**3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The aim of the unit is to equip students with the knowledge of semigroup theory that is necessary to conduct research in computational algebra. In particular the course will cover Green's lemmas, Rees' theorem, McAlister P-Theorem, Schein/Meakin construction of inverse semigroups and transformation semigroups. After completing this unit, the students should be*

*1. able to appreciate the importance of semigroup theory in abstract algebra;*

*2. familiar with the most important classes of semigroups and have an understanding of the structure of important examples, such as the most famous transformation semigroups: the full transformation monoid, the symmetric inverse semigroup, the endomorphism monoid of a vector space, and their ideals.*

**3.3.5. Conteúdos programáticos:**

- 1- *Relações de Green e semigrupos regulares*
- 2- *Semigrupos completamente 0-simples*
- 3- *Uniões de grupos*
- 4- *Semigrupos inversos*
- 5- *Bandas*
- 6- *Semigrupos livres*
- 7- *Semigrupos de transformações: a sua estrutura e propriedades*

**3.3.5. Syllabus:**

- 1- *Green's equivalences and regular semigroups*
- 2- *Completely 0-Simple semigroups.*
- 3- *Completely regular semigroups.*
- 4- *Inverse semigroups.*
- 5- *Bands*
- 6- *Free semigroups.*
- 7- *Transformation semigroups: their structure and properties.*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O principal objetivo da unidade é ensinar aos alunos os conceitos básicos da teoria dos semigrupos. A motivação para isto vem do facto de alguns destes estudantes poderem vir a colaborar em projetos de teoria dos semigrupos computacional e para isso será necessário que tenham conhecimentos profundos da matéria. É também importante (tanto para os especialistas em ciência da computação como para os matemáticos) pelo conhecimento profundo da teoria dos autómatos que é proporcionado pela teoria dos semigrupos.*

*Os estudantes desta unidade é suposto já terem realizado um curso de álgebra ao nível da licenciatura, e também conhecimentos sobre autómatos e linguagens. Adicionalmente vamos tratar tópicos (por exemplo, grupos de permutações) com ligações á teoria dos semigrupos (nomeadamente, semigrupos gerados por uma transformação singular e um grupo de permutações, e estudar as relações destes com os grupos sincronizadores, semigrupos gerados por idempotentes, etc.).*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The main objective of the unit is to teach students the basic concepts of semigroup theory. The motivation to this comes from the fact that some of these students will continue working on a project in computational semigroup theory and it is essential that these students have a deep understanding of the topic. It is also important (for both computer scientists and mathematicians) as semigroup theory allows a sharper understanding of automata theory.*

*The students in this unit are assumed to have had a standard university level course in algebra and automata and languages that covered the basic concepts. In addition we also treat those topics (for instance permutation group theory) that have connections with semigroup theory (for example, semigroups of transformations generated by one singular transformation and a group of permutations and the link of these semigroups with synchronizing groups, semibands, etc.).*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O processo de ensino aprendizagem seguirá um processo interativo no qual os estudantes deverão aplicar a teoria aprendida na resolução de exercícios com diversos graus de dificuldade.*

*A avaliação será feita pela ponderação dos seguintes componentes: (1) qualidade das participações na sala de aula virtual; (2) prestação nos trabalhos individuais; (3) classificação dos exames.*

*Os pesos relativos de cada uma destas componentes será sujeita a negociação entre o professor e os alunos.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The teaching/learning process will follow an interactive approach in which students will immediately apply the theory taught in solving exercises of various levels. The results will be discussed immediately.*

*Evaluation of the unit will be based on the following factors: (1) the quality of student participation and discussion in the virtual class, (2) performance on longer individual assignments to be worked out during nonclass time, (3) paper exams to test the students' comprehension of the theory. The weighting of these factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be a subject of negotiation between the students and the instructor.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objetivo deste curso é familiarizar os alunos com os conceitos fundamentais da teoria dos semigrupos e tanto quanto possível levá-los até à fronteira do conhecimento de forma a que eles possam começar a sua própria investigação. Isto será bem conseguido fazendo os estudantes resolver muitos exercícios e estudando com profundidade a estrutura de alguns semigrupos de transformações. Assim o ensino centrar-se-á nestes exercícios e a avaliação colocará uma grande ênfase na capacidade demonstrada de aplicar os resultados da teoria à resolução de problemas práticos.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The purpose of this course is to make students familiar with the most fundamental concepts of semigroup theory and as much as possible take them to the limits of knowledge so that they can start their own research. We believe that this is best achieved through requiring the students to solve lots of exercises and to study in detail particular semigroups*

*of transformations. Hence the teaching will focus on these exercises and the evaluation will also place a strong emphases on testing if the students are able to apply the theoretical content of the unit in the solution of problems.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

*Higgins, Peter M.(4-ESSX)*

*Techniques of semigroup theory.*

*With a foreword by G. B. Preston. Oxford Science Publications. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1992. x+258 pp.*

*Howie, J. M. An introduction to semigroup theory. L.M.S. Monographs, No. 7. Academic Press [Harcourt Brace Jovanovich, Publishers], London-New York, 1976. x+272 pp.*

*Howie, John M.*

*Fundamentals of semigroup theory.*

*London Mathematical Society Monographs. New Series, 12. Oxford Science Publications. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1995. x+351 pp.*

*Petrich, Mario Inverse semigroups. Pure and Applied Mathematics (New York). A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1984. x+674 pp.*

*Rhodes, John; Steinberg, Benjamin The q-theory of finite semigroups. Springer Monographs in Mathematics. Springer, New York, 2009. xxii+666 pp.*

## Mapa IV - Lógica/Logic

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Lógica/Logic*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Rainhard Kahle (10)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Alexander Kovacec (10)*

### 3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Esta Unidade Curricular visa proporcionar os conhecimentos e competências fundamentais acerca dos princípios, conceitos e técnicas da Lógica de forma a poderem ser usados de forma significativa na demonstração automática de teoremas.*

*Ao concluir esta unidade curricular o aluno deverá estar capaz de:*

- Reconhecer a importância da Lógica e da sua aplicação em fragmentos decidíveis da Matemática;*
- Identificar, classificar e integrar os princípios, conceitos e técnicas da Lógica e as suas aplicações na demonstração automática de teoremas.*

### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The aim of the unit is to equip students with the necessary techniques, competences and knowledge in the area of Logics so that these can be used in automatic theorem proving.*

*After completing this unit, the students should*

- appreciate the importance of Logics and of its applications to decidability in Mathematics ;*
- Identify, classify and absorb the principles, concepts and techniques of Logics and their applications to automatic theorem proving.*

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Lógica proposicional*
- 2. formas normais*
- 3. lógica de primeira ordem – semântica*
- 4. lógica de primeira ordem – cálculo*
- 5. aritmética*
- 6. indecidibilidade e complexidade*
- 7. Algoritmos para a demonstração automática*

### 3.3.5. Syllabus:

- 1. Propositional Logic*
- 2. Normal forms*
- 3. First Order Logic - Semantics*
- 4. First Order Logic - Calculus*
- 5. Arithmetic*
- 6. (Un)Decidability and Complexity*
- 7. Algorithms for Theorem Proving*

**3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A demonstração automática de teoremas pode ser vista como um sistema dinâmico fortemente dependente das condições iniciais. Um conjunto de fórmulas pode lançar o programa num loop infinito, enquanto um conjunto equivalente, pode dar o resultado em milésimos de segundo. Para se tirar o máximo partido destas ferramentas é fundamental ter um conhecimento muito fino da lógica de predicados de primeira ordem, o que é conseguido nesta UC.*

*De referir ainda que a plataforma e-learning da UAb constitui o espaço comum onde o aluno acede para se integrar na turma virtual, onde pode partilhar recursos e participar em espaços de discussão e análise tanto dos resultados como do desenvolvimento a decorrer.*

**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Automatic theorem proving can be thought of as a dynamical system highly dependent on the initial conditions. A given set of formulae can launch the program into an infinite loop, while an equivalent system can provide the result in less than one second. To take the maximum profit of these tools one has to have a deep knowledge of first-order predicate calculus. This knowledge is acquired in this unit.*

*It is of note also that UAB's e-learning platform is the common space that the student can access to join the virtual classroom, share resources and participate in forums of discussion and analysis of the results as much as of the development that is taking place.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O processo de ensino/aprendizagem observa uma abordagem colaborativa online, em turma virtual, que se baseia na realização de trabalhos individuais e em grupo.*

*A avaliação desta unidade curricular baseia-se nos seguintes factores: qualidade da participação dos estudantes nas discussões na turma virtual; nos resultados dos trabalhos individuais e em grupo. A ponderação dos elementos e critérios de avaliação das aprendizagens será objecto de negociação entre professor e alunos.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The teaching/learning process follows an approach based on online collaborative learning, in virtual class, that involves the realization of assignments, both individual and in group.*

*The evaluation of this LU is based on the following factors: quality of the student participation in discussions in the virtual class; the results of assignments. The weighting factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be subject of negotiation between students and teacher.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Tendo em conta que o objectivo principal desta UC é transmitir conhecimento e formar competências na área da Lógica e suas aplicações a fragmentos decidíveis da Matemática, propõem-se, por conseguinte, como metodologias de ensino uma abordagem da aprendizagem do tipo teórico-prática colaborativa online, em turma virtual, fortemente baseada na discussão de tópicos de cariz teórico (para desenvolver competências de análise e reflexão crítica) e o desenvolvimento de trabalhos individuais e em grupo.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Given that the main objective of the LU is to impart knowledge and train skills in the area of Logic and its applications to decidable fragments of Mathematics, it is proposed, therefore, as teaching methodologies, an approach to learning of the theoretic-practical type, collaborative online, in class virtual, strongly based on the discussion of topics of a theoretical nature (to develop analytical and critical reflection skills) and on the development of working assignments, individual and group (to develop practical skills).*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- "Mathematical logic", R. Cori & D. Lascar, Oxford University Press, 2000.
- "Automated reasoning with Otter", J. A. Kalman, Rinton Press, 2001.
- "Automated deduction in equational logic and cubic curves", W. McCune and R. Padmanabhan, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 1996.

**Mapa IV - GAP em grupos e semigrupos/GAP in groups and semigroups****3.3.1. Unidade curricular:**

*GAP em grupos e semigrupos/GAP in groups and semigroups*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*James David Mitchel (10)*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ivan Yudin (10)*

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo da UC é fornecer conhecimento e competências fundamentais - relativas aos princípios, conceitos, modelos e técnicas da álgebra computacional aplicada à teoria de grupos e semigrupos, nomeadamente, os fundamentos da teoria de grupos e semigrupos; modelação de problemas algébricos algoritmicamente; aplicação de computação de alto nível para resolver problemas em aberto; implementação de softwares.*

*No fim desta UC espera-se que o aluno seja capaz de:*

- Reconhecer a importância da álgebra computacional na álgebra abstracta contemporânea, tanto nos seus sucessos como nas suas limitações;
- Identificar, classificar e integrar os princípios, principais modelos, algoritmos e técnicas da álgebra computacional;
- Identificar, analisar, categorizar e avaliar implementações existentes; desenvolver software novo para resolver problemas em teoria de semigrupos;
- Programar no sistema de computação algébrica Groups, Algorithms, and Programming (GAP-[www.gapsystem.org](http://www.gapsystem.org)).

### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*This learning unit (LU) aims at providing the fundamental knowledge and competencies regarding the principles, concepts, models and techniques that constitute the area of computational algebra as applied to group and semigroup theory, namely, the fundamentals of group and semigroup theory; modelling of algebraic problems algorithmically; applications of high performance computing to resolve open problems; implementing of software packages.*

*After completion of this LU, students should be able to:*

- Recognise the importance of computational algebra in contemporary abstract algebra, both in its successes and limitations;
- Identify, classify and integrate the principles, main models, algorithms and techniques of computational algebra;
- Identify, analyze, categorize and evaluate existing implementations; develop new software to solve problems in semigroup theory.
- program in the computational algebra system Groups, Algorithms, and Programming (GAP – [www.gapsystem.org](http://www.gapsystem.org))

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *Os fundamentos da teoria de semigrupos e grupos; história e desenvolvimento da álgebra computacional; introdução ao sistema GAP; algoritmos e implementações; utilização de bibliotecas e buscas; grupos e semigrupos finitamente representáveis; grupos de permutações e semigrupos de transformações; programação em GAP.*
- 2) *Áreas da álgebra onde a computação algébrica foi aplicada com sucesso.*
- 3) *Utilização do GAP para resolver problemas em álgebra abstracta; principais sistemas e bibliotecas de álgebra computacional; modelação de problemas algébricos algoritmicamente; computação de alto nível; aplicações na resolução de problemas em aberto; implementação de software; principais referências para estudo posterior.*

### 3.3.5. Syllabus:

- 1) *The foundations of semigroup and group theory; history and development of the computational algebra; an introduction to the GAP system; algorithms and implementations; using libraries and conducting searches; finitely presented groups and semigroups; permutation groups and transformation semigroups; programming in GAP.*
- 2) *Areas of algebra in which computational algebra has been successfully applied.*
- 3) *Using GAP to solve problems in abstract algebra; major computational algebra systems and libraries; modelling of algebraic problems algorithmically; high performance computing; applications to resolve open problems; implementing of software packages; main references for further study.*

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O objectivo da UC é ensinar os alunos os fundamentos da álgebra computacional, os princípios da construção de algoritmos e softwares, e, aplicações a problemas da teoria de semigrupos e grupos.*

*Fundamentos da álgebra computacional do ponto de vista teórico e prático (tópico 1). A álgebra computacional é amplamente utilizada em grupos e semigrupos, como uma ferramenta investigação de ponta. Assim para levar o aluno a este nível, será dada uma formação sólida nestes tópicos (tópico 2). Estas serão a partes mais breves da UC, mas estão ligadas ao resto também da seguinte forma: os alunos irão utilizar ferramentas de álgebra computacional para demonstrar resultados básicos nestas duas áreas e encontrar contra-exemplos. Com este background e com a prática na utilização do GAP, os alunos estarão preparados para o exame pormenorizado da utilização da álgebra computacional na investigação bem como do seu desenvolvimento (tópico 3).*

### 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The main objective of the LU is to teach students the fundamentals of computational algebra, to the principles of algorithm and software design, and applications of these methods to problems in semigroup and group theory. In the proposed syllabus, therefore, we cover the foundations of computational algebra from both a theoretical and practical perspective (topic 1). The students will already have background in group theory and semigroup from their first semester of doctoral study. Computational algebra is widely used in these areas, as a cutting edge research tool. Thus to take the students to this cutting edge, we will give them a solid background in these topics (topic 2). These are the briefest parts of the course, but are*

*connected to the rest in an additional way: the students will themselves use computational algebra tools to help prove basic results of the two areas, and to generate counterexamples. With this background in hand along with extensive practice using GAP, the students will be ready for a more in-depth examination of how computational algebra is used in research and how it is developed itself (topic 3).*

### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O processo de ensino/aprendizagem vai seguir uma abordagem interactiva na qual o aluno vai aplicar imediatamente os princípios aprendidos experimentado com o GAP em trabalhos individuais. Estes resultados serão discutidos imediatamente.*

*A avaliação nesta unidade curricular baseia-se nos seguintes factores: (1) qualidade da participação do estudantes nas discussões na turma virtual; (2) os resultados dos trabalhos individuais, (3) exames escritos para aferir da compreensão da teoria por parte do aluno. A ponderação dos elementos e critérios de avaliação serão objecto de negociação.*

### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The teaching/learning process will follow an interactive approach in which students will immediately apply the principles taught through experimentation with GAP on individual assignments. The results will be discussed immediately.*

*Evaluation of the LU will be based on the following factors: (1) the quality of student participation and discussion in the virtual class, (2) performance on longer individual assignments to be worked out during nonclass time, (3) paper exams to test the students' comprehension of the theory. The weighting of these factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be a subject of negotiation between the students and the instructor.*

### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Como o objectivo da UC é tornar os alunos utilizadores competentes do GAP, propomos que a metodologia de ensino se centre na aprendizagem por utilização, para que o aluno tenha uma experiência imediata do software. Os exercícios resolvidos pelo aluno vão reforçar o lado teórico do curso, tanto em termos da compreensão do funcionamento do raciocínio automático bem como da compreensão dos novos caminhos da álgebra computacional. A melhor estratégia para o aluno aprender a resolver um problema e escolher as ferramentas adequadas para resolver o problema é dar ao aluno várias oportunidades de praticar estas competências, tanto na sala de aula virtual como em particular.*

### 3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Since the purpose of this LU is for students become competent users of GAP, we propose that the teaching methodologies should emphasize learning by practice, so that the students have immediate, hands-on experience with the software. The problems students work on will reinforce the theoretical aspects of the course, both in terms of understanding how automated reasoning works and in modern trends in computational algebra. The best way for students to learn how solve a given problem and how to choose the correct tools for solving the problem, is for the students to have as many opportunities as possible to practice these skills, both in the virtual class and in their own time.*

### 3.3.9. Bibliografia principal:

- "Fundamentals of Semigroup Theory", J. M. Howie, Oxford University Press, 1995.
- "Handbook of computational group theory", D. Holt with B. Eick and E. O'Brien, CRC Press, 2004.
- "Permutation groups", J. D. Dixon and B. Mortimer, Springer-Verlag, 1996.
- "Inverse Semigroups", M. V. Lawson, World Scientific, 1998.
- The GAP Group, GAP -- Groups, Algorithms, and Programming, Version 4.4.12; 2008. (<http://www.gap-system.org>)

## Mapa IV - Programação/ Programming

### 3.3.1. Unidade curricular:

*Programação/ Programming*

### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Vítor Jorge Ramos Rocio (10)*

### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Esta unidade curricular visa proporcionar os conhecimentos e competências fundamentais em programação com uma linguagem multi-paradigma, tendo em conta a sua versatilidade e aplicabilidade aos mais variados ambientes (linha de comandos, interfaces gráficas, web, cloud).*

*Ao concluir esta UC o aluno deverá ser capaz de:*

- Identificar as potencialidades de uma linguagem de programação na sua aplicação a um problema, inserido num contexto/ambiente específico;
- Conhecer com profundidade os princípios, mecanismos, sintaxe e semântica de uma linguagem de programação multi-paradigma particular (Python);
- Analisar e desenvolver programas eficazes e que aproveitem as potencialidades da linguagem de trabalho;
- Integrar em pacotes de software, de forma transparente ao utilizador, duas ou mais componentes de diversas tecnologias/linguagens.

### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The goal of this learning unit is to deliver fundamental knowledge and skills on multi-paradigm programming, taking into account modern versatile languages, applicable to diverse environments (command line, graphic user interfaces, web, cloud).*

*By completing this LU the student should be able to:*

- Identify the potential of a programming language in its application to a problem, in a specific context/environment.
- Understand the principles, mechanisms, syntax and semantics of a particular multi-paradigm programming language (Python);
- Analyse and develop efficient programs that make good use of the features of the working programming language;
- Integrate two or more components from different languages/technologies into a single software package, in a transparent way to the user.

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

1. Introdução ao Python
  - 1.1. História da linguagem
  - 1.2. Paradigmas de programação
2. Sintaxe e estruturas de controlo
  - 2.1. Sintaxe e semântica do Python
  - 2.2. Fluxo de controlo
3. Estruturas de Dados
  - 3.1. Listas e sequências
  - 3.2. Conjuntos
  - 3.3. Dicionários
4. Objetos e encapsulamento
  - 4.1. Funções e Módulos
  - 4.2. Classes, objetos e métodos
5. Interoperabilidade
  - 5.1. Leitura e escrita de ficheiros
  - 5.2. Interação com o Sistema Operativo
  - 5.2. Interação com a Internet
6. Introspeção em Python

### 3.3.5. Syllabus:

1. Introduction to Python
  - 1.1. History of the language
  - 1.2. Programming paradigms
2. Syntax and control structures
  - 2.1. Python syntax and semantics
  - 2.2. Control flow
3. Data Structures
  - 3.1. Lists and sequences
  - 3.2. Sets
  - 3.3. Dictionaries
4. Objects e encapsulating
  - 4.1. Functions and Modules
  - 4.2. Classes, objects and methods
5. Interoperability
  - 5.1. File reading and writing
  - 5.2. Interaction with the Operating System
  - 5.2. Interaction with Internet
6. Introspection in Python

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Uma linguagem de programação caracteriza-se por uma sintaxe e uma semântica bem-definidas, que permitem ao programador saber exatamente qual a funcionalidade de um programa nessa linguagem, ou como organizar o seu código para obter um comportamento compatível com os requisitos. Nesse sentido, o tópico 2 do programa é constituído por um estudo aprofundado da sintaxe e das estruturas de controlo da linguagem Python. Os princípios e principais paradigmas suportados pela linguagem são introduzidos desde logo no tópico 1, e com maior profundidade nos tópicos 3, 4 e 6, com o estudo das estruturas de dados e paradigmas de encapsulamento e introspeção, o que permite ao estudante avaliar a potencialidade da linguagem e determinar os mecanismos adequados a um problema que lhe é colocado.*

*A exploração da interoperabilidade, no tópico 5 dotará o estudante de competências para construir aplicações que incluam componentes diversas, oriundas de outros ambientes, numa perspectiva integradora.*



**3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*A programming language is characterized by a well-defined syntax and semantics, that allow the programmer to know exactly how a program written in that language works, or how to organize his/her code to obtain a behaviour compatible with a problem's requirements. In that sense, topic 2 of the syllabus includes an in-depth study of Python's syntax and control structures. The principles and main paradigms supported by the language are introduced in topic 1, and studied with more depth in topics 3, 4 and 6, with data structures, encapsulation and introspection paradigms, allowing the student to assess the potential of the language and determine the adequate mechanisms to approach a given problem.*

*The exploration of interoperability, in topic 5, though not comprehensive, will convey skills to build applications that integrate diverse components, originated in other environments.*

**3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Em função da natureza tecnológica da unidade curricular o processo de ensino/aprendizagem observa uma abordagem de aprendizagem teórico-prática colaborativa online, em turma virtual, que se baseia na realização de trabalhos práticos individuais e em grupo, e cujos resultados serão apresentados online durante o decurso da UC, para assegurar a complementaridade recíproca entre a teoria e a prática.*

*A ponderação dos elementos e critérios de avaliação das aprendizagens serão objecto de negociação entre professor e alunos.*

**3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Given the technological nature of the LU, the teaching/learning process follows an approach based on online collaborative theoretical-practical learning, in virtual class, that involves the realization of practical assignments, both individual and in group, whose results are presented online, during the course of the LU, to ensure mutual complementarity between theory and practice.*

*The weighting factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be subject to negotiation between students and teacher.*

**3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Tendo em conta que o objectivo principal desta UC é transmitir conhecimento e formar competências práticas em vários aspectos da programação em linguagens multi-paradigma propõem-se, como metodologias de ensino, uma abordagem à aprendizagem do tipo teórico-prático, em turma virtual, fortemente baseada na discussão em fórum e no desenvolvimento de trabalhos práticos, não só individuais mas também em grupo, onde os estudantes devem assumir uma atitude colaborativa. A avaliação contínua reforça o aspecto incremental que é característico da aprendizagem da programação, impedindo que os estudantes acumulem o trabalho e o estudo a realizar num pequeno período de tempo.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Given that the main objective of this LU is to impart knowledge and train practical skills in several aspects of multi-paradigm programming languages, we propose, therefore, as teaching methodologies, a theoretical and practical approach to learning, in a virtual class, strongly based on the discussion in an online forum and on the development of practical assignments, not only individual but also in a group, where students must assume a collaborative attitude. Continuous assessment reinforces the incremental aspect that is a characteristic of programming learning, preventing students from accumulating work and study to make in a small amount of time.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

- "Python Documentation", <http://www.python.org/doc/>
- "Core Python Programming", Chun, W.; Prentice-Hall, ISBN-13: 978-0132269933
- "Programming Python", Lutz, M.; O'Reilly, ISBN-13: 978-0596158101
- "Beginning Python: Using Python 2.6 and Python 3.1", Payne, J.; Wrox, ISBN-13: 978-0470414637

**Mapa IV - Raciocínio automático / Automated reasoning****3.3.1. Unidade curricular:**

*Raciocínio automático / Automated reasoning*

**3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Michael Kenneth Kinyon*

**3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Esta UC visa proporcionar os conhecimentos e competências fundamentais acerca dos princípios, conceitos e técnicas da área do raciocínio automático aplicado à álgebra abstracta, nomeadamente, princípios do raciocínio automático e raciocínio equacional; modelação de problemas da álgebra para o*

*raciocínio automático; estratégias de demonstração automática de teoremas; utilização efectiva dos mais avançados demonstradores automáticos de teoremas e construtores de modelos finitos. Ao concluir esta unidade curricular o aluno deverá ser capaz de:*

- Reconhecer a importância do raciocínio automático na álgebra abstracta contemporânea, tanto nos sucessos como nas limitações.
- Identificar, classificar e integrar os princípios, modelos, algoritmos e técnicas do raciocínio automático aplicada à álgebra;
- Identificar, analisar, categorizar e avaliar o software de raciocínio automático disponível; aplica-lo a problemas na teoria de quasigrupos, semigrupos, etc.

### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*This learning unit (LU) aims at providing the fundamental knowledge and competencies regarding the principles, concepts, models and techniques that constitute the area of automated reasoning as applied to abstract algebra, namely, principles of automated reasoning and equational reasoning; modelling of algebra problems for automated reasoning; theorem proving strategies; effective usage of state-of-the-art automated theorem provers and finite model builders.*

*After completion of this LU, students should be able to:*

- Recognise the importance of automated reasoning in contemporary abstract algebra, both in its successes and limitations;
- Identify, classify and integrate the principles, main models, algorithms and techniques of automated reasoning as it is applied to algebra;
- Identify, analyze, categorize and evaluate available automated reasoning software; apply it to problems in quasigroup theory, semigroup theory, etc.

### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

- 1) Fundamentos do raciocínio automático: história e desenvolvimento da área; regras de inferência e raciocínio equacional; algoritmos e implementações; raciocínio de primeira ordem versus ordem elevada; limitações dos métodos; construção de contra exemplos finitos; áreas da álgebra onde o raciocínio automático foi aplicado com sucesso, tais como a teoria de quasigrupos e a teoria dos reticulados.
- 2) Quasigrupos e loops: conceitos e princípios básicos.
- 3) Teoria de reticulados e ordens: conceitos e princípios básicos.
- 4) Principais demonstradores automáticos de teoremas e construtores de contra-exemplos; modelação de problemas da álgebra para software do raciocínio automático; estratégias avançadas de demonstração automática de teoremas; modificação de demonstrações e redução de complexidade; outras referências para prosseguimento dos estudos.

### 3.3.5. Syllabus:

- 1) The foundations of automated reasoning: history and development of the area; inference rules and equational reasoning; algorithms and implementations; first order versus higher order reasoning; limitations of the methods; finite counterexample building; areas of algebra in which automated reasoning has been successfully applied, such as quasigroup theory and lattice theory.
- 2) Quasigroups and loops: concepts and basic principles.
- 3) Lattices and order: concepts and basic principles.
- 4) Major automated theorem provers and counterexample builders; modelling algebra problems for automated reasoning software; advanced proof finding strategies; proof modification and complexity reduction; main references for further study.

### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O objectivo da UC é ensinar os alunos os fundamentos do raciocínio automático, ensina-los a usar software de raciocínio automático nas aplicações a problemas da álgebra abstracta. Assim, nos conteúdos programáticos vamos abordar os fundamentos do raciocínio automático do ponto de vista teórico e prático (tópico 1). Os alunos terão já formação em teoria de grupos e de semigrupos no primeiro semestre do curso. O raciocínio automático foi aplicado já a estas áreas mas também à teoria de quasigrupos, loops e reticulados. Assim os alunos aprenderão algo destas áreas também (tópicos 2 e 3). Estas são as partes mais breves da UC mas estão ligadas ao resto também, pois os alunos vão usar ferramentas de raciocínio automático para demonstrar resultados básicos destas duas áreas. Com este background minimal bem como com alguma prática na utilização das ferramentas, os alunos ficarão habilitados para um exame aprofundado da utilização do raciocínio automático na investigação em álgebra abstracta (tópico 4). O estudante vai explorar os principais demonstradores automáticos e construtores de contra exemplos, aprendendo as bases teóricas de cada, bem como as potencialidades e limitações. Os problemas de álgebra que o aluno terá de resolver serão progressivamente mais difíceis e requererão algum cuidado na modelação adequada para a utilização de software de raciocínio automático. Finalmente, os alunos vão analisar o problema da simplificação de demonstrações geradas por computador com vista à compreensão por um humano. O aluno que complete com sucesso a UC terá ao seu alcance diversas ferramentas para o trabalho futuro em álgebra abstracta. É importante também observar que esta UC terá uma componente prática significativa para o aluno. Embora a parte inicial do tópico 1 forneça background teórico em raciocínio automático, a maior parte do tempo do aluno nesta UC será dedicada a exploração de conceitos de álgebra através do uso directo de software de raciocínio automático. Assim o aluno terá uma oportunidade única para integrar conceitos centrais da álgebra abstracta no contexto da experimentação em raciocínio automático. Em particular, o computador pessoal do aluno servirá não só de canal de comunicação e partilha na sala de aula virtual, mas também como um espaço de laboratório individual.*

*Como é obvio, a plataforma de e-learning da UAb será o espaço usual onde o aluno pode aceder à sala de aula virtual, partilhar recursos, participar em fóruns de discussão e analisar os resultado do seu trabalho.*

### **3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The main objective of the LU is to teach students the fundamentals of automated reasoning, and to teach them to be educated users of automated reasoning software in its application to problems in abstract algebra. In the proposed syllabus, therefore, we cover the foundations of automated reasoning from both theoretical and practical perspectives (topic 1). The students will already have background in group theory and semigroup from their first semester of doctoral study. Automated reasoning has been applied to those areas, but also to quasigroup/loop theory and lattice theory. Thus to take the students to the cutting edge of research, we give them some background in these topics (topics 2 and 3). These are the briefest parts of the course, but are connected to the rest in an additional way: the students will themselves use automated reasoning tools to prove the basic results of the two areas. With this minimal background in hand along with some practice using the tools, the students will be ready for a more in-depth examination of how automated reasoning is used in research in abstract algebra (topic 4). The students will explore the major automated theorem provers and counterexample builders, learning the theoretical underpinnings of each, as well as their relative strengths and limitations. The algebra problems the students will be required to solve will become progressively more difficult, and will require care as to how the problems are modelled to be attacked successfully by automated reasoning software. Finally, the students will address the problem of how to simplify computer-generated proofs to improve human understanding. A student successfully completing the LU will have the ability to apply a wide range of tools to their future endeavors in abstract algebra.*

*It is also important to note that this LU will be a hands-on experience for the students. Although the early parts of topic 1 will give them some theoretical background in how automated reasoning works and in how it is implemented, the bulk of the student's time in this LU will be spent exploring concepts of abstract algebra through direct use of automated reasoning software. Thus the students will have a unique opportunity to integrate core knowledge in abstract algebra within the context of experimentation with automated reasoning. In particular, the student's personal computer serves not only as the channel of communication and sharing in a virtual classroom, but also as an individual laboratory space. Of course, the UAb's e-learning platform will be the common space where the student can access the virtual classroom, share resources, participate in discussion forums and analyze the results of their work.*

### **3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*O processo de ensino/aprendizagem observa uma abordagem colaborativa online, em turma virtual, que se baseia na realização de trabalhos individuais e em grupo.*

*A avaliação desta unidade curricular baseia-se nos seguintes factores: (1) qualidade da participação do estudantes nas discussões na turma virtual; (2) os resultados dos trabalhos individuais; (3) exames escritos para aferir a compreensão da teoria por parte do aluno. A ponderação dos elementos e critérios de avaliação das aprendizagens serão objecto de negociação entre professor e alunos.*

### **3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The teaching/learning process will follow an interactive approach in which students will immediately apply the theory taught in solving exercises of various levels. The results will be discussed immediately.*

*Evaluation of the unit will be based on the following factors: (1) the quality of student participation and discussion in the virtual class, (2) performance on longer individual assignments to be worked out during nonclass time, (3) paper exams to test the students' comprehension of the theory. The weighting of these factors and the criteria of evaluation of the learning outcomes will be a subject of negotiation between the students and the instructor.*

### **3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Como o objectivo da UC é tornar os alunos utilizadores sofisticados do software de raciocínio automático nas sua aplicação à álgebra, propomos que a metodologia de ensino se centre na aprendizagem por utilização, para que o aluno tenha uma experiência imediata do software. Os exercícios resolvidos pelo aluno vão reforçar o lado teórico do curso, tanto em termos da compreensão do funcionamento do raciocínio automático bem como da compreensão dos novos conceitos algébricos da teoria de quasigrupos e reticulados. A melhor estratégia para o aluno aprender a modelar um problema de álgebra em raciocínio automático e escolher as ferramentas adequadas para resolver o problema é dar ao aluno várias oportunidades de praticar estas competências, tanto na sala de aula virtual como em particular.*

### **3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Since the purpose of this LU is for students become sophisticated users of automated reasoning software as it is applied to algebra, we propose that the teaching methodologies should emphasize learning by doing, so that the students have immediate, hands-on experience with the software. The problems students do will reinforce the theoretical aspects of the course, both in terms of understanding how automated reasoning works and in understanding the newer algebra concepts from quasigroup theory and lattice theory. The best way for students to learn how to model a given problem in algebra for automated reasoning and how to choose the right tools for solving the problem is for the students to have as many opportunities as possible to practice these skills, both in the virtual class and on their own time.*

### **3.3.9. Bibliografia principal:**

- *“Automated Reasoning and Discovery of Missing and Elegant Proofs”*, L. Wos and G. W. Pieper, Rinton Press, 2003, ISBN:1-58949-023-1
- *“Automated Reasoning: Introduction and Applications”*, L. Wos, R. Overbeek, E. Lusk and J. Boyle,
- *“Handbook of Automated Reasoning”*, A. Robinson and A. Voronkov (Ed.), Elsevier, ISBN 978-0-444-50813-3, online edition: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444508133>
- *“Loop Theory”*, A. Drapal, M. Kinyon and P. Vojtechovsky, manuscript.

#### Mapa IV - Tese / Thesis

##### 3.3.1. Unidade curricular:

*Tese / Thesis*

##### 3.3.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*João Jorge Ribeiro Soares Gonçalves Araújo (60)*

##### 3.3.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Alexander Kovacec, Alfredo Costa, Ana Paula Santana, Ivan Yudin, James D Mitchell, Michael Kinyon, Peter Cameron, Reinhard Kahle, Vítor Rocio (60)*

##### 3.3.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Desenvolvimento de trabalho de investigação científica conducente à elaboração de uma tese original em Álgebra Computacional contendo resultados matemáticos de elevado nível científico. Este trabalho deve ser realizado sob orientação de pelo menos um docente do corpo docente do Programa de Doutoramento*

##### 3.3.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Development of scientific research leading to the preparation of an original Thesis in Computational Algebra, containing original scientific results of high level. This work should be performed under the supervision of at least one teacher of the teaching staff of the PhD program*

##### 3.3.5. Conteúdos programáticos:

*Os conteúdos programáticos são definidos de acordo com os temas escolhidos pelos estudantes.*

##### 3.3.5. Syllabus:

*The syllabus are defined according to the topics chosen by the students.*

##### 3.3.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A demonstração da coerência dos conteúdos programáticos depende dos temas escolhidos pelos estudantes.*

##### 3.3.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The demonstration of the syllabus coherence depends on subjects chosen by the students.*

##### 3.3.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Leitura de artigos e de outra literatura científica e realização de trabalho de investigação conducente à elaboração da tese, em articulação com o orientador. A divulgação dos resultados obtidos através da escrita e submissão de artigos para publicação em revistas da especialidade de circulação internacional com revisão pelos pares, bem como a participação e apresentação de comunicações em conferências internacionais da especialidade, são fortemente encorajadas.*

##### 3.3.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Reading scientific articles and other scientific literature, and conducting research work leading to the preparation of the thesis, in articulation with the supervisor. The dissemination of the results by writing and submitting articles for publication in peer-reviewed international journals of the scientific area of the research work, as well as participation and presentations in international scientific events, are strongly encouraged*

##### 3.3.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O estudo da literatura e o conhecimento do estado-da-arte nas áreas científicas relevantes para o trabalho de investigação são imprescindíveis, quer para permitir o correcto posicionamento do trabalho desenvolvido na área científica em que se enquadra, quer como forma de estimular a concretização de ideias inovadoras, sobretudo em contextos interdisciplinares. A divulgação dos resultados obtidos visa expor os estudantes ao processo de revisão pelos pares, por um lado, e, por outro, garantir que a originalidade dos trabalhos é reconhecida pela comunidade científica. Para além disso, a participação em eventos científicos internacionais de qualidade leva os estudantes a valorizar as suas competências em comunicação e leva-os a interagir com os seus pares em contexto internacional, para além de contribuir para uma maior divulgação do seu trabalho e para a sua formação científica.*

**3.3.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The study of the literature and the knowledge of the state-of-the-art in relevant areas for the research work are essential. They allow to the correct positioning of the work in the scientific area and they act as a form of empowerment for the implementation of innovative ideas, in particular in interdisciplinary contexts. The dissemination of results aims to expose students to the process of peer review, and to ensure the recognition of the originality of their work by the scientific community. In addition, participating in high-quality international scientific events makes students improve their communication skills, and allows them to interact with their peers in an international context, in addition to contributing to the wider dissemination of their work and to their scientific background.*

**3.3.9. Bibliografia principal:**

*A bibliografia depende dos temas escolhidos pelos estudantes. | The bibliography depends on topics chosen by the students.*

**4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos****4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos****4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos****4.1.2. Equipa docente do ciclo de estudos / Teaching staff of the study programme**

| Nome / Name                                   | Grau / Degree | Área científica / Scientific Area | Regime de tempo / Employment link | Informação/ Information         |
|-----------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Alexander (Viktor Michael) Kovacec            | Doutor        | Matemática/Álgebra                | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Alfredo Manuel Gouveia da Costa               | Doutor        | Matemática                        | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Vitor Jorge Ramos Rocio                       | Doutor        | Informática                       | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| João Jorge Ribeiro Soares Gonçalves de Araújo | Doutor        | Matemática                        | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Ana Paula Jacinto Santana Ramires             | Doutor        | Matemática                        | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Michael Kinyon                                | Doutor        | Matemática                        | 20                                | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Peter Cameron                                 | Doutor        | Matemática                        | 20                                | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Ivan Yudin                                    | Doutor        | Ciências Naturais                 | 100                               | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| James David Mitchell                          | Doutor        | Matemática                        | 20                                | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| Reinhard Kahle                                | Doutor        | Matemática                        | 20                                | <a href="#">Ficha submetida</a> |
| <b>(10 Items)</b>                             |               |                                   | <b>680</b>                        |                                 |

<sem resposta>

**4.2. Dados percentuais dos recursos docentes do ciclo de estudos****4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos****4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos / Full time teaching staff**

| Corpo docente próprio / Full time teaching staff                                                 | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers: | 6         | 88.2                       |

**4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado****4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff**

| Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff           | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE): | 6.8       | 100                        |

**4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado****4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff**

| Corpo docente especializado / Specialized teaching staff                                                                                                                                                                                                                  | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):                                                                | 6.8       | 100                        |
| Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE): | 0         | 0                          |

#### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

##### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

| Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics                                                                                                                                     | ETI / FTE | Percentagem* / Percentage* |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years: | 5         | 73.5                       |
| Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE):                             | 0         | 0                          |

#### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

##### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente atualização:

*O procedimento de avaliação dos docentes da UC tem por base o disposto no “RADD da UC”, Regulamento n.º 398/2010 publicado no DR n.º 87, 2.a Série, de 5 de Maio de 2010, retificado no DR. 2.a Série, de 17 de Maio de 2010. Este regulamento define os mecanismos para a identificação dos objectivos de desempenho dos docentes para cada período de avaliação, explicitando a visão da instituição, nos seus diversos níveis orgânicos, e traçando, simultaneamente, um quadro de referência claro para a valorização das actividades dos docentes, com vista à melhoria da qualidade do seu desempenho. A avaliação do desempenho dos docentes da UC é efectuada relativamente a períodos de três anos e tem em consideração quatro vertentes: investigação; docência; transferência e valorização do conhecimento; gestão universitária e outras tarefas. Relativamente a cada uma das vertentes, a avaliação dos docentes pode incluir duas componentes: avaliação quantitativa e avaliação qualitativa. A avaliação quantitativa tem por base um conjunto de indicadores e de factores. Cada indicador retrata um aspecto bem definido da actividade do docente e os factores representam uma apreciação valorativa, decidida pelo Conselho Científico ou pelo Director da Unidade Orgânica (UO) para cada área disciplinar. Os factores permitem assim ajustar a avaliação quantitativa ao contexto de cada área. A avaliação qualitativa é efectuada por painéis de avaliadores que avaliam o desempenho do docente em cada vertente.*

*Antes de cada novo ciclo de avaliação, cada UO define, para as suas áreas disciplinares, o conjunto de parâmetros que determinam os novos objectivos do desempenho dos docentes e cada uma das suas vertentes, garantindo, assim, permanente actualização do processo.*

*Na UAb a avaliação incide sobre o desenvolvimento de uma pedagogia online, dinâmica e actualizada, que se orienta em função de uma incessante interacção com os estudantes com vista ao acompanhamento do seu trabalho de forma sustentada e sistemática. Assume especial importância para a tarefa avaliadora o desenvolvimento de actividades de investigação e a publicação da produção científica delas resultante. A avaliação do pessoal docente tem igualmente em conta a missão da UAb como universidade de ensino a distância, orientada para a criação, transmissão e difusão da cultura, dos saberes, das artes, da ciência e da tecnologia, ao serviço da sociedade, bem como para intervenções de âmbito alargado no quadro da educação a distância, visando a aprendizagem ao longo da vida. Para além de aspectos relativos à actividade docente e de investigação, a avaliação do desempenho do corpo docente inclui a participação em tarefas de extensão e de gestão universitária. Em termos operativos, a avaliação do pessoal docente é enquadrada por um Conselho de Avaliação consignado na estrutura orgânica da UAb.*

##### 4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

*The academic staff performance evaluation procedures of UC are set in the “Regulation of Teachers’ Performance Evaluation of UC” – regulation n.º 398/2010, published on the 5th of May, and amended on the 17th of May.*

*This regulation defines the mechanisms to identify teachers’ performance goals for each time span of evaluation, clearly stating the institution’s vision, across its different levels, and outlining simultaneously a clear reference board to value teachers’ activities with the purpose to improve their performance. The teachers’ performance evaluation at UC is made on a three years basis and takes into account four dimensions: investigation, teaching, knowledge transfer, university management and other tasks. For each dimension, the teachers’ evaluation may include two variables: quantitative and qualitative. Quantitative evaluation is based on a set of performance indicators and factors. Each performance indicator is a well-defined aspect of the teacher’s activity and the factors represent an evaluation, defined by the Scientific Board or the Director of the Organizational Unit (OU), for each subject area. Thus, factors allow quantitative evaluation to adjust the context of each subject area. The qualitative evaluation is made by a panel of reviewers who evaluate teachers’ performance in each dimension.*

*Before each new evaluation cycle each OU identifies, for the subject areas, a set of parameters that define the new goals of teachers’ performance and its components, thus ensuring the continuous updating of the process.*

*The evaluation of teaching staff performance is to be carried out in accordance with article 63 of the ECDU, as adjusted to the specificities of online education. Evaluation is centered on the development of dynamic and up-to-date*

*online pedagogies, oriented towards continuing interaction with students, so as to allow for the accompanying of their work in a sustainable and systematic way and based on the renewing of learning materials and the utilization of advanced distance education methodologies and technologies. In this way, special emphasis is given to the development of research activities and to the subsequent publication of the results of these activities in peer-reviewed national and international publications, as well as to active participation in academic conferences. The evaluation of the teaching staff takes into account UAb's mission as a distance learning university, oriented towards the creation and dissemination of culture, forms of knowledge, art, science and technology, in the service of society, as well as intent on intervening broadly within the sphere of distance education, particularly as related to life-long learning.*

## 5. Descrição e fundamentação de outros recursos humanos e materiais

### 5.1. Pessoal não docente afeto ao ciclo de estudos:

*O pessoal não docente do Departamento de Matemática da UC, em regime de dedicação integral, está distribuído por várias áreas de apoio à leccionação: serviços de Secretariado (3), Recursos Letivos (2), serviços de Biblioteca (4), Recursos Informáticos (3) e assistência técnica ou operacional (4).*

*No que diz respeito à UAb, uma equipa multidisciplinar, constituída por técnicos superiores e assistentes técnicos, assegura o funcionamento do curso em Ensino a Distância, em todas as suas etapas. Esta equipa distribui-se pelos seguintes serviços:*

- Serviço de Apoio ao Estudante;
- Serviço de Informática e Documentação;
- Unidade de Produção e Gestão de Conteúdos de Ensino;
- Apoio, aconselhamento e integração dos estudantes em EaD;
- Secretariado próprio que estabelece a ligação directa entre o Departamento e o estudante.

### 5.1. Non teaching staff allocated to the study programme:

*The administrative staff of the Department of Mathematics of the UC working in full time, spreads its activity over several areas in support of the teaching activities: Secretarial services (3), Academic resources (2), Library services (4) IT Resources (3) and technical or operational assistance (4).*

*In what concerns the UAb, a multidisciplinary team of qualified technicians and technical assistants will ensure the functioning of this EaD course in all its stages. The team members are scattered throughout the following services:*

- Student Support Services;
- Computer and Documentation Services;
- Educational Production and Contents Management Service;
- Support, advising and integration of distance learning students, particularly useful at the beginning of the program during adaptation phase to the online learning model and afterwards by offering technical assistance;
- Program-specific secretarial services: used for establishing connections between the Department and its students.

### 5.2. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):

*Na UC: Biblioteca, 6 salas de computadores, 2 salas de seminários, 1 sala de Provas, Recursos Lectivos, Laboratório de Cálculo.*

*A UAb dispõe de instalações em Lisboa onde funcionam o suporte tecnológico, científico e administrativo ao curso, destacando-se: salas de formação e auditórios, biblioteca, espaço Universia, Laboratório de Ensino a Distância. As bibliotecas existentes na sede da UAb possibilitam o acesso dos alunos a bibliografia e a materiais didáticos e outros utilizados no curso. A UAb fornece aos alunos, em sistema de VPN, acesso às bases de dados disponibilizadas pela FCCN para as universidades públicas.*

### 5.2. Facilities allocated to and/or used by the study programme (teaching spaces, libraries, laboratories, computer rooms, etc.):

*At UC, a Library, 6 computer rooms, 2 seminar rooms,, academic resources, Mathematics Lab.*

*The UAB has facilities in Lisbon where work technological support, scientific and administrative to the course, particularly: training rooms and auditoriums, library, Universia space, Distance Learning Lab. Existing libraries in UAB headquarters allow students' access to literature and teaching materials and other materials used in the course. The UAB provides students through a VPN system, access to databases provided by FCCN for public universities.*

### 5.3. Indicação dos principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TICs):

*A base fundamental do Ensino a Distância é constituída por infra-estruturas de natureza tecnológica e serviços técnicos de suporte ao funcionamento do ensino on-line. Ao nível dos equipamentos e materiais afectos ao curso na UAb, salientam-se: acesso a rede sem fios, plataforma de e-learning, bem como acesso a bibliotecas digitais. Para além destes, a instituição disponibiliza recursos de informática, de televisão e fotografia digital, impressoras, scanners, equipamentos para produção audiovisual e equipamento para vídeo-conferência.*

*Na UC, destacamos a existência de projectores de vídeo, Monografias (33500), Publicações periódicas [assinatura directa] (60), Quadro Interactivo (2), Digitalizador (3), Fotocopiadora - Impressora, Workstations (4), Servidores de cálculo (5) Recursos on-line: B-on, MathSciNet e JSTOR (Math and Statistics) (3), Software: LaTeX, MikTex, Maxima, Matlab, Mathematica, Python, SPSS, Geogebra, R, Eviews,, Geomatica, Geomedia prof, Microstation, Osgeo4W.*

### 5.3. Indication of the main equipment and materials allocated to and/or used by the study programme (didactic and scientific equipments, materials and ICTs):

*The fundamental basis of ODL consists of a technological infrastructure and supporting technical services to the operation of online education. In terms of equipment and materials used for the course at UAB, we highlight: access to the wireless network, e-learning platform and access to digital libraries. Apart from these, the institution provides computing resources, television and digital photography, printers, scanners, equipment for audiovisual production and equipment for video conferencing.*

*At UC, we highlight the existence of video projectors, Monographs (33500), Periodicals [direct subscription] (60) Interactive Whiteboard (2), Scanner (3), Photocopier - Printer, Workstations (4) Calculation Servers (5) online Resources: B-on, MathSciNet and JSTOR (Math and Statistics) (3) Software: LaTeX, MikTeX, Maxima, Matlab, Mathematica, Python, SPSS, Geogebra, R, Eviews, Geomatica, Geomedia prof, Microstation, Osgeo4W.*

## 6. Atividades de formação e investigação

### Mapa VI - 6.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a su. Atividade científica

#### 6.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research Centre(s) in the area of the study programme, where the teachers develop their scientific activities

| Centro de Investigação / Research Centre | Classificação (FCT) / Mark (FCT) | IES / Institution      | Observações / Observations |
|------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| CMUC                                     | Excepcional                      | UC                     |                            |
| CEMAT                                    | Muito Bom                        | UL                     |                            |
| CMA                                      | Muito Bom                        | UNL                    |                            |
| CIRCA                                    | N/A                              | St. Andrews Univ. (UK) |                            |
| INESC TEC                                | Excelente                        | UP                     |                            |

### Perguntas 6.2 e 6.3

#### 6.2. Mapa resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares, nos últimos cinco anos (referenciação em formato APA):

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/758f2b6c-1cdf-7263-e252-57c8a93b2e50>

#### 6.3. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram a. Atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos:

*Um grande número de atividades científicas está integrada em projectos nacionais e internacionais. De entre as instituições internacionais salientamos as Universidades de Austin e Carnegie Mellon, e o IMPA. Projetos e redes internacionais de investigação, de que se inclui uma amostra (com IP da UC):*

*Image processing in ophthalmology for diabetic patients: a new technology (2013-2016)*

*Research project in partnership with Critical Health.*

*Funding agency: Critical Health*

*Reference: www.uc.pt/tomenota/2013/112013/09122013 3*

*Budget: 150.000,00 Euros*

*SGP-GIMS SmartGeo Portal “Geographic Information Management System” (September 2013 – June 2015)*

*Funding agency: Agência de Inovação, QREN*

*Copromoting company: Smartgeo solutions, Lda*

*Budget: 499.539,13 Euros*

*CMU-Portugal ICTI Program in Applied Mathematics*

*Funding agency: Fundação para a Ciência e a Tecnologia*

*CoLab Program UT Austin — Portugal (Area of Mathematics)*

*Funding agency: Fundação para a Ciência e a Tecnologia*

#### 6.3. List of the main projects and/or national and international partnerships, integrating the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme:

*A large number of scientific activities is integrated into national and international projects. Among the international institutions we highlight, U. of Austin and Carnegie Mellon, and IMPA. Projects and international research networks, of which the following is a sample (with PI from UC):*

*Image processing in ophthalmology for diabetic patients: a new technology (2013-2016)*

*Research project in partnership with Critical Health.*



*Funding agency: Critical Health*

*Reference: www.uc.pt/tomenota/2013/112013/09122013 3*

*Budget: 150.000,00 Euros*

*SGP-GIMS SmartGeo Portal “Geographic Information Management System”*

*(September 2013 – June 2015)*

*Funding agency: Agência de Inovação, QREN*

*Copromoting company: Smartgeo solutions, Lda*

*Total budget: 499.539,13 Euros*

*CMU-Portugal ICTI Program in Applied Mathematics*

*Funding agency: Fundação para a Ciência e a Tecnologia*

*CoLab Program UT Austin — Portugal (Area of Mathematics)*

*Funding agency: Fundação para a Ciência e a Tecnologia*

## 7. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

**7.1. Descreva esta. Atividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:**

*Investigação em Matemática Pura e Aplicada de Nível excelente. O DAC visa potenciar a área da álgebra computacional no espaço lusófono. Trata-se de uma área em expansão nos países mais desenvolvidos, e foi objecto de recomendação explícita feita por painéis de matemáticos internacionais contratados pelo governo português para avaliar/assessorar o desenvolvimento da investigação em Portugal.*

**7.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:**

*Research on Pure and Applied Mathematics with excellent quality. The PhDCA aims at developing the area of computational algebra in the Lusophone space. This is a growing subject in advanced countries and has been explicitly recommended for development by an international mathematical panel hired by the Portuguese government to assess/advise the development of Science in Portugal.*

## 8. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

**8.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclos de estudos similares com base nos dados do Ministério que tutela o emprego:**

*O EaD, à semelhança de todo o sistema de educação para a atualização e formação pós-graduada, funciona primordialmente no vasto campo de mercado da população ativa (já empregada) e não propriamente no pequeno nicho de mercado dos jovens à procura do primeiro emprego. São estudantes que procuram uma formação à distância para complementarem os seus conhecimentos numa determinada área, o que lhes permite a progressão na carreira e/ou a valorização pessoal. O modelo de e-learning da UAb e da UC adequa-se bem a esta população-alvo, ao permitir aos estudantes uma total flexibilidade em termos de horários e do acesso online (flexibilidade temporal e espacial).*

**8.1. Evaluation of the graduates' employability based on Ministry responsible for employment data:**

*In line with the entire postgraduate educational system, E-learning primarily serves professionally active adults and not a small niche of young adults searching for their first job. Such students are looking for programs that complement their skills/knowledge in a particular area, allowing for career advancement or personal enrichment. UAb and UC e-learning model is well suited to this target population, as it allows students total flexibility in terms of timetables and online access (temporal and spatial flexibility).*

**8.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):**

*No panorama nacional da oferta de cursos de 3º ciclo não há nenhum que seja passível de comparação e por isso possa competir com este. Este Curso é único em Portugal, pelos objectivos e conteúdo curricular e por funcionar primordialmente em EaD o que perspectiva uma considerável capacidade para atrair estudantes em todo o mundo.*

**8.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):**

*Among PhD course offerings in Portugal, there is no comparable program to compete with. This program is unique in Portugal, both because of its objectives and contents and because it is distance learning based, which allows for it to draw students from all over the world.*

**8.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:**  
n/a

**8.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:**  
n/a

## 9. Fundamentação do número de créditos ECTS do ciclo de estudos

**9.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março:**

*A Universidade Aberta adotou a semestralização integral dos seus cursos e definiu que cada crédito ECTS neste Curso corresponde a 26 horas de trabalho do estudante (HT): 1 ECTS = 26 HT. De acordo com o 31.º (3.º ciclo), Decreto-Lei n.º 74/2006., o curso de doutoramento em álgebra computacional comporta 180 ECTS e tem a duração de seis semestres (3 anos lectivos).*

*Neste processo de associação à Universidade de Coimbra propõe-se que o curso tenha a duração de 8 semestres, seis dos quais dedicados à preparação da tese de doutoramento, passando a um total de 240 ECTS.*

**9.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles no.8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of Decreto-Lei no. 74/2006, March 24th:**

*Originally this course had two years dedicated to the thesis. In this joint proposal, the theses now take three years, and hence the course will have a total of 240ECTS.*

**9.2. Metodologia utilizada no cálculo dos créditos ECTS das unidades curriculares:**

*Reflexão do corpo docente sobre o trabalho estimado para o desenvolvimento de trabalho original e de qualidade/excelência na área e experiência no terreno por via de inquéritos a estudantes da UAb de outros cursos de doutoramento a decorrer.*

**9.2. Methodology used for the calculation of the ECTS credits of the curricular units:**

*The ECTS resulted from several assessments: past experience, similar PhD, UAb students enquests.*

**9.3. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:**

n/a

**9.3. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:**

n/a

## 10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

**10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:**

*Doctoral Program in Computational Mathematics (Geo, NUMA, IndMath, RISC, RICAM). Este programa, tendo em conta a qualidade e o renome na área das instituições proponentes, está entre a melhor oferta a nível mundial. Contudo, no que se refere à álgebra computacional, está mais orientado ao uso de Bases de Grobner e portanto pode ser considerado o “complementar” do programa agora proposto.*

*Programa de Doctorado en Matemática Computacional (Universitat Jaume I de Castellón). Curso de largo espectro e não direcionada à criação de competências na produção de ferramentas computacionais concretas.*

*Lógica e Computação (IST). Curso orientado para a computação teórica e investigação nas áreas de interesse dos docentes; não está tanto orientado para a exploração de ferramentas computacionais que provaram uma grande utilidade prática na resolução de problemas em aberto na matemática ou para o auxílio à investigação, como é o caso do programa por nós proposto.*

**10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions of the European Higher Education Area:**

*Doctoral Program in Computational Mathematics (Geo, NUMA, IndMath, RISC, RICAM). Given the quality and renown of its collaborating institutions, this program is certainly among the best currently on offer anywhere in the world. But as*

*far as algebraic computation is concerned, it is more focused on Grobner Bases and thus could be considered complementary to the present proposal.*

*Programa de Doctorado en Matemática computacional (Universitat Jaume I de Castellón). A broadband program not focused on creating competency in the production of concrete computational tools.*

*Lógica e Computação (IST). This course of study is more oriented towards theoretical computing and directing its students towards the research areas of its teaching staff. It is less focused on exploring the computational tools that have proved to be of great practical utility in the resolution of long-standing problems in mathematics or as research tools, as is the case with the program proposed here*

## 10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

*Em geral os programas de matemática computacional são mais voltados para aspetos teóricos, matemática pura, e menos virados para a promoção de especialistas capazes de escrever packages concretas. São além disso programas de largo espectro no sentido em que cobrem áreas muito diversificadas da matemática. O que mais se aproxima do programa agora proposto são os programas austríacos, mas que incidem sobretudo nas Bases de Grobner. Este programa tem duas componentes muito fortes: GAP e lógica/demonstração automática de teoremas. E o facto de decorrer online permite escolher alguns de entre os melhores, estejam onde estiverem, não se restringindo por isso ao corpo docente de uma determinada universidade ou país. Além disso permite trazer a dar seminários especialistas das instituições a que pertencem ou têm contactos os diversos docentes (CMUC, CAUL, CMAF, CIRCA, etc.).*

## 10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions of the European Higher Education Area:

*In general the programs in computational mathematics are more directed towards the theoretical aspects of pure mathematics and less towards the production of specialists capable of writing concrete packages. Furthermore, they tend to broadband programs in the sense of covering highly diversified areas of mathematics. Closest to the present proposal tend to be the Austrian programs, though these tend to concentrate on Grobner Bases. The program currently proposed offers two strong components: GAP and the automatic logic/demonstration of theorems. Also, the online nature of the program allows for the recruiting of a highly specialized teaching staff irrespective of geographic location, university affiliation and national context. It also allows for the collaboration of specialists from a broad range of associated institutions (CMUC, CAUL, CMAF, CIRCA, etc.).*

# 11. Estágios e/ou Formação em Serviço

## 11.1. e 11.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

---

### Mapa VII - Protocolos de Cooperação

#### Mapa VII - Universidade Aberta com colaboração de Professor convidado de Univ. Denver (Carta de apoio anexo)

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*Universidade Aberta com colaboração de Professor convidado de Univ. Denver (Carta de apoio anexo)*

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2.\\_AbertaLetterKinyon.pdf](#)

#### Mapa VII - Univ. Aberta com colaboração de Professor convidado da Univ. St Andrews (Carta de apoio em anexo)

##### 11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

*Univ. Aberta com colaboração de Professor convidado da Univ. St Andrews (Carta de apoio em anexo)*

##### 11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2.\\_LetterJamesMitchell.pdf](#)

### Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes

#### 11.2. Mapa VIII. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

*<sem resposta>*

#### 11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

**11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:**

n/a

**11.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:**

n/a

**11.4. Orientadores cooperantes****Mapa IX. Normas para a avaliação e seleção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes****11.4.1 Mapa IX. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB):**

&lt;sem resposta&gt;

**Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei)****11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)**

| Nome /<br>Name | Instituição ou estabelecimento a<br>que pertence / Institution | Categoria Profissional /<br>Professional Title | Habilitação Profissional (1)/<br>Professional qualifications (1) | Nº de anos de serviço / Nº<br>of working years |
|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

&lt;sem resposta&gt;

**12. Análise SWOT do ciclo de estudos****12.1. Pontos fortes:**

*Este programa permite colocar em conjunto aquele que é considerado o maior especialista na utilização de Automated Reasoning (Michael Kinyon) com um reconhecido especialista em GAP (James Mitchell), o que torna este programa – de certa forma- num produto único e difícil de igualar por qualquer outra instituição. Contar com um corpo docente jovem e dinâmico com uma elevada produção científica. Contar com uma ferramenta que permite seminários online com grandes matemáticos do mundo inteiro. Existência de um Modelo Pedagógico desenhado por um painel internacional de grandes especialistas, e um know how de topo a nível mundial. Com a associação à UC são reforçadas as competências científicas do corpo docente na área da Álgebra Computacional e potenciadas as condições de desenvolvimento desta área no espaço lusófono.*

**12.1. Strengths:**

*Brings together the leading specialist in automated reasoning (Michael Kinyon) with a top specialist in GAP (James Mitchell), which makes this program incomparable with other offerings. Includes a young teaching staff with a high scientific outcome. Uses online seminar tools, which will allow for the holding of weekly seminars taught by world renowned mathematicians. Existence of a Pedagogical Model created by an international panel, and a now how of international level. The association to the UC allow to improve the scientific skills of the faculty staff on the area of Computational Algebra and its development in the Lusophone countries.*

**12.2. Pontos fracos:**

Nenhum

**12.2. Weaknesses:**

None

**12.3. Oportunidades:**

*Oportunidade única de criar em Portugal um programa nesta área que nos colocará na vanguarda. Além disso este programa permite responder:*

- a desafios emergentes resultantes de uma maior abertura ao exterior das Universidades;
- a uma crescente inclusão digital;

- ao reforço de cooperações internacionais, potenciadas pela participação em redes internacionais
- à necessidade de aumentar a capacidade de atrair um maior número de estudantes estrangeiros pela actuação global através do EaD;
- à necessidade de desenvolvimento de uma área nuclear de produção metódica de packages para o GAP e o Automated Reasoning.
- à necessidade de gerar valor acrescentado no processo de investigação, ensino e em produtos resultantes de projectos de investigação e desenvolvimento.
- potenciar o desenvolvimento da área da Álgebra Computacional no espaço lusófono.

### 12.3. Opportunities:

*Opportunity to create a program in this area in Portugal which would place us on the cutting edge.*

*In addition, this program will allow us to respond to the following:*

- *the challenges emerging from a greater openness of the universities;*
- *an increasing digital inclusiveness;*
- *the need to increase the ability to attract a greater number of foreign students through the global potentialities of distance education;*
- *the need to develop a core area for the regular production of GAP and Automated Reasoning packages.*
- *the need to generate added value through the processes of research, teaching and the practical yields of R&D.*
- *the development of the Computational Algebra area in the Lusophone countries.*

### 12.4. Constrangimentos:

*A maior ameaça, claramente, vem do Brasil onde o desenvolvimento do EaD no Brasil está na dependência direta do Presidente da República e contando com meios financeiros sem comparação em nenhum outro país do espaço lusófono. Ausência de regulação do ensino superior a distância e a concorrência desleal em Portugal de cursos em e-learning sem critérios de qualidade nem os recursos científico-logísticos mínimos. Necessidade de uma perfeita coordenação e equilíbrio entre as componentes de ensino a distância de forma a não prejudicar a efectiva flexibilidade temporal e espacial do processo de ensino/aprendizagem; Necessidade de exploração constante dos mais recentes desenvolvimentos em e-learning, tecnologias da informação e comunicação e conteúdos pedagógicos por forma a permitir construir espaços virtuais de partilha, demonstração e experimentação que funcionem como laboratórios virtuais enriquecendo todo o processo de ensino/aprendizagem online.*

### 12.4. Threats:

*The biggest threat clearly comes from Brazil where the development of distance education there is direct responsibility of the President of the Republic and has at its disposal financial resources unparalleled in Lusophone countries. The absence of specific regulations for distance education and unfair competitive practices in Portugal from e-learning courses without quality control or the minimal logistical and scientific resources. The need for a perfect coordination and balance between the components of distance education so as not to obstruct the temporal and spatial flexibility of the teaching/learning process; The need to continue to explore the most recent developments in e-learning and communication technologies and pedagogical contents to allow for the construction of virtual spaces of sharing, demonstrating and experimenting that will function as virtual laboratories, thus enriching the whole online teaching/learning process.*

### 12.5. CONCLUSÕES:

*O Automated Reasoning teve um impulso sui generis com a tese de doutoramento de Simon Colton onde ele apresentou uma ferramenta (HR) alegadamente capaz de gerar conjecturas e depois prová-las ou refuta-las. Durante algum tempo Colton referia que o seu HR trabalhara durante 10 minutos, gerando dezenas de milhar de conjecturas sobre teoria de grupos, provando ou refutando praticamente todas, e as que sobraram nenhum especialista em teoria de grupos foi capaz de as resolver. O HR seria uma espécie de piloto automático bastando ao matemático dar-lhe uma teoria e ir dormir. Rapidamente porém se verificou que o HR não tinha poder para elaborar muito profundamente sobre uma teoria e com isso morreu não o potencial do automated reasoning, mas a sua utilidade como piloto automático. O trabalho do matemático continua a depender acima de tudo da habilidade do matemático e da sua compreensão dos problemas, dos resultados, das técnicas, de cada teoria. O matemático interessado em generalizar determinados resultados de uma teoria usando o Automated Reasoning precisa de dominar muito profundamente essa teoria (não basta saber enunciados de resultados) de forma a conseguir colocar as ferramentas de demonstração automática ao seu serviço. E é este domínio profundo, aguçado, das matérias que se pretende transmitir aos alunos deste programa, junto com as competências necessárias a usar de forma avançada as ferramentas existentes. Pretende-se também criar competências muito sólidas na área da programação para que os alunos deste programa possam ter uma palavra a dizer no desenvolvimento desta área produzindo packages a disponibilizar a toda a comunidade científica. Algo de semelhante pode ser dito do GAP. Apenas matemáticos com uma formação teórica muito forte poderão tirar todo o proveito dessa ferramenta. E apenas matemáticos com esses conhecimentos poderão programar novas packages eficazes e úteis. O programa conta com um grupo de docentes muito ativos e prestigiados nas matérias lecionadas, permite a colaboração e o convívio com investigadores de topo ligados às instituições a que pertencem os docentes, e permitirá aos docentes conseguir estudantes de várias partes do mundo, formando-se assim uma grande equipa capaz de contribuir para o progresso das áreas científicas cobertas no programa.*

### 12.5. CONCLUSIONS:

*Automated reasoning received a very specific boost when, in his PhD dissertation, Simon Colton presented a tool (HR) allegedly capable of generating conjectures and subsequently proving or refuting them. Colton argued that his HR had worked for 10 minutes, generating tens of thousands of conjectures on group theory and proving or refuting practically all of them (those that remained could not be resolved even by specialists). HR was depicted as a kind of automatic pilot, to whom the mathematician could feed a theory before going to bed. It was quickly verified, however, that HR did*

*not have the power to elaborate very fully on a given theory, and with this development came the end, not of automated reason per se, but of its usefulness as a form of automatic pilot. The work of a mathematician continues to depend, above all, on his or her ability to understand the problems, results and techniques of each theory. The mathematician interested in generalizing certain results of a theory using Automated Reasoning needs to have a deep understanding of that theory (it is not enough merely to understand the form of its results) so as to be able to place the tools of automatic demonstration at his service. And it is this penetrating knowledge of the materials this program aims to transmit to its potential students, along with the necessary competence in the advanced use of already existing tools. The program also seeks to cultivate in its students solid skills in the area of programming so that they may be able to intervene in the production of packages to be made available to the entire scientific community. A similar argument can be made for GAP. Only mathematicians with a very strong theoretical background can take full advantage of this tool. And only mathematicians with such knowledge can program new packages that are both useful and effective. The program includes a teaching staff that is highly active and renowned in the subject matter to be offered and counts on collaborating with top-tier researchers from the institutions its staff members belong to, allowing for the garnering of students from various parts of the world, and thus constituting a great team able to contribute to progress in the academic areas covered in this program.*