



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Mestrado em Matemática e Aplicações

Adequação no quadro
do Processo de Bolonha

Departamento de Matemática

22 de Março de 2006

A proposta de adequação da LMAC (Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação) e MMA (Mestrado em Matemática e Aplicações) apresentada baseia-se num estudo efectuado pela comissão de trabalho nomeada pela Comissão Coordenadora do Departamento de Matemática, integrando os Professores *Ana Leonor Silvestre, Carlos Caleiro, Cláudia Nunes Phillipart e Pedro Ferreira dos Santos*, pelos coordenadores de licenciatura e mestrado, Professores *José Sousa Ramos, Jaime Ramos, José Cidade Mourão e António Pacheco Pires*, com contribuições activas dos Professores *Rui Loja Fernandes, Diogo Gomes e Amílcar Sernadas*. A estrutura deste documento foi aprovada na generalidade pelo Conselho do Departamento de Matemática em 10 de Fevereiro de 2006. A presente versão tem já em atenção algumas observações efectuadas na reunião da CCCC de 1 de Março de 2006, e nas reuniões da Comissão Coordenadora do Departamento de Matemática de 3 e 14 de Março de 2006.

Lisboa, 22 de Março de 2006

Carlos J. S. Alves
Presidente do Departamento de Matemática

1. *Introdução e Motivação*

As estruturas curriculares foram elaboradas no quadro do Processo de Bolonha e da proposta de Organização da Formação Superior no IST.

O presente documento deve ser analisado em conjunto com o documento de adequação da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação (LMAC), permitindo em simultâneo uma adequação do já existente Mestrado em Matemática e Aplicações no quadro da adequação da LMAC, que funciona actualmente em 5 anos curriculares.

Os princípios orientadores para a adequação são os seguintes:

Manutenção dos aspectos positivos do modelo anterior do MMA.

O Mestrado em Matemática e Aplicações tem aspectos singulares a nível nacional que têm permitido uma base de atracção razoavelmente estável e de elevada qualidade, que se tem evidenciado mesmo quando é reduzida a procura de Mestrados em Matemática no panorama nacional. Alguns factores que contribuíram para o sucesso do MMA:

- Inserção no Instituto Superior Técnico, que evidencia a componente de aplicações da Matemática à Engenharia, e posiciona o curso num mercado de trabalho ligado à ciência e tecnologia.
- Partilha de recursos do Departamento de Matemática para vários perfis de formação que eram identificados em 4 especializações na LMAC:
 - Álgebra, Análise e Geometria;
 - Probabilidades e Estatística;
 - Análise Numérica;
 - Lógica e Computação;
 e que são actualmente definidos pelas opções em 2 perfis no MMA.
- Flexibilidade na elaboração dos planos de curso, permitindo aos alunos adequá-los aos seus objectivos. Em particular, a livre escolha de opções permite ao aluno definir um perfil de enquadramento para um 3º ciclo de formação – doutoramento, ou um perfil dirigido a uma saída para o mercado de trabalho.

Harmonização com o 1º ciclo : LMAC e restantes licenciaturas

A presente adequação do MMA teve como preocupação permitir que os alunos do 1º ciclo (LMAC) prosseguissem a sua formação no âmbito do Mestrado Integrado já existente, e ao mesmo tempo ser suficientemente flexível para enquadrar alunos que ingressassem de outras licenciaturas – não apenas de licenciaturas de Matemática, nacionais ou estrangeiras, mas também com formações de Engenharia ou em Ciência. Para isso considerou-se um programa de transição mínimo, que permitirá uma integração com um número reduzido de disciplinas, consideradas suficientes para um aluno motivado para este 2º ciclo. No final deste 2º ciclo, o aluno pode prosseguir os seus estudos académicos para doutoramento ou procurar inserção no mercado de trabalho (caso seja este o seu objectivo o seu plano de estudos deverá incluir disciplinas mais próximas das aplicações consideradas relevantes).

2. *Objectivos Visados pelo Mestrado*

De acordo com o espírito da Declaração de Bolonha, o 2º ciclo de formação em Matemática deve dirigir-se simultaneamente a alunos que tenham completado o 1º ciclo em Matemática - no IST ou noutra escola - e a alunos provenientes de outras licenciaturas nacionais e estrangeiras. Assim o 2º ciclo prevê um programa de transição para alunos com formações bastante diversificadas, que permitirá uma rápida inserção no final do primeiro ano lectivo.

O 2º ciclo deve ser capaz de garantir uma formação de iniciação à especialização numa área científica da Matemática. No entanto, dado este ciclo não corresponder ainda à fase final da formação dos alunos, considera-se que deve ser dada ainda uma formação suficientemente diversificada, ficando para o 3º ciclo a especialização mais avançada e próxima da investigação.

Optou-se por uma divisão em dois perfis – *Matemática Aplicada e Computação* e *Matemática e Aplicações Fundamentais*. A formação em Matemática Aplicada e Computação engloba ainda três possíveis especializações, nas áreas científicas de Probabilidades e Estatística, Análise Numérica e Análise Aplicada, e Lógica e Computação, no quadro das anteriores especializações da LMAC. Estas três especializações são essencialmente dirigidas a alunos que pretendam prosseguir a sua formação académica, mas também contemplam a preparação de especialistas para sectores de actividade tecnológica e económica. É ponto comum de ambos os perfis a sequência dos estudos académicos com vista à formação de possíveis docentes do ensino politécnico e universitário.

3. Fundamentação do número de créditos

O número total de créditos, a duração total do ciclo de estudos e o número de créditos de cada unidade curricular tem por base a nova legislação decorrente do Processo de Bolonha.

A primeira parte desta secção foi elaborada com base no disposto no artigo 19º do Decreto-Lei de Graus Académicos e Diplomas do Ensino Superior enquanto que a segunda parte introduz os parâmetros básicos que fundamentam o número de créditos ECTS que, com base no trabalho estimado, é atribuído a cada unidade curricular do plano de estudos.

A contabilização de créditos adoptada em Matemática é em parte semelhante à dos restantes cursos do Instituto Superior Técnico e é transcrita a seguir.

3.1. Número total de créditos e duração do ciclo de estudos

O IST decidiu organizar a formação superior em Matemática num modelo de dois ciclos de estudo:

- Primeiro, o grau de Licenciado em Matemática Aplicada e Computação, com 180 créditos, que é obtido num conjunto de 6 semestres curriculares, em 3 anos lectivos.
- Segundo, o grau de Mestre em Matemática e Aplicações, com 120 créditos e uma duração total de 4 semestres curriculares, em 2 anos lectivos.

Esta formação é compatível com os Artigos 9º e 18º do Decreto Lei supramencionado, sendo motivada por uma prática estável e consolidada na própria organização anterior da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação e do Mestrado em Matemática e Aplicações, e também nas principais instituições de referência europeias, de forma a facilitar a mobilidade dos alunos no espaço Europeu de ensino superior. A Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação funciona já actualmente num esquema de várias opções de formação especializadas que são definidas ao fim dos 3 primeiros anos curriculares, sendo os dois anos seguintes já especializados e podendo conduzir ao título de mestre, através da figura de Mestrado Integrado, num último ano curricular, que engloba a execução da dissertação de mestrado.

3.2 Número de créditos de cada unidade curricular

A legislação^{1,2} que regula a organização dos curricula resultantes da implementação do processo de Bolonha, impõe que esta organização deverá ter como base o número de horas de trabalho do estudante (HT) medidas através de créditos (ECTS).

Assim, de acordo com o artigo 5º do DL 42/2005:

- O trabalho de um ano curricular, a tempo inteiro é fixado entre 1500 HT e 1680 HT e é cumprido num período de 36 a 40 semanas.

¹ Decreto-Lei n.º 42/2005 de 22 de Fevereiro de 2005 – Princípios reguladores de instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior.

² Despacho n.º 10 543/2005 (2ª série) de 11 de Maio de 2005 – Normas técnicas para a apresentação das estruturas curriculares e dos planos de estudos dos cursos superiores e sua publicação.

- O número de horas de trabalho do estudante (HT) a considerar inclui todas as formas de trabalho previstas, designadamente as horas de contacto e as horas dedicadas a estágios, projectos, estudo e avaliação; O número de créditos correspondente ao trabalho de um ano curricular realizado a tempo inteiro é de 60 ECTS.

Com base nestes parâmetros e adoptando para o curso de Matemática do IST um trabalho correspondente a 1680 horas por ano curricular, poder-se-á considerar que

1 ECTS = 28 HT

Para além da relação entre o número de horas e o número de créditos, foram igualmente estabelecidas opções em termos das cargas horárias. Assim, considerou-se como base de trabalho que as cargas horárias possam variar, ao longo dos anos curriculares, de forma a adaptar os modelos de ensino à maturidade dos alunos. Se nos primeiros anos se poderá justificar um maior número de horas de contacto em detrimento das horas destinadas ao trabalho autónomo, nos anos mais avançados justifica-se um menor número de horas de contacto e um maior espaço para o desenvolvimento autónomo. Assim, considerou-se uma distribuição do tipo:

LMAC – Número de horas de contacto inferior a 25 horas/semana

MMA – Número de horas inferior a 20 horas/semana

Uma terceira vertente que foi considerada na organização do plano curricular é a que diz respeito ao regime de funcionamento que se admitiu ser semestral, à semelhança da maioria dos cursos europeus com os quais o IST promove intercâmbio de alunos.

No regime semestral considera-se que cada semestre terá uma duração de 14 semanas lectivas e será seguido de um período de avaliação com uma duração de 5 semanas. Este regime corresponde ao que se encontra actualmente em vigor no IST, ao qual corresponde em termos gerais:

1º semestre – Período lectivo: 2ª quinzena de Setembro a terceira semana de Dezembro; avaliações: Janeiro e 1ª semana de Fevereiro.

2º semestre – Período lectivo: 2ª quinzena de Fevereiro a 1ª semana de Junho, com interrupção de uma semana na Páscoa; avaliações: entre a 2ª semana de Junho e a 3ª semana de Julho.

Neste regime cada semestre corresponderá a 30 ECTS. Analogamente ao que sucede actualmente no IST, prevê-se a possibilidade de existência de 4 a 5 unidades curriculares a funcionar simultaneamente em cada semestre.

Contudo, a organização adoptada contemplou soluções em que coexistam unidades curriculares com diferentes exigências em termos de volume de trabalho. Assim, como forma de facilitar a partilha de unidades curriculares por diferentes planos de estudo, e de acordo

com as recomendações constantes do ECTS USERS' GUIDE³, considerou-se a hipótese de modelação das unidades curriculares nas seguintes tipologias:

UC5 – 7.5 ECTS – 210 HT
 UC4 – 6.0 ECTS – 168 HT
 UC3 – 4.5 ECTS – 126 HT
 UC2 – 3.0 ECTS – 84 HT
 UC1 – 1.5 ECTS – 42 HT

Paralelamente com a adopção de uma métrica ECTS para cada unidade curricular previu-se a forma como estas unidades curriculares se poderão associar para dar origem às organizações curriculares de cada semestre.

A organização do plano curricular dos ciclos de estudo em Matemática foi efectuada tendo como base duas métricas independentes: carga horária presencial e número de créditos ECTS. A distribuição de carga horária presencial e de créditos ECTS respeitou os limites adoptados para cada uma destas grandezas para cada semestre lectivo. Embora se devam evitar adoptar regras monolíticas de correspondência directa entre cargas horárias e créditos ECTS, na fase actual de preparação dos currículos, não existindo ainda valores medidos para o número de horas de trabalho dispendido pelos alunos, será aconselhável definir algumas correspondências entre créditos ECTS e número de horas presenciais em unidades curriculares da mesma natureza.

Nestas condições, procurou-se, para alguns tipos de aulas e de unidades curriculares, tipificar a seguinte relação possível entre carga horária e créditos⁴.

Aula teórica (T)

Neste tipo de aula considera-se que são abordados temas numa perspectiva eminentemente teórica e de natureza formativa. As matérias tratadas necessitam de aprofundamento, desenvolvimento e prática a ser realizado pelo aluno de forma autónoma. Para este tipo de aula poderá considerar-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula.

Horas de contacto semanais	Horas de contacto	Horas de trabalho extra aula	Horas de trabalho	ECTS
1	14	28	42	1.5

Aula de problemas (P)

Aula onde são apresentadas aplicações de conceitos já tratados de um ponto de vista teórico. Estas aulas consistem essencialmente na apresentação de técnicas ou algoritmos para resolução de problemas de natureza física, numérica, gráfica ou de programação. Neste caso considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir uma hora de trabalho extra aula.

³ ECTS USERS' GUIDE, Directorate-General for Education and Culture, EU, Brussels, 2005 http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide_en.pdf.

⁴ Esta tipificação encontra fundamento nos cursos que são actualmente leccionados no IST. (Caracterização dos Planos Curriculares 2004/2005, GEP-IST, Agosto 2005).

Horas de contacto semanais	Horas de contacto	Horas de trabalho extra aula	Horas de trabalho	ECTS
1	14	14	28	1.0

Unidade curricular de seminário e relatório

Componente de natureza teórica mas com carácter mais informativo. As matérias tratadas não necessitarão de aprofundamento por parte do aluno mas apenas de integração com outros conhecimentos já adquiridos. Para esta unidade curricular considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula, em que a parte principal desse trabalho se destina a uma componente de relatório final a apresentar.

Horas de contacto semanais	Horas de contacto	Horas de trabalho extra aula	Horas de trabalho	ECTS
1	14	28	42	1.5

Para implementar a harmonização com as restantes licenciaturas é necessário diminuir os créditos das disciplinas do MMA, de forma a harmonizar créditos ECTS com as restantes formações (licenciaturas e mestrados) do IST. Esta alteração implica o aumento do número de disciplinas por semestre: 4 disciplinas com componente lectiva em 5 unidades curriculares. Procurou-se fazer estas alterações minimizando o incremento das cargas lectivas sendo propostas a criação de algumas unidades curriculares mais ligeiras, de seminário, relatório e projecto.

Para concretizar o Programa de Transição (*Bridging Program*), são consideradas disciplinas de com um maior peso lectivo (7.5 créditos ECTS), precedentes para a frequência de outras disciplinas do MMA. No âmbito da integração LMAC – MMA, os alunos da LMAC podem ser dispensados de algumas ou da totalidade destas disciplinas (dependendo apenas da escolha adequada de opções no 3º ano da LMAC) que serão substituídas, no seu plano de estudos, por outras unidades curriculares. Para estas disciplinas está prevista uma carga lectiva semanal de 4 horas teóricas e 1.5 horas práticas, com vista a uma rápida integração de alunos motivados, ainda que não possuam formação de 1º ciclo em Matemática.

4. Organização do Mestrado

Tendo em vista o objectivo de oferecer uma formação diversificada, e atendendo ao número reduzido de alunos que frequentam actualmente a LMAC e o MMA, considera-se imprescindível reduzir fortemente o número de especializações actualmente oferecidas (4 na LMAC e 7 no MMA). Assim, propõe-se que existam apenas duas especializações no 2º ciclo de formação em Matemática que são definidas pelos perfis em *Matemática e Aplicações Fundamentais* e em *Matemática Aplicada e Computação*.

Estes dois perfis correspondem às especializações mais comuns nos programas internacionais de pós-graduação em matemática, pelo que a opção por este modelo contribuirá para transmitir uma imagem clara dos objectivos do curso.

Programa de Transição (Bridging Program)

Considera-se uma heterogeneidade significativa na formação dos alunos à entrada do Mestrado, em particular:

- Alunos da LMAC
- Alunos de outras licenciaturas em Matemática nacionais ou estrangeiros
- Alunos de licenciaturas em Engenharia do IST
- Alunos de outras licenciaturas científicas nacionais ou estrangeiros

Há vários modelos possíveis para responder ao grau de heterogeneidade na formação dos alunos à entrada do curso que podem ser considerados. Uma possibilidade seria exigir que os alunos frequentassem um conjunto adicional de disciplinas do 1º ciclo (tipicamente 3 ou 4 disciplinas, no caso de alunos provenientes de outras áreas), que não seriam contabilizadas no 2º ciclo. No entanto, previsivelmente, este modelo tenderia a afastar a maioria dos possíveis candidatos que não tivessem completado um 1º ciclo em Matemática. Outro modelo possível consiste em oferecer no 2º ciclo as disciplinas mais avançadas do 1º ciclo, tornando-as obrigatórias para todos os alunos que não tenham completado anteriormente disciplinas de nível equivalente. Esta solução possibilita que alunos com uma preparação inicial mais sólida saiam do 2º ciclo com uma formação mais avançada. Considera-se que esta possibilidade não é um inconveniente, correspondendo, aliás, ao que se passa em muitos programas de pós-graduação das melhores universidades europeias e americanas.

Esta opção obriga a ter um cuidado especial com a distribuição por semestre das disciplinas comuns aos dois ciclos, por forma a permitir que sejam frequentadas por alunos do 2º ciclo, no início da sua formação. As propostas de plano curricular que se seguem procuram responder a esta preocupação.

Perfis do Mestrado em Matemática e Aplicações

O Mestrado em Matemática e Aplicações tem as seguintes áreas científicas:

- Lógica e Computação
- Álgebra e Topologia
- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos
- Análise Real e Análise Funcional
- Geometria
- Probabilidades e Estatística
- Análise Numérica e Análise Aplicada
- Física-Matemática

Os alunos do Mestrado podem escolher entre os dois perfis, de acordo com um número mínimo de ECTS nas diversas áreas científicas, conforme indicado a seguir:

Perfil em Matemática e Aplicações Fundamentais

- Álgebra e Topologia (12 ECTS obrigatórios)
- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos (12 ECTS obrigatórios)
- Análise Real e Análise Funcional (12 ECTS obrigatórios)
- Geometria (12 ECTS obrigatórios)

Perfil em Matemática Aplicada e Computação

- Lógica e Computação (12 ECTS obrigatórios)
- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos (6 ECTS obrigatórios)
- Análise Real e Análise Funcional (6 ECTS obrigatórios)
- Probabilidades e Estatística (12 ECTS obrigatórios)
- Análise Numérica e Análise Aplicada (12 ECTS obrigatórios)

O plano curricular detalhado para cada aluno é elaborado em conjunto com a coordenação do Mestrado, tendo em conta equivalências e precedências entre várias disciplinas. Os quadros orientadores dos planos curriculares dos perfis são apresentados de seguida.

Os dois perfis de Mestrado têm como ponto comum obrigatório as áreas científicas:

- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos;
- Análise Real e Análise Funcional;

possibilitando, na escolha de opções livres (entre 3 e 5), formações complementares em áreas científicas de outro perfil.

Perfil de Matemática e Aplicações Fundamentais (MAF)

(quadro orientador do plano curricular)

1º Semestre	ECTS	Área Científica
- Fundamentos de Álgebra <i>Complementos de Álgebra</i>	7.5 6	Álgebra e Topologia
- Fundamentos de Topologia e Análise Real - Análise Funcional - Complementos de Análise Complexa	7.5 6 6	Análise Real e Análise Funcional
- Geometria Riemanniana <i>Geometria Diferencial</i>	6 6	Geometria
Equações Diferenciais Ordinárias	6	Eq. Diferenciais e Sist. Dinâmicos
- Opção - Seminário de Investigação e Relatório	≥4.5 3-6	
Total	30	

2º Semestre	ECTS	Área Científica
<i>Topologia Algébrica</i> <i>Álgebra Comutativa</i>	6 6	Álgebra e Topologia
<i>Complementos de Análise Real</i> <i>Álgebras de Operadores</i>	6 6	Análise Real e Análise Funcional
Opção em Geometria	6	Geometria
Equações Diferenciais Parciais	6	Eq. Diferenciais e Sist. Dinâmicos
- Opção - Seminário de Investigação e Projecto	6 6	
Total	30	

3º e 4º Semestre	ECTS	Área Científica
3 Opções	18	--
Dissertação de Mestrado I e II	42	--
Total	60	

Para além das disciplinas listadas há uma lista maior de opções oferecidas por área científica cuja oferta é proposta anualmente pelo Departamento e cujo funcionamento depende do número de alunos interessados – ver Anexo de Disciplinas.

Perfil de Matemática Aplicada e Computação (MAC)

(quadro orientador do plano curricular)

1º Semestre	ECTS	Área Científica
- Fundam. de Lógica e Teoria da Computação <i>Computabilidade e Complexidade</i>	7.5 6	Lógica e Computação
- Introdução à Topologia e à Análise Real - Análise Funcional - Complementos de Análise Complexa	7.5 6 6	Análise Real e Análise Funcional
- Fundamentos de Probabilidade e Estatística <i>Teoria da Probabilidade</i>	7.5 6	Probabilidades e Estatística
- Análise Numérica <i>Análise Numérica Funcional e Optimização</i>	7.5 6	Análise Numérica e Análise Aplicada
- Opção - Seminário de Investigação e Relatório	≥4.5 3-6	
Total	30	

2º Semestre	ECTS	Área Científica
<i>Lógica Funcional e Teoria da Demonstração</i> - Fundamentos Algébricos da Computação	6 6	Lógica e Computação
Equações Diferenciais Parciais	6	Eq. Diferenciais e Sist. Dinâmicos
<i>Estatística Matemática</i> <i>Processos Estocásticos e Aplicações</i>	6 6	Probabilidades e Estatística
Análise Numérica de EDPs	6	Análise Numérica e Análise Aplicada
- Opção - Seminário de Investigação e Projecto	6 6	
Total	30	

3º e 4º Semestre	ECTS	Área Científica
3 Opções	18	--
Dissertação de Mestrado I e II	42	--
Total	60	

Observações:

- Os quadros anteriores não são exaustivos nas disciplinas opcionais de cada área científica, que são apresentadas em Anexo. Por exemplo, um aluno do perfil MAF que já tenha frequentado EDOs e EDPs deve escolher 12 ECTS na área de Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos na lista de opções dessa área científica que funcionem nesse ano lectivo.
- Há quatro disciplinas previstas para o programa de transição, que não devem ser frequentadas pelos alunos que já obtiveram aprovação nas disciplinas que se listam à frente (ou equivalentes):
 - *Fundamentos de Álgebra* :
 - Introdução à Álgebra + Álgebra Geral
 - *Fundamentos de Topologia e Análise Real* :
 - Topologia + Análise Real
 - *Fundamentos de Probabilidade e Estatística* :
 - Complementos de Probabilidades e Estatística + (Intr. Processos Estocásticos *ou* Inferência Estatística)
 - *Fundamentos de Lógica e Teoria da Computação*
 - Lógica Matemática + Introd. à Computab. e Complexidade
- Os alunos podem escolher opções externas ao DM, de entre as disciplinas oferecidas noutros segundos ciclos do IST, mediante parecer da coordenação do Mestrado.
- A unidade curricular *Seminário de Investigação e Relatório* pressupõe uma componente presencial em seminários de investigação e uma componente de Relatório. A componente de Relatório consiste na submissão electrónica (no formato de artigo) de um trabalho de pesquisa bibliográfica numa disciplina curricular (duas disciplinas no caso de 6 ECTS), em que o aluno esteja inscrito.
- A unidade curricular *Seminário de Investigação e Projecto* tem 6 ECTS e consiste na elaboração de um relatório sobre o “estado da arte” em (pelo menos 2) temas propostos na área científica em que pretende desenvolver a dissertação. A componente presencial é restrita a seminários.
- As unidades curriculares *Seminário de Investigação et al.* acima mencionadas, podem ser substituídas por disciplinas de opção, sob aprovação da coordenação do Mestrado.
- A *Dissertação de Mestrado* é composta de 2 unidades curriculares:
 - Dissertação de Mestrado I (≥ 12 ECTS)
 - Dissertação de Mestrado II (≤ 30 ECTS)
 que somam 42 ECTS. As unidades curriculares correspondem à elaboração da dissertação sob orientação de um Professor do Departamento de Matemática. A divisão em I e II especifica apenas que uma unidade se desenrola no 1º Semestre e a outra no 2º Semestre, podendo a sua creditação individual ser flexibilizada pela Coordenação de Mestrado face a necessidades curriculares do aluno.

5. *Organização dos Ciclos e Metodologias de Ensino*

A estrutura curricular reflecte uma mudança de atitude perante os alunos e a sociedade que decorre das mudanças culturais que se foram verificando ao longo dos últimos anos e da necessidade de antecipar algumas das tendências que se avizinham:

- A passagem de um ensino baseado na transmissão de conhecimentos para um ensino baseado no desenvolvimento de competências em que os alunos devem ser encorajados a desenvolver uma atitude mais activa e com uma componente de auto-estudo mais acentuada. Esta mudança requer alterações profundas na forma de ensinar e organizar as unidades curriculares e de as alicerçar em meios de estudo adequados.
- Embora assegurando uma forte componente científica, será necessário incrementar a comunicação, o trabalho em equipa, a criatividade e a experiência prática dos alunos.
- Numa sociedade em constante mudança, onde os conhecimentos adquiridos hoje poderão ser obsoletos amanhã os alunos devem ser estimulados a desenvolver competências que lhes permitam efectuar uma aprendizagem ao longo da vida, de um modo fundamentalmente auto-orientado ou autónomo com o objectivo de manterem-se actualizados e de possuírem uma visão alargada sobre os diferentes domínios da Matemática e das suas aplicações.

Estes aspectos podem nem sempre ser directamente mensuráveis nos conteúdos das unidades curriculares na medida em que em muitos casos reflectem apenas diferentes maneiras de pensar, ensinar e aprender que devem ser incorporadas pelos alunos e, principalmente, pelos docentes e dirigentes académicos e científicos. A interdisciplinaridade da Matemática, reflecte-se no espectro largo de formação no tronco comum, e na necessidade de subdividir em 2 perfis de especialização no mestrado.

- No primeiro ano o Mestrado tem um regime semestral com um número de 5 unidades curriculares por semestre, requerendo-se a componente presencial em 4 disciplinas.
- No segundo ano uma parte significativa do Mestrado consiste na elaboração da Dissertação, sendo prevista ainda a frequência de disciplinas – que são normalmente disciplinas de opção, ou disciplinas de formação necessárias pelo programa de transição.
- O modelo de organização pedagógica é baseado em 18 horas de aulas, podendo ser superior (até 22 horas) no caso da frequência de disciplinas do programa de transição.

Metodologias de ensino. Aulas, horários e sistemas de avaliação.

A organização das aulas deverá fomentar a participação dos alunos, reduzir a sua passividade e encorajar o estudo independente, tornado possível pela redução da carga horária. A realização de relatórios, exposições e exames orais é igualmente estimulada como forma de promover a capacidade de comunicação. A avaliação das cadeiras listadas nos quadros

orientadores dos planos curriculares deverá incluir uma componente de prova escrita com um peso mínimo de 40%.

O sistema de avaliação do curso é coordenado vertical e horizontalmente:

- Com componentes expressivas de avaliação contínua.
- Com a elaboração de uma dissertação de mestrado já numa área de especialização científica.

Formação por objectivos

A organização temporal do ciclo de estudos espera do aluno um conjunto bem definido de competências, conhecimentos e qualificações.

- Formação geral com opções formativas transversais ou complementares aos perfis : *Matemática e Aplicações Fundamentais* ou *Matemática Aplicada e Computação*.
- Dissertação de mestrado reflectindo a formação especializada e estimulando a criatividade e originalidade.

Métodos pedagógicos e aquisição de competências no Mestrado em Matemática e Aplicações

(Artigo 15º, alínea a):

Conhecer e compreender:

1. O papel do matemático na sociedade e as implicações sociais e éticas da sua intervenção;
2. O desenvolvimento técnico e científico da Matemática e suas aplicações;
3. O papel e os métodos da investigação científica na Matemática e suas aplicações;
4. Alguns problemas em aberto na Matemática.

Métodos de ensino / aprendizagem:

Ref. 1. – aulas teóricas e seminários (por docentes e/ou especialistas externos), complementados por estudo, trabalhos e pesquisa documental.

Ref. 2.. – aulas teóricas e de problemas e seminários, complementados por estudo, trabalhos e pesquisa documental.

Ref. 3. e 4. – aulas teóricas, seminários, orientação de trabalhos e tutoriais, complementados por estudo, trabalhos, e pesquisa documental.

Métodos de avaliação:

Ref. 1. – relatórios, dissertação, discussões e apresentação de trabalhos.

Ref. 2. – exames e/ou testes, relatórios e discussões.

Ref. 3. e 4. – relatórios, discussões e dissertação.

(Artigo 15º, alínea b):

Aplicar conhecimento e compreensão:

1. Ao desenvolvimento de processos aplicáveis em contexto profissional, envolvendo conhecimento de áreas científicas da especialização;

Métodos de ensino/aprendizagem:

Ref. 1. – aulas teóricas, seminários, orientação de projectos e tutoriais, complementados por estudo, pesquisa documental e trabalhos.

Métodos de avaliação:

Ref. 1. – Relatórios, discussões e dissertação.

(Artigo 15º, alínea c):**Formular juízos:**

1. Na concepção de experiências computacionais visando validar teorias ou hipóteses;
2. Na avaliação das condicionantes e limitações de soluções de problemas matemáticos;
3. Na avaliação dos riscos envolvidos em decisões profissionais tomadas com base em informação incompleta ou contraditória;

Métodos de ensino/aprendizagem:

Ref. 1., 2. e 3. – aulas teóricas e de problemas, orientação de trabalhos e tutoriais, complementados por estudo, trabalhos e e - aprendizagem.

Métodos de avaliação:

Ref. 1., 2. e 3. – relatórios, discussões, desempenho em sessões de orientação e dissertação.

Ref. 4. – relatórios, discussões, apresentação de trabalhos e desempenho em sessões de orientação.

(Artigo 15º, alínea d):

Capacidade de comunicar:

1. Oralmente e por escrito os resultados de trabalhos realizados, de forma rigorosa e fundamentada;
2. Adequando o nível e o método de apresentação ao público alvo;
3. E argumentar sobre temas da especialidade numa língua estrangeira (inglês);

Métodos de ensino/aprendizagem:

Ref. 1. e 2. – orientação de trabalhos e tutoriais, complementados por trabalhos, preparação de relatórios e apresentações.

Ref. 3. – preparação de relatórios e apresentações em língua estrangeira (inglês).

Métodos de avaliação:

Ref. 1. – relatórios, discussões, apresentações orais e dissertação.

Ref. 2. e 3. – discussões e apresentações orais.

(Artigo 15º, alínea e):**Capacidade de aprender:**

1. Desenvolvendo autonomamente ideias, teorias, métodos ou processos em contexto de investigação e desenvolvimento;
2. Temas actuais da Matemática e aplicações, e do contexto profissional, envolvendo contributos multidisciplinares, através de literatura especializada;

Métodos de ensino/aprendizagem:

Ref. 1. e 2. – Orientação de trabalhos e tutoriais, complementados por estudo, trabalhos e pesquisa documental.

Métodos de avaliação:

Ref. 1. e 2. – desempenho em sessões de orientação, relatórios de trabalhos, discussões e dissertação.

6. Organização dos Ciclos face à Avaliação Externa.

O MMA, enquanto mestrado autónomo, não foi alvo de avaliação externa. No entanto, no quadro da adequação da LMAC em 2 ciclos de formação, em que se insere o presente documento, considera-se a avaliação externa efectuada à licenciatura LMAC, acreditada pela Fundação das Universidades Portuguesas.

Essa avaliação, que é comentada no documento apresentado para a adequação da LMAC, foi efectuada no ano de 2001 pela Comissão de Avaliação Externa (CAE): Coordenador Prof. Fernando Dias Agudo, vogais: Prof. Gehard Jank, Prof. Dinis Pestana, Prof. Esgalhado Valença.

7. Comparação dos Ciclos face à União Europeia.

A comparação face à União Europeia deve ser englobada no conjunto Licenciatura+Mestrado, tendo em conta o possível ingresso de alunos que tenham completado o 1º ciclo com formações distintas.

Relativamente a licenciaturas em Matemática, existentes na União Europeia, nota-se uma grande diversidade de oferta, podendo ser distinguida nas vertentes:

- *Licenciaturas em Matemática ou Matemática Aplicada com vertente clássica ou mais aplicada*
- *Licenciaturas em Matemática com vertente de Estatística e Investigação Operacional*
- *Licenciaturas em Matemática com vertente de Ciência da Computação*

Um caso típico desta diversidade pode ser encontrada no *Imperial College*, uma Escola do CLUSTER, onde existem as seguintes ofertas para licenciaturas de 3 anos:

- Mathematics (BSc)
- Mathematics, Optimisation and Statistics (BSc)
- Mathematics (Pure Mathematics) (BSc)
- Mathematics with Applied Mathematics/Mathematical Physics (BSc)
- Mathematics with Management (BSc)
- Mathematics with Mathematical Computation (BSc)
- Mathematics with Statistics (BSc)
- Mathematics with Statistics for Finance
- Mathematics and Computer Science (BSc)

Nesta proposta de adequação do Mestrado em Matemática e Aplicações é prevista a integração de alunos com uma razoável diversidade de formação inicial, que pode ser adequada aos diversos perfis, mais ligados à componente pura ou aplicada, através do programa de transição que consiste na frequência de disciplinas fundamentais no 1º semestre.

Num outro exemplo, na *Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)*, o 1º ciclo está organizado em 3 anos, com especialização no último ano:

- Matemática Fundamental (perfil de Álgebra ou Análise),
- Matemática Aplicada (perfil de Análise Numérica ou Probabilidades e Estatística),

e ainda uma especialização mista com vista a uma inserção na vida activa. As opções consideradas no 1º ciclo da LMAC permitem também esta diversidade, acrescentando a vertente em Ciência da Computação. No 2º ciclo (Master) há uma divisão mais significativa com a separação das especializações:

- Matemática Fundamental (perfil de Álgebra e Geometria ou Análise e Geometria);
- Estatística;
- Probabilidades e Aplicações (perfil de Processos Estocásticos, Probabilidades Aplicadas, Estatística Matemática ou Probabilidades e Finanças),

- Modelação Matemática (perfil de Análise Numérica, Optimização e Jogos, Matemática e Informática, Matemática e Biologia),
- Matemática Industrial (perfil de Matemática para as empresas, Ferramentas Matemáticas e Programas).

Apesar desta maior diversidade na identificação dos perfis, há bastantes pontos comuns na lista de disciplinas, que podem ser oferecidas no MMA, e que permitem perfis semelhantes, enquadrados não apenas na lista de disciplinas do DM, mas também na lista de disciplinas de opção externa que os alunos podem frequentar no IST.

Um outro exemplo, na *Universidade de Göttingen*, há também uma divisão em dois ciclos de estudos. Um primeiro ciclo (BA) de três anos correspondentes a 180 ECTS, com diversos módulos de funcionamento, com um tronco comum obrigatório largamente superior a pequenos módulos opcionais. Encontra-se no 2º ciclo (MSc) uma divisão em diversos perfis

- Matemática Pura
- Matemática Aplicada e Numérica
- Matemática Estocástica e Financeira
- Informática

que têm correspondente na divisão proposta no MMA pela divisão do perfil em Matemática Aplicada e Computação nas três áreas científicas.

Estes são apenas alguns exemplos da oferta de formação em Matemática que se encontra na União Europeia, e que são significativos de alguma diversidade nas opções. É nossa opinião que esta adequação da LMAC e MMA ao processo de Bolonha permitirá uma formação suficientemente sólida no 1º ciclo que permitirá a um aluno ingressar em diversos 2º ciclos oferecidos no espaço europeu, sem necessidade de significativo esforço adicional em programas de transição.

Por outro lado, a elaboração desta adequação ao processo de Bolonha, permite uma maior facilidade de integração de alunos do espaço da União Europeia no 2º ciclo, tendo em conta que foi previsto um programa de transição que prevê formações em Matemática bastante diversificadas.

Anexo – Disciplinas

Disciplina	Tipo	Ano	Sem	ECTS	T	P	L	E	Área Científica
Disciplinas LM (LMAC-MMA)									
Análise Numérica	LM	1	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	An. Numérica e An. Aplicada
Introdução aos Processos Estocásticos	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Inferência Estatística	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Álgebra Geral	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Equações Diferenciais Ordinárias	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Complementos de Análise Complexa	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Análise Funcional	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Geometria Riemanniana	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Programação Matemática	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Métodos Numéricos para EDOs	LM	1	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Combinatória e Teoria dos Códigos	LM	1	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Equações Diferenciais Parciais	LM	1	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Superfícies de Riemann e Curvas Algébricas	LM	1	2S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Análise Numérica de EDPs	LM	1	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Análise Aplicada	LM	1	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
MMA									
Fundamentos de Topologia e Análise Real	M	*	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	An. Real e An. Funcional
Fundam. de Lógica e Teoria da Computação	M	*	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	Lógica e Computação
Fundamentos de Probabilidades e Estatística	M	*	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	Probabilidades e Estatística
Fundamentos de Álgebra	M	*	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	Álgebra e Topologia
Complementos de Álgebra	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Geometria Diferencial	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Topologia Algébrica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Álgebra Comutativa	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Complementos de Análise Real	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Álgebras de Operadores	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Computabilidade e Complexidade	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Teoria da Probabilidade	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Análise Numérica Funcional e Optimização	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Lógica Funcional e Teoria da Demonstração	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Fundamentos Algébricos da Computação	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Estatística Matemática	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Processos Estocásticos e Aplicações	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Seminário de Investigação e Relatório	M	*	1S	3..6	2	0	0	3	
Seminário de Investigação e Projecto	M	*	1S	6	2	0	0	9	
Dissertação de Mestrado I	M	*	2S	12..	*	*			
Dissertação de Mestrado II	M	*	*	30..	*	*			

Outras opções MMA									
área: Álgebra e Topologia									
Teoria da Homotopia	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Topologia Diferencial	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Teoria das Categorias	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
área: An. Real e An. Funcional									
Operadores Pseudodiferenciais	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Intr. A K-Teoria de Álgebras de Operadores	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Tópicos de Operadores Integrais Singulares	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
área: Eq. Diferenciais e Sist. Dinâmicos									
Teoria Ergódica e Dinâmica Hiperbólica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Teoria da Bifurcação em Eq. Diferenciais	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Análise Harmónica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Cálculo de Variações em EDPs	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Equações Diferenciais Parciais de Evolução	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Mecânica Geométrica	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Sistemas Dinâmicos Discretos	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Sistemas Dinâmicos Dimensão Infinita	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
área: Geometria									
Grupos e Álgebras de Lie	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Geometria Algébrica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Geometria Simplética	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Geometria
área: Probabilidades e Estatística									
Análise Multivariada	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Análise de Dados Categorizados	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Inferência Bayesiana	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Estatística Computacional	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Estatística Biomédica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
área: An. Numérica e An. Aplicada									
Mét. Matemáticos em Hemodinâmica	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Complementos de An. Numérica de EDPs	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Análise Numérica de Eq. Integrais	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Elementos de Fronteira e Aplicações	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Mét. Num. e Matemáticos em Mec. Fluidos	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Problemas Inversos em EDPs	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
área: Lógica e Computação									
Concepção e Verif. de Sist. Concorrentes	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Criptografia e Protocolos de Segurança	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Métodos Formais em Segurança	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Computação, Informação, Lógica Quânticas	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Novos Paradigmas da Computação	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Lógica Computacional	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Lógica Modal	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
área: Física-Matemática									
Integração Funcional e Aplic. Mec. Quântica	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Física-Matemática

Monopólos e Curvas Algébricas	M	*	1S	6	3	1.5	0	6	Física-Matemática
Teoria do Campo e Cordas	M	*	2S	6	3	1.5	0	6	Física-Matemática