

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

TOMO XLVII

Volume 1



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2020

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

O tomo XLVII das *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa – Classe de Ciências* reúne as comunicações apresentadas nas sessões académicas da Classe de Ciências nos anos de 2017 e 2018. O presente volume 1 reúne as comunicações apresentadas em 2017.

Título: Memórias da Academia das Ciências de Lisboa
Classe de Ciências
Tomo XLVII – Volume 1

Edição: Academia das Ciências de Lisboa

Impressão: Gráfica 99

Data de impressão: Dezembro 2020

ISBN: 978-972-623-392-3

Depósito legal: 447397/18

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

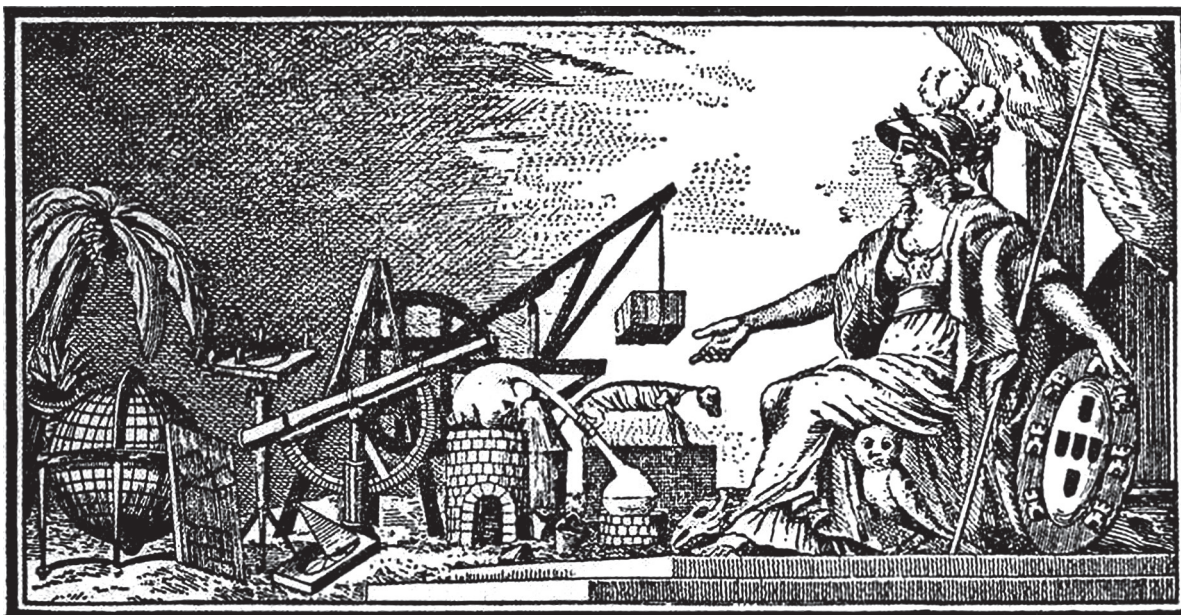
TOMO XLVII

Volume 1



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2020



Duas Décadas de Microelectrónica em Macau: De um Deserto a um Laboratório de Referência do Estado Chinês

RUI PAULO DA SILVA MARTINS

SUMÁRIO

O presente trabalho centra-se no papel dos grupos de investigação que contribuem para o desenvolvimento do conhecimento das universidades em fase de desenvolvimento e inseridas em regiões com condições menos favoráveis em termos de recursos humanos, financeiros e científicos, um tema que nunca foi abordado anteriormente. É analisada neste artigo a evolução do trabalho de um grupo de investigadores, que, em menos de 10 anos, alcançou reconhecimento mundial, na área da microelectrónica, com impacto não só na investigação na área da engenharia, na Universidade de Macau, como também nas suas actividades pedagógicas. Conclui-se que o empreendedorismo e as estruturas organizacionais flexíveis, a início, estimularam o desenvolvimento de agendas científicas sólidas e da identidade institucional; que as políticas contra-intuitivas, incluindo a do recrutamento dos estudantes, são porventura necessárias e inevitáveis neste processo. Por outro lado, o efeito destas medidas contra-intuitivas pode ser contrabalançado com os resultados, mensuráveis, da elevação da qualidade do ensino, no que diz respeito à sua internacionalização e prestígio. Tudo isto implica a dedicação profissional e pessoal dos líderes do grupo de investigação, tanto na investigação como no ensino. Finalmente, outra

componente fundamental para o desenvolvimento de uma universidade é o recrutamento de jovens e promissores académicos, com vontade e dinamismo para liderar e agir, aos quais é garantida maior liberdade nas suas actividades profissionais.

INTRODUÇÃO

Actualmente, o papel das universidades na criação e disseminação do conhecimento nas sociedades do conhecimento é indisputável (Simha, 2005). A investigação científica, em particular, tornou-se numa actividade cada vez mais financiada, estruturada, colectiva e dependente de um conjunto de dinâmicas e incentivos (Billot, 2010). Vários factores de pressão, a nível nacional e global, trazidos pelo novo modelo de gestão pública, pela competição académica internacional e pelo *ranking* das universidades, contribuíram expressivamente para a introdução de mudanças (Tie, 2012). Neste contexto, torna-se necessário perceber melhor a investigação científica e o respectivo mecanismo, à medida que responsáveis políticos, gestores e académicos procuram alcançar melhor desempenho e qualidade na investigação (Rey-Rocha, Garzón-García e Martin-Sempere, 2006). Na sequência dos trabalhos de Hagstrom (1965), de Labour e Woolgar (1986) e de Ziman (1983), desenvolveram-se consideravelmente os estudos sobre a organização, a gestão e a colaboração em projectos de investigação e sobre os resultados alcançados pelos grupos de investigadores e pelos laboratórios. Os estudos mais recentes centram-se em matérias como: gestão da investigação (Mintrom, 2008), ambientes criativos (Hemlin, 2006), equipas multidisciplinares (Sá, 2008), trabalho em equipa (Adams, Black, Clemmons e Stephan, 2005), partilha de conhecimento (Pfotenhauer, Jacobs, Pertuze, Newman e Roos, 2013), liderança na investigação (Hansson e Mønsted, 2008), dimensão organizacional (Kenna e Berche, 2012) e bem-estar no trabalho (Torrison, 2013; vide também Jung, 2014).

Enquanto certas matérias ligadas à investigação científica e aos seus mecanismos foram estudadas de modo extensivo, outros temas receberam menor atenção. Ainda que a compatibilidade ou incompatibilidade entre o nexos ensino-investigação sejam intensamente debatidas porque inerentes a ambas as missões de ensino e investigação de uma universidade (Shin, 2011), poucos estudos foram realizados para explorar a influência dos grupos de investigação das universidades no ensino de pós-licenciatura (e.g. Grevholm, Persson e Wall, 2005). Mais, de acordo com a nossa pesquisa, há actualmente escassos estudos centrados no modo como os grupos de investigação contribuem para elevar a capacidade de investigação nos sistemas de ensino superior com limitada base de conhecimentos e escassos investimentos. Estes dois temas são de importância crucial para as universidades que queiram promover a investigação e projectar a sua influência, neste âmbito, em particular para as universidades localizadas em regiões emergentes (Nour, 2011).

Com o presente estudo, pretende-se contribuir para enriquecer o conhecimento sobre os grupos de investigação e sobre o seu contributo para aumentar a capacidade de investigação e fomentar o desenvolvimento da educação de pós-licenciatura nas universidades em que aqueles se inserem. Neste estudo, é analisado o caso do Laboratório de Referência do Estado (*State Key Laboratory - SKL*) em Circuitos Integrados em Muito Larga Escala Analógicos e Mistos (*Analog and Mixed-Signal VLSI - AMS-VLSI*), que é um grupo de investigação inserido na Universidade de Macau (UM). Numa Universidade orientada para o ensino e sem tradição de investigação, a criação e o desenvolvimento deste grupo de investigação consolidou a sua base de conhecimento, tendo conseguido, num relativo curto espaço de tempo,

reconhecimento mundial pela sua qualidade. À medida do seu desenvolvimento, o grupo acima mencionado não só contribuiu para transformar a educação de pós-licenciatura na área da Engenharia Electrónica da Universidade, como também inverteu a tendência de declínio do número de estudantes na Faculdade de Ciências e Tecnologia (*Faculty of Science and Technology - FST*). Dotado duma direcção determinada e de liberdade institucional nas suas actividades, este grupo conseguiu desenvolver-se com sucesso, num contexto caracterizado por escassos recursos humanos e financeiros dirigidos para a investigação. O sucesso deste grupo tem importantes implicações para as universidades situadas em regiões emergentes, empenhadas em construir a sua base de conhecimento e em promover as respectivas capacidades de investigação e de educação de pós-licenciatura. A presente análise parte das entrevistas aos fundadores e aos directores das linhas de investigação do Laboratório AMS-VLSI, bem como dos documentos e dados quantitativos, adoptando a mesma metodologia encontrada na bibliografia (cfr. Sinisalo e Komulainen, 2008). As fontes secundárias usadas no presente estudo foram obtidas junto da Universidade de Macau e das entidades governamentais da Região Administrativa Especial de Macau (RAEM).

HISTÓRIA

Apesar dos estudos universitários em Macau terem uma tradição que remonta a 1594 – com a fundação pelos jesuítas do antigo Colégio Universitário de São Paulo, a primeira universidade de cariz ocidental na China, que é ainda hoje o mais famoso “*ex-libris*” do território –, eles sofreram uma longa interrupção desde o século XVI e até à criação da Universidade de Macau (UM), em 1981 (inicialmente designada Universidade da Ásia Oriental – UAO, universidade privada com o terreno concedido pelo governo), que marcou o início do ensino superior moderno em Macau e que é a instituição líder do ensino superior local, estando entre as mais antigas e prestigiadas universidades da região do delta do Rio das Pérolas, e podendo ser na verdade considerada a herdeira do colégio original.

Durante os primeiros anos após o estabelecimento da UAO, os alunos, na sua maioria, eram provenientes de Hong Kong. Posteriormente, a então administração portuguesa de Macau, atendendo à necessidade de formar recursos humanos locais para o período de transição, antes da transferência da soberania do Território para a China, procedeu à aquisição da UAO através da Fundação Macau, em 1988. Realizou igualmente uma reestruturação com o estabelecimento de várias faculdades, nomeadamente, a Faculdade de Letras, a Faculdade de Gestão de Empresas, a Faculdade de Ciências Sociais e a Faculdade de Ciências e Tecnologia, tendo modificado a duração dos cursos de licenciatura de três para quatro anos. Numa fase posterior, foram criadas as Faculdades de Direito e de Ciências da Educação, mantendo-se o inglês como a língua principal de ensino.

Com a promulgação dos novos estatutos universitários em 1991, a UAO tornou-se oficialmente uma universidade pública (Portuguesa) e passou a chamar-se Universidade de Macau (UM), assumindo como sua missão principal na década de 90, do século passado, formar quadros locais qualificados para o período de transição. Posteriormente, a partir de 1999, e com a criação da Região Administrativa Especial de Macau (RAEM), tendo por base a estrutura inicial desenhada e reconhecida no âmbito do Ensino Superior Português, a UM conseguiu afirmar-se *passo-a-passo* na cena do ensino superior internacional, agora já como universidade pública (Chinesa). De salientar igualmente a continuidade da UM como membro convidado do Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas (CRUP), membro fundador

da Fundação das Universidades Portuguesas (FUP), membro da Associação das Universidades de Língua Portuguesa (AULP), tendo organizado (conjuntamente com o Instituto Politécnico de Macau e Instituto de Formação Turística) 5 Encontros Anuais da Associação em 1998, 2003, 2006, 2010 e 2014, e ocupado a Vice-Presidência entre 2005 e 2014, sendo actualmente a Presidente da AULP para o triénio 2014-2017. Por último, e tendo em conta o seu historial de intervenção na área dos estudos europeus, com os lançamentos pioneiros do mestrado em assuntos europeus em 1996, de uma cátedra *Jean Monnet* em 2007, e do *European Union Academic Program (EUAP)* em 2012, todos apoiados pela União Europeia, foi natural a sua nomeação e recente admissão, por convite, como membro do *Council for European Studies*, baseado na *Columbia University*, que inclui universidades de prestígio, como Cambridge, Oxford, Princeton e Harvard.

O CONTEXTO: O SISTEMA DE ENSINO SUPERIOR DE MACAU E A UNIVERSIDADE DE MACAU

Macau é uma região administrativa especial da China, administrada de acordo com o princípio “um país, dois sistemas” desde a transferência da sua soberania para a China, em 1999. A falta de recursos naturais do território implica a dependência económica de Macau no capital humano no sector das indústrias de serviço dedicadas ao jogo, ao turismo e à hotelaria (Tang, 2014). Embora Macau seja muitas vezes referido como Las Vegas do Oriente, o seu desenvolvimento fica à sombra de Hong Kong, cidade vizinha mais populosa e com maior dimensão económica, mão-de-obra mais qualificada e universidades mais prestigiadas. Segundo os dados do Banco Mundial, a percentagem do PIB de Macau das despesas brutas em investigação e desenvolvimento é insignificante, mantendo-se inalterado em 0,1% desde o ano de 2001. Ainda que o número de investigadores por cada milhão de habitantes nesta região tenha quase triplicado durante a última década, de 260 em 2001 para 734 em 2010, devido à sua fraca representatividade, Macau ainda está atrás das outras regiões mais desenvolvidas. Os números acima apresentados demonstram que o investimento em ciência e actividades de investigação e desenvolvimento tem sido, por muito tempo, negligenciado em Macau (Li e Bray, 2007).

O sistema de ensino superior de Macau evoluiu a um ritmo superior ao do sistema de investigação. No início da década de 90, o sistema de ensino superior de Macau compreendia a Universidade de Macau e outras duas universidades. Todas estas instituições tinham os seus cursos orientados para a empregabilidade (William, 2005) e estavam viradas, principalmente, para o ensino, com pouca educação de pós-licenciatura e insignificantes actividades de investigação. Em 1992, o número total de publicações internacionais da Universidade de Macau era apenas três. Porém, tal como indica Fig. 1, a Universidade de Macau era e continua a ser a principal instituição dedicada à investigação e a maior produtora de conhecimento no território. A instituição foi também, na altura, a única universidade responsável pelas publicações internacionais do território, embora o volume fosse muito baixo em comparação com outros pequenos territórios. Em 2012, Macau tinha 923 publicações internacionais, face a 16.012 de Hong Kong e 15.272 de Singapura.

Hoje em dia, o número de universidades em Macau aumentou para 10, tendo a taxa bruta de matrícula no ensino superior aumentado de 27% em 1999 para 68% em 2011. No ano lectivo de 2011/2012, dos 26.217 alunos matriculados nas universidades, 13% frequentavam cursos de mestrado e 2% cursos

de doutoramento. Contudo, devido às características da economia local, continua a sentir-se dificuldades em atrair alunos para estudar ciências e engenharia. De acordo com as estatísticas da UNESCO, em 2001, ao nível do ensino superior, apenas 3% dos alunos foram formados nestas áreas. Embora esta percentagem crescesse para 7% em 2011, a necessidade de formar mão-de-obra com melhores qualificações técnicas continua a ser um desafio para o Governo da RAEM e para as universidades de Macau (Tang, 2014).

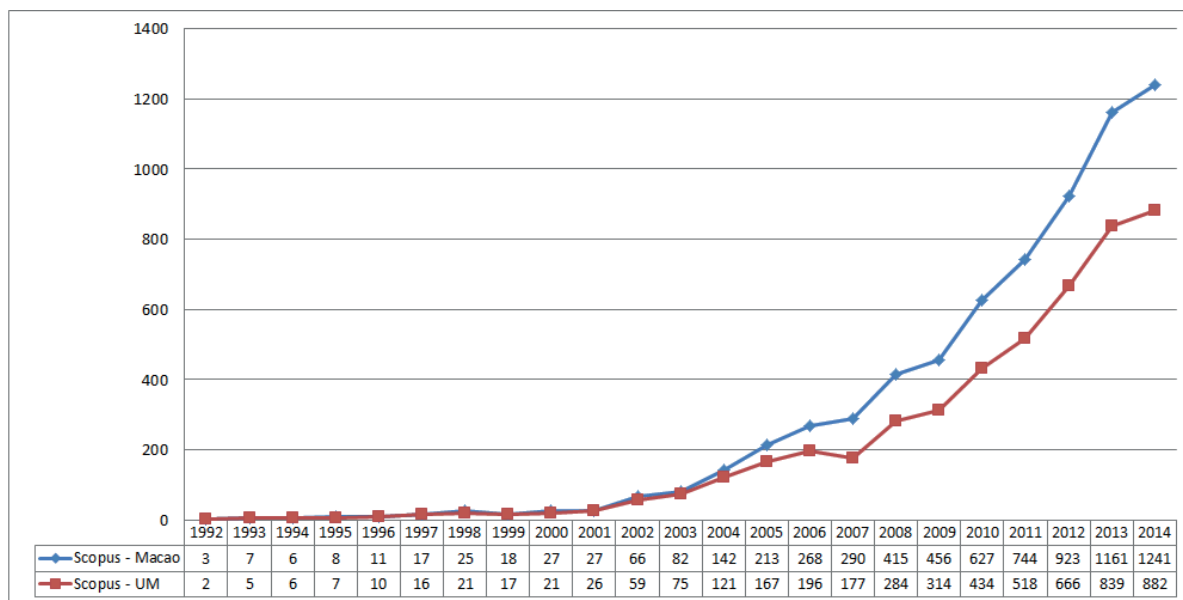


FIGURA 1.

Número total de publicações internacionais, RAEM e Universidade de Macau, 1992-2014.

OS PRIMEIROS ANOS: A VISÃO PARA PROMOVER A INVESTIGAÇÃO E A EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA NA UNIVERSIDADE DE MACAU E A CRIAÇÃO DO LABORATÓRIO AMS-VLSI

Em 1992, o fundador do Laboratório AMS-VLSI chegou à Universidade de Macau para trabalhar como professor associado convidado. Doutorado seis meses antes e com 12 anos de experiência na Universidade Técnica de Lisboa, como docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, do Instituto Superior Técnico, onde foi um dos fundadores do grupo de investigação em microelectrónica, vem para Macau a convite das autoridades do ensino superior local. Dois meses após a sua chegada, entregou um relatório, elaborado por sua iniciativa, com reflexões iniciais e propostas para a elevação da capacidade de investigação e de ensino da Universidade de Macau (Martins, 1992). Neste relatório sugeriu, entre outras, as seguintes medidas: alteração dos currículos de Engenharia Electrónica, criação de cursos de mestrado com enfoque na investigação e criação das condições para a ministração de cursos de doutoramento. O relatório foi submetido à administração da Universidade de Macau, que o adoptou como documento orientador na definição das estratégias de investigação e de ensino da universidade para as décadas seguintes.

O mesmo relatório realçou os aspectos positivos da Universidade de Macau, tais como a sua organização administrativa, a estrutura de apoio de tecnologias de informação e comunicação, as condições de ensino, a biblioteca, e o mais importante, um grupo de estudantes de licenciatura curiosos e empenhados nos seus estudos. Contudo, este relatório observou que a Universidade de Macau era basicamente uma universidade de ensino e tinha estruturas curriculares rígidas, onde a aprendizagem se concentrava nos conhecimentos gerais e obsoletos e onde o ensino não tinha o apoio da investigação. Em relação às disciplinas de engenharia, o relatório apontou para o facto de estas disciplinas serem insuficientes para preparar os estudantes profissionalmente: *“os estudantes só recebem uma formação muito elementar... Posso dizer que muitas das experiências que se fazem nos laboratórios de engenharia electrónica aqui são do nível das escolas secundárias nos países europeus”* (Martins, 1992, p.3). Mais, o relatório sublinhou outros problemas existentes, tais como o uso de tecnologias antigas na aprendizagem, a falta de experiência prática nos projectos realizados, estudantes sobrecarregados com aulas, trabalhos e exames finais, não lhes dando a possibilidade de participarem nas actividades de investigação e, finalmente, a ausência de especializações nos cursos de engenharia. Por isso, o número de estudantes da FST estava a decrescer e o pessoal docente enfrentava o risco de não ter nenhum aluno para ensinar (Martins, 1992). Quanto a este fenómeno, o relatório referiu o seguinte: *“Se o curso de engenharia electrónica está dez ou 15 anos atrás do resto do mundo, daqui a cinco anos, o atraso será de 20 ou 25 anos e ninguém aqui virá estudar”* (Martins, 1992, pp. 11-12).

Em resposta a esta situação, várias medidas foram tomadas, com apoio da administração da Universidade de Macau e da FST, onde, após alguns anos, o fundador do Laboratório AMS-VLSI tornar-se-ia o respectivo director, antes de assumir o cargo de vice-reitor. O facto da administração da Universidade ter implementado as sugestões feitas por um jovem académico, que havia integrado a Universidade no recente ano lectivo de 1992/1993, para melhorar consideravelmente as condições de ensino e de investigação, demonstra que os responsáveis da Universidade de Macau já estavam cientes da necessidade de mudança (By, 2005). Além disso, o maior motivo por detrás desta decisão tinha a ver com a iminente crise nos cursos de Engenharia, ou seja, a queda consecutiva do número de estudantes nos últimos anos. No seguimento deste relatório, o currículo do curso de licenciatura em Engenharia foi alterado para incluir especializações, disciplinas dos projectos de investigação e disciplinas de ciências sociais e humanas (Portaria n.º 229/93/M, 1993). Para complementar estes esforços, foram realizadas campanhas de divulgação nas escolas secundárias em ordem a atrair mais estudantes para as áreas de engenharia e de tecnologia. Como resultado, nos anos seguintes, verificou-se um aumento gradual do número de estudantes, permitindo assim à Universidade estabelecer sólidas bases para o lançamento da educação de pós-licenciatura e para o desenvolvimento de actividades de investigação. Hoje, estas campanhas junto das escolas secundárias são consideradas decisivas para atrair os alunos para os domínios das ciências e tecnologia, áreas que haviam conhecido um declínio de interesse junto dos jovens (Davis, Yeary e Sluss, 2012).

Em 1993, a disciplina “Introdução à Investigação” passou a ser uma disciplina obrigatória para os cursos de mestrado (Portaria n.º 179/93/M, 1993) de modo a promover as actividades de investigação. Em paralelo com o lançamento dos cursos de mestrado, começou a investigação em Microelectrónica na Universidade de Macau, com o projecto intitulado UMCHIP, que foi submetido à Comissão de Investigação da Universidade de Macau para obtenção de apoio financeiro e que tinha como objectivo o *design* de um circuito integrado em colaboração com a Universidade Técnica de Lisboa. O projecto UMCHIP,

que marcou um ponto de viragem na educação de pós-licenciatura e na investigação da Universidade de Macau, levou ao surgimento do primeiro circuito integrado concebido em Macau. Este circuito, que funciona com o *software* doado pela Universidade Técnica de Lisboa, foi criado sem laboratório nem equipamentos de teste, com um orçamento de apenas 4.000,00 euros. O projecto foi uma das primeiras actividades de investigação apoiadas financeiramente pela Comissão de Investigação da Universidade de Macau, a qual, no passado, tinha só financiado a participação em conferências, uma vez que toda a Universidade tinha apenas três publicações por ano. A propósito, naquela altura, um dirigente da Universidade afirmava que a participação nas conferências era “turismo e mais nada”. O financiamento de projectos, como o UMCHIP, estimulou, porém, uma maior aposta da Universidade em projectos internos e conjuntos de investigação, publicação de livros, atribuição de bolsas de investigação e participação em conferências internacionais.

Em 1994, o fundador do grupo de investigação AMS-VLSI foi nomeado director da Faculdade de Ciências e Tecnologia, em parte por causa da sua visão e esforço no fomento de mudanças na Universidade de Macau. O novo director propôs a reforma das carreiras académicas na Universidade, com a introdução das categorias profissionais de assistente estagiário (com grau de licenciado) e de assistente (com grau de mestre) para atrair os melhores alunos a formar uma equipa docente local. Embora esta iniciativa de recrutar estudantes seja geralmente considerada uma prática nefasta ao ensino superior (Horta, 2013), na verdade constituiu a única estratégia viável para desenvolver a equipa docente, visto que a Universidade de Macau não tinha reputação nem recursos financeiros suficientes para recrutar bons académicos do exterior. Neste caso, o recrutamento de estudantes não foi uma opção baseada no provincianismo ou nepotismo, mas simplesmente porque não havia melhores candidatos, do exterior, interessados nos lugares da UM. Dito isto, para atenuar os efeitos prejudiciais decorrentes desta prática, foi definido um conjunto de requisitos de acordo com o padrão internacional para a obtenção do grau académico em Engenharia. Por outro lado, o diploma legal, aprovado pelo Governo de Macau em 1994, que regula os graus de mestre e de doutor conferidos pela Universidade de Macau, constituiu outro incentivo importante para o desenvolvimento de investigação na Universidade (Vide o Decreto-Lei n.º 15/94/M, 1994). No ano lectivo de 1994/1995, a Universidade de Macau tinha 2.785 alunos no total, entre os quais dois de doutoramento e 153 de mestrado.

Esta nova ênfase no padrão internacional de qualidade de ensino levou o Governo português (que nessa altura exercia a administração sobre o território), com a aprovação do Ministério da Educação em Portugal, a reconhecer, em 1997, a licenciatura em Engenharia conferida pela Universidade de Macau (Vide o Despacho Conjunto 49/97, 1997). Ao mesmo tempo, a Universidade Técnica de Lisboa passou a colaborar com a Universidade de Macau para a ministração conjunta de cursos de doutoramento em Engenharia conferindo duplos graus das duas instituições em 2000 e 2002. Estes cursos de doutoramento foram importantes para elevar o nível de investigação e educação na pós-graduação da Universidade de Macau. Na área da microelectrónica, em 2002, a dissertação de doutoramento de um co-fundador do AMS-VLSI deu origem à publicação de dois livros e de três artigos em revistas científicas internacionais e à comunicação de dez trabalhos em conferências, incluindo numa conferência internacional de topo em microelectrónica (*Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE] / International Solid-State Circuits Conference - ISSCC*). Além da engenharia, a universidade desenvolveu outros ramos de conhecimento, tais como ciências médicas chinesas, variante em farmacêutica, área em que foi criado um outro

laboratório de referência do Estado em 2011, como também humanidades, ciências sociais, gestão de empresas e direito.

Desde a atribuição dos primeiros graus de doutor no ano lectivo de 1997/1998, 112 estudantes foram doutorados pela Universidade de Macau, entre os quais 64% foram doutorados nos últimos quatro anos. Em 2013, dos 8.971 estudantes matriculados, 455 estavam matriculados nos cursos de doutoramento, número esse que foi apenas 22 em 2002. Nesse mesmo ano, com o crescimento do número de estudantes de doutoramento, a universidade conseguiu publicar, em apenas um ano, 513 artigos em revistas académicas, que foram indexados pelo *ISI Web of Science*. Para uma universidade que está localizada numa região sem tradição de investigação e que tinha publicado, no total, apenas três artigos há 20 anos (ver de novo Fig.1), este êxito representou um salto gigantesco no seu desenvolvimento, tendo sido atingido, assim, o objectivo traçado no relatório de 1992. Estes resultados têm a ver com os esforços envidados pelo fundador do grupo de investigação AMS-VLSI, o qual tem vindo a desempenhar as funções de vice-reitor (investigação científica) da Universidade de Macau desde 1997.

O LABORATÓRIO AMS-VLSI: DA SUA CRIAÇÃO AO RECONHECIMENTO MUNDIAL; IDEIAS DE GESTÃO E O IMPACTO NA EDUCAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DA UNIVERSIDADE

Com os progressos da investigação e educação na área da engenharia na Universidade de Macau, foi criado o Laboratório AMS-VLSI em 2003 e a secção do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) em Macau, que era na altura a mais pequena secção em termos do número de membros. O IEEE é a associação profissional de maior relevância na área de investigação do AMS-VLSI, domínio este que se concentra principalmente no projecto de interfaces analógico-digitais entre o nosso mundo real e o mundo digital de *chips* de computador, que lida com os “1s” e os “0s” (códigos binários). A investigação neste domínio conheceu um grande desenvolvimento nos últimos anos, com o surgimento de dispositivos electrónicos móveis de tecnologia de computação ubíqua, tais como sensores e actuadores de actividades físicas (e.g. leitores de código de barra), suportes de armazenamento (e.g. unidades de estado sólido), meios de transmissão (e.g. *wireless*), sensores de imagem e ecrãs (e.g. máquinas fotográficas digitais) e dispositivos de áudio (e.g. caixas acústicas). Por outro lado, as políticas adoptadas pela Universidade na década de 1990, que tinham como foco desenvolver a pós-graduação e promover a investigação, permitiram a criação do grupo de investigação supra mencionado. Além disso, as medidas para formar profissionais locais qualificados e os incentivos que lhes foram concedidos para que prosseguissem a carreira académica contribuíram para o aumento de docentes locais qualificados.

No que diz respeito a este grupo de investigação, é de salientar o aumento substancial do número de investigadores e estudantes que integram o grupo. Em 2003, havia apenas um professor associado, três estudantes de doutoramento e seis de mestrado; no entanto, em 2013, o grupo passou a compreender dez professores, quatro investigadores de pós-doutoramento, 27 estudantes de doutoramento e 16 estudantes de mestrado, bem como oito investigadores auxiliares. Em 1994, ano em que o fundador do Laboratório AMS-VLSI submeteu a proposta UMCHIP à Comissão de Investigação da Universidade de Macau, não havia nenhum grupo de investigação consolidado na universidade, tal como o fundador do grupo admitiu “*só eu e um computador Macintosh, mais nada*”. Até 2003, não havia pessoal técnico, o qual

é essencial para qualquer laboratório de engenharia, nem pessoal de apoio administrativo. O grupo começou a estar equipado com técnicos só alguns anos depois, tendo sido recrutada a primeira secretária só em 2012. Antes disso, todos os trabalhos relacionados com o laboratório eram efectuados pelos docentes e estudantes. O grupo de investigação começou com um fundo de cerca de €30.000 para comprar computadores e equipamentos de teste e estava localizado num prédio temporário com apenas um andar de 200 m², que estava dividido em três partes: uma para as salas de aula onde eram ministradas as disciplinas de investigação para os cursos de mestrado, outra para ensaio dos *chips* e a última destinada aos gabinetes. As actividades de investigação tinham sido financiadas exclusivamente através do orçamento da Universidade de Macau, situação que foi alterada em 2005 quando o Fundo para o Desenvolvimento das Ciências e da Tecnologia (FDCT) também começou a financiar os projectos através de concursos abertos às diversas instituições académicas de Macau. Além disso, a Comissão de Investigação da Universidade de Macau atribuía bolsas de estudo aos melhores estudantes para suportar as respectivas propinas e despesas diárias.

Com pouco mais de 10 anos de existência, o grupo de investigação, que começou a sua actividade apesar da falta de recursos financeiros e humanos, obteve nove títulos de patentes, concedidos pelo Gabinete de Patentes e Marcas dos EUA, tendo publicado seis livros e mais de 60 artigos em jornais especializados internacionais (SCI) e comunicado mais de 200 trabalhos em conferências internacionais. Um aluno do grupo foi o primeiro aluno asiático de doutoramento a vencer o concurso de *design*, organizado em conjunto pela *IEEE International Solid-State Circuits Conference - ISSCC* e pela *Design Automation Conference - DAC* (conferências de topo mundial em microelectrónica). Em 2011, o projecto de um aluno de doutoramento foi distinguido com o prestigiado prémio *International Solid-State Circuits Conference – ISSCC / Silk Road Award* da Região 10 (Ásia, Austrália e Pacífico) do IEEE. Mais recentemente, em 2013, outro aluno de doutoramento recebeu o Prémio de Mérito de Pré-Doutoramento no *ISSCC 2013*, realizada em São Francisco, tornando-se o primeiro aluno chinês a ganhar este prémio. Mais, os académicos e estudantes do Laboratório AMS-VLSI foram galardoados com várias distinções, entre as quais se destacam dez prémios nacionais e internacionais para investigadores e professores envolvidos nos projectos de investigação, 16 prémios de investigação e desenvolvimento destinados aos estudantes de pós-licenciatura e seus orientadores e 11 prémios do mesmo género, atribuídos aos alunos de licenciatura. Em 2007, um artigo do grupo foi um dos 100 artigos na *IEEE Circuits and Systems Society Magazine* que registaram o maior número de descarregamentos, durante três meses consecutivos.

Em Janeiro de 2011, o Laboratório AMS-VLSI foi elevado ao estatuto de Laboratório de Referência do Estado e tornou-se o primeiro laboratório de Engenharia em Macau com este estatuto, o que lhe permitiu receber mais apoio financeiro atribuído pelo Fundo para o Desenvolvimento das Ciências e da Tecnologia de Macau, sob a superintendência do Ministério das Ciências e Tecnologia da China (MoST). Dentro da universidade, o Laboratório passou a constituir uma unidade académica independente que se dedica principalmente à investigação. Mais tarde, em Janeiro de 2014, findos três anos de funcionamento, o referido Laboratório foi aprovado na sua primeira avaliação intercalar, realizada pelo MoST. Um avaliador da Academia de Ciências Chinesa afirmou que: “percebemos perfeitamente as grandes dificuldades que o laboratório teve de ultrapassar para obter os excelentes resultados de investigação, reconhecidos pelo mundo, perante a falta de alunos talentosos, de boas instalações de investigação e de um ambiente industrial ideal”. A prova mais importante do sucesso do Laboratório AMS-VLSI é o facto

de que este laboratório posicionou a Universidade de Macau num lugar de destaque na *IEEE International Solid-State Circuits Conference - ISSCC*, a conferência internacional de maior relevância neste domínio, onde são aceites aproximadamente 200 artigos por ano (100 das empresas e outros 100 das universidades). Com três trabalhos aceites por esta conferência em 2014 (um resultado inédito para as instituições chinesas), a Universidade de Macau tornou-se uma das dez universidades no mundo que conseguem publicar artigos (que relatam resultados de *chips state-of-the-art*) nesta conferência, ocupando o quarto lugar na Ásia e o primeiro na China, à frente de universidades norte-americanas como Stanford ou Harvard.

Na opinião dos entrevistados, este sucesso deve-se às seguintes filosofias de gestão:

Fomentar recursos humanos locais através da aposta na formação de licenciados de alto-nível

No relatório anual de 1992, o fundador do Laboratório AMS-VLSI fez notar que os alunos estavam entusiasmados nos seus estudos, mas também identificou dois problemas fundamentais durante a década de 90 e o início deste século: o modelo de ensino da Universidade, assim como as estruturas curriculares, estavam consideravelmente desactualizados e as actividades de investigação limitavam-se à Faculdade de Ciências e Tecnologia. Naquela altura, o pessoal docente era composto por professores em regime de tempo inteiro, que transmitiam conhecimentos desactualizados, por docentes a tempo parcial provenientes de companhias locais de serviços públicos (e.g. electricidade e telecomunicações) e por alguns jovens assistentes de Portugal, um corpo docente que não realizava nenhuma investigação. O mesmo responsável, ciente de que não podia colocar em risco a estabilidade institucional em caso da despedida de professores a tempo inteiro, que, de facto, vieram a aposentar-se gradualmente, e optou por substituir os docentes a tempo parcial por docentes novos, mais qualificados e mais empenhados na investigação. Este processo levou algum tempo, pois a Universidade tinha poucas condições para aliciar bons académicos do exterior.

Tendo em conta o acima exposto e com vista a desenvolver recursos humanos locais, foi adoptada a seguinte estratégia: identificar os estudantes com maior potencialidade académica na área da engenharia, nos primeiros anos dos estudos, desenvolver uma relação académica mais estreita com esses estudantes e reforçar-lhes o conhecimento da matemática aplicada à engenharia electrotécnica e à electrónica moderna, conhecimento este que é essencial para o sucesso dos estudantes na área da engenharia e que pode fornecer-lhes instrumentos cognitivos básicos para adquirirem conhecimentos mais avançados na respectiva área. Tendo este factor em mente, os líderes dos grupos de investigação precisam de se dedicar ao ensino nos cursos de licenciatura, de modo a formar um grupo de jovens, que constituirá a base para futuros grupos de investigação. A relação com os estudantes promissores, estabelecida desde o início da sua vida universitária, pode semear confiança mútua e continuar a ser desenvolvida, se estes estudantes prosseguirem os estudos de pós-graduação. A entrevista com o fundador do grupo de investigação confirma esta observação:

“Eu dava aulas de matemática básica e de circuitos aos alunos do primeiro ano de licenciatura. Nunca tinha feito isto em Portugal, mas estes conhecimentos são necessários para a Electrónica ... Conheci os alunos no seu primeiro ano de estudo e depois conseguimos contar com alguns deles nos projectos de investigação. Mais tarde, continuaram a fazer os cursos de mestrado e doutoramento connosco.”

Recrutamento de estudantes formados pela Universidade

Em resposta às necessidades de formar recursos humanos locais e de reestruturar as carreiras académicas na Universidade de Macau, em 1994, a Universidade começou a recrutar os seus antigos estudantes para lugares de docência na instituição. Esta prática é geralmente considerada prejudicial à investigação académica, especialmente quando muitos alunos forem contratados. Porém, tal prática pode também contribuir para uma rápida acumulação de conhecimentos numa universidade e para a afirmação da sua identidade institucional, na fase inicial da sua existência (Horta, Sato e Yonezawa, 2011). Para a Universidade de Macau, esta medida constituiu a única estratégia viável para desenvolver uma equipa docente qualificada, já que a Universidade não tinha reputação nem recursos financeiros suficientes para recrutar bons académicos do exterior. Além disso, tendo em conta que a Universidade de Macau era a maior instituição académica, inserida num pequeno sistema de ensino superior, como o de Macau, não seria possível recrutar docentes de outras instituições académicas locais.

Contudo, aquando do recrutamento de estudantes, a Universidade tinha o cuidado de evitar dois efeitos laterais negativos: o nepotismo, ou seja, dar preferência aos candidatos internos da Universidade, no preenchimento de lugares, relativamente a candidatos do exterior mais qualificados; o provincianismo, isto é, valorizar mais os conhecimentos da instituição do que os do exterior. Em relação ao primeiro aspecto, na verdade, apesar da falta de competição do exterior para as vagas, os candidatos formados pela Universidade tinham bastante qualidade. Por exemplo, a primeira dissertação de mestrado em microelectrónica, elaborada por um aluno da Universidade de Macau, levou à publicação de seis artigos: dois em revistas e quatro em conferências do IEEE. O mesmo aluno, no seu curso de doutoramento, publicou um artigo numa revista e dois artigos em conferências do IEEE, sendo também o autor de um *chip*, de um livro publicado pela editora *Springer* e outro que foi seleccionado pela Editora da Academia Chinesa das Ciências para a publicação em livro no âmbito de uma colectânea de trabalhos científicos. Após ter obtido o grau de doutor, o referido aluno foi contratado pela Universidade de Macau, onde foi o co-fundador do Laboratório AMS-VLSI e da primeira empresa no território que se dedica ao desenvolvimento de circuitos integrados avançados, analógicos e mistos, passíveis de ser registados como patentes. Até ao momento, este docente publicou aproximadamente 70 artigos e recebeu vários prémios, incluindo o título de Professor Mais Popular na Universidade de Macau, por dois anos consecutivos, e o Prémio de Inovação Científica e Tecnológica do ano de 2010.

Com o objectivo de evitar os defeitos do provincianismo, muitos alunos, durante os seus estudos na Universidade de Macau, visitaram outras universidades estrangeiras e alguns deles participaram em projectos de investigação de pós-doutoramento. Estes intercâmbios são considerados decisivos na definição das suas futuras agendas de investigação, tal como o caso de um coordenador de uma das linhas de investigação do Laboratório AMS-VLSI, que permaneceu na Universidade de Cambridge por vários meses e que descreveu a sua experiência da seguinte maneira:

“Enquanto engenheiro electrotécnico, estudei aqui (na Universidade de Macau), mas a minha perspectiva estava limitada. Se uma pessoa quiser prosseguir uma carreira académica, precisa de perspectivar o futuro da electrónica a 10 anos. Por isso, temos de actualizar os nossos conhecimentos relacionados com o desenvolvimento biomédico, físico e de outras áreas relevantes das ciências ... Ir aos laboratórios de Cambridge ver o que estão a tentar fazer ... dá-nos a oportunidade de falar com os cientistas e observar o que estão a fazer, experiência que não poderíamos ter de outra forma.”

Apostar na qualidade através de critérios mensuráveis

Promover a qualidade das actividades académicas é uma meta comum a todas as universidades. No caso do Laboratório AMS-VLSI e da Faculdade de Ciências e Tecnologia, a ênfase na qualidade reflecte-se na definição dos respectivos objectivos mensuráveis. Todavia, no início, a implementação dos novos requisitos, mais rigorosos, para a obtenção dos graus de mestre e de doutor, enfrentou grande resistência dentro da Universidade. Mas o bom desempenho dos alunos acabou por aumentar a confiança da Universidade na implementação destas novas medidas. De facto, alguns dos estudantes de excelência foram até recrutados como pessoal académico da instituição. Como exemplo dos novos requisitos, para a conclusão com aproveitamento dos cursos de licenciatura, a Faculdade de Ciências e Tecnologia passou a exigir aos alunos a participação em trabalhos a apresentar em conferências internacionais. Mais, para obter o grau de mestre, os alunos passaram a ter de apresentar, no mínimo, uma comunicação em conferência internacional; no que respeita o grau de doutor, os alunos passaram a ter de comunicar um ou dois artigos em conferências, para além de publicar um artigo numa revista de topo do IEEE, e deveriam relatar o projecto e teste de um *chip* (*state-of-the-art*). Alguns docentes estavam contra estes requisitos, pois consideravam-nos demasiado exigentes. Mas, na realidade, estes novos critérios constituíam uma meta concreta e alcançável, incentivando os alunos a uma maior concentração nos estudos.

Hoje em dia, na Faculdade de Ciências e Tecnologia, os novos padrões não só foram institucionalizados como também têm vindo a ser desenvolvidos e até ultrapassados para acompanhar a contínua elevação do nível dos estudantes. A este respeito, o fundador do Laboratório AMS-VLSI testemunha:

“Dois coordenadores da linha de investigação superaram, em grande medida, os requisitos então definidos pela Faculdade, pois registaram patentes e publicaram alguns livros, constituindo assim um bom exemplo para os outros alunos ... Como os dois coordenadores vieram a participar numa conferência de topo - IEEE International Solid-State Circuits Conference - ISSCC, agora toda a gente quer apresentar trabalhos nesta conferência, embora esta seja uma meta difícil de alcançar. Assim, o nosso critério de formação tornou-se ainda mais elevado.”

Os elevados padrões de qualidade definidos pela Universidade contribuíram não só para melhorar o desempenho académico dos estudantes, como também para aumentar a sua competitividade no concurso a lugares da instituição. A este respeito, um outro coordenador de uma das linhas de investigação do Laboratório AMS-VLSI afirmou o seguinte:

“Não sei como consegui publicar este livro ou tantos outros. Talvez simplesmente por causa do elevado grau de exigência do meu orientador, não procuramos alternativas, apenas cumprimos o que nos é exigido.”

No que concerne à formação de pós-graduação na área da microelectrónica, é de salientar o notável progresso alcançado pela Universidade: a produção de *microchips*. Este desenvolvimento significa que os resultados dos projectos de investigação, realizados pelos primeiros estudantes de mestrado e de doutoramento da instituição, não só contribuíram para enriquecer o saber na respectiva área, como também constituíram a base necessária para o projecto de um *chip*, o qual, depois de passar vários testes de velocidade, de fiabilidade, de consumo de potência e de outras características, poderá eventualmente ser aplicado na vida quotidiana das pessoas. Por outro lado, o êxito acima referido demonstrou a importância e a necessidade de apostar, constantemente, nas actividades de investigação e de ensino, por parte

dos dirigentes de investigação e dos docentes, tal como o que o fundador do laboratório AMS-VLSI tem vindo a fazer: enquanto director da FST e vice-reitor da Universidade de Macau, este responsável nunca deixou de se dedicar ao ensino, à investigação e à orientação de estudantes de pós-graduação. O seu exemplo mostrou que um líder de uma universidade deve prestar igual importância a três áreas de actuação: a gestão académica, a investigação e o ensino.

COMEÇAR COM ESTRUTURAS FLEXÍVEIS:

O EMPREENDEDORISMO E A LIBERDADE DE DESENVOLVER AGENDAS CIENTÍFICAS

O grupo de investigação começou sem qualquer base estrutural pré-existente ou linhas de investigação pré-definidas, contexto importante para o aparecimento de um ambiente estimulador da inovação. Os principais ramos de investigação: conversão de dados, processamento de sinais e comunicação sem fios, que estruturavam o grupo de investigação, resultaram do interesse dos seus primeiros estudantes de doutoramento e foram progressivamente definidos pelos então doutorados e pessoal docente que integravam o grupo. A estrutura *ad hoc* inicial explica-se, nas palavras de um dos seus membros, porque *“não foi possível antecipar muito; só podíamos pensar no curto prazo e depois avançamos com o passo seguinte, e por aí fora”*. Ou seja, não havia condições para conceber e fixar as áreas de especialização, condições estas que não só diziam respeito aos recursos financeiros e humanos, como também estavam relacionadas com a ausência de uma ideia definida do que deveria ser a agenda estratégica do grupo. Tal como salientado pelos entrevistados, a maior vantagem de se começar sem base pré-existente é que, além de favorecer um ambiente criativo, se-mitiga a possibilidade de insucesso das ideias e projectos específicos, permitindo espaço e conjugação de esforços no sentido de identificar e desenvolver projectos mais sólidos. Desde o início da criação do grupo, a investigação desenvolvida nos cursos de doutoramento tem vindo a acompanhar a par e passo o progresso da estrutura do Laboratório AMS-VLSI.

Foi, aproximadamente, na altura do surgimento dos primeiros projectos de doutoramento que as linhas de investigação do Laboratório AMS-VLSI foram estabelecidas e que as equipas de investigação foram consolidadas (Rey-Rocha et al., 2006). Os então doutorados, responsáveis pelo desenvolvimento destas linhas, passaram a coordená-las, promovendo-as, em conjunto com os alunos. Neste processo, destacam-se dois factores: o empreendedorismo e a dimensão do grupo. O grupo de investigação arrancou sem pessoal de apoio, com *“todas as coisas... montadas pelos estudantes”*, como referiu um dos gestores de uma das linhas de investigação. Aliás como tinha sido a experiência, em Portugal, enquanto aluno de mestrado e de doutoramento, do fundador do Laboratório AMS-VLSI. Este empreendedorismo, embora exaustivo em termos de energia e de tempo, permitiu aos estudantes desenvolverem um forte sentido de identidade para com o grupo de investigação e, finalmente, com a Universidade, tendo criado um ambiente profissional de bem-estar, considerado crucial para a produtividade de investigação (Torrise, 2013), num momento particularmente importante para a carreira dos alunos, ou seja, durante o seu curso de doutoramento. O facto dos entrevistados terem associado o seu sucesso pessoal ao sucesso organizacional do grupo de investigação, evidencia como o sentido de pertença e de bem-estar estimulou a motivação de todo o grupo. A declaração de um dos entrevistados confirma esta teoria: *“É por esta razão que estamos fortes. Desenvolvemos tudo sem qualquer base existente.”* Hoje em dia, o trabalho do grupo é apoiado pelo pessoal técnico e administrativo, o que permite aos estudantes e investigadores mais tempo

para se concentrarem na investigação. Não obstante, a identidade organizacional do grupo continua a ser fomentada pela direcção do grupo de investigação.

A equipa de investigação levou cerca de cinco anos para crescer no que toca ao número de investigadores e às agendas de investigação. No começo, a organização *ad hoc* do grupo deve-se, em parte, à sua pequena dimensão. Contudo, à medida que as linhas de investigação foram consolidadas e que a equipa aumentou, a sua dimensão alcançou maior visibilidade, tendo sido incorporadas novas linhas de actividade - em biomedicina e química -, facto que representa uma viragem decisiva no recrutamento de pessoal, destinado à expansão do grupo de investigação. A forte especialização durante as etapas iniciais do Laboratório AMS-VLSI foi crucial para promover o seu desenvolvimento, assim como a massa crítica existente foi fundamental para as duas novas linhas de investigação. Sem esta base, seria impossível explorar um conjunto mais vasto de novas áreas, como apontou um coordenador de linha de investigação:

“Temos uma nova área a emergir: microfluídos. Não tínhamos nenhuma ideia sobre o tema, até que um dia um professor veio dar uma palestra. Achámos esta área interessante, mas não sabíamos como avançar. Então, recrutámos uma investigadora de química que integrou o nosso laboratório como estudante de doutoramento. Basicamente, foi ela que deu início a esta área, que combina química, biologia e electrónica.”

CONCLUSÃO

O acima exposto explica como o grupo de investigadores alcançou reconhecimento mundial e como o desenvolvimento do grupo influenciou a investigação e o ensino numa universidade em crescimento, caracterizada por um escasso investimento no conhecimento e nos recursos humanos. No que diz respeito ao impacto no ensino, o estabelecimento, na Universidade, de critérios mensuráveis de qualidade, elevou o patamar dos estudantes de pós-licenciatura na Faculdade de Ciências e Tecnologia e do pessoal de investigação do Laboratório AMS-VLSI.

É menos evidente o impacto no ensino de licenciatura. Porém, o envolvimento dos líderes de investigação a esse nível de ensino foi essencial na identificação e no desenvolvimento de estudantes com maior potencialidade académica. A firme determinação, a experiência internacional e a qualidade destes estudantes promissores permitiram a sua contratação pela Universidade depois da licenciatura. O recrutamento de estudantes pela Universidade foi a única solução, dada a dificuldade em atrair académicos do exterior para integrar a Universidade de Macau. Todavia, esta prática foi sendo modificada para evitar os dois efeitos mais perversos que lhe estão associados: o nepotismo e o paroquialismo. Este percurso permitiu a criação de um grupo inicial de investigadores, dedicados à Universidade e que desenvolveram reputação de investigação com vista a atrair académicos promissores de outras partes do mundo e, de facto, os académicos recentemente recrutados são provenientes do exterior. O recrutamento de estudantes possibilitou o desenvolvimento, no seio da Universidade, de um grupo de investigação, que se veio a expandir em diversos ramos da investigação.

Outrossim, a internacionalização e a liderança não podem deixar de ser referidas. De facto, a componente internacional é, nos dias de hoje, fulcral para qualquer universidade (Pfotenhauer et al., 2013). Na Universidade de Macau, os requisitos de obtenção dos graus de mestre e doutor exigem a

participação em conferências, publicações e prémios internacionais. A mobilidade e a experiência internacional são consideradas essenciais nos anos de formação de um indivíduo e ao longo da sua carreira académica. Por outro lado, graças à liderança do fundador do Laboratório AMS-VLSI, que foi também director da Faculdade de Ciências e Tecnologias e, actualmente, Vice-Reitor da Universidade de Macau, foi possível introduzir mudanças e implementar novas medidas com maior celeridade, com o apoio institucional da Universidade. Os seus contactos internacionais, em particular, os mantidos com a sua antiga universidade, em Portugal, foram essenciais para o lançamento da investigação em microelectrónica na Universidade de Macau. Num mundo académico competitivo, são geralmente recrutados académicos de renome, com carreira reconhecida, como figuras de liderança. Não obstante, o caso apresentado neste artigo demonstra que jovens académicos, com visão, motivação e sólida experiência de investigação, também podem ser importantes promotores de mudanças e melhorias institucionais (Goodall, 2009).

Créditos Finais: O conteúdo da Palestra na Academia das Ciências de Lisboa, em Fevereiro de 2012, deu origem a um artigo em Inglês, entretanto publicado em 2014, e com a seguinte referência: Hugo Horta, R. P. Martins, “The start-up, evolution and impact of a research group in a university developing its knowledge base”, *Tertiary Education and Management, Taylor & Francis*, vol. 20, No.4, pp. 280-293, December 2014. O texto actual é uma adaptação para Português do artigo referido.

Agradecimento: O autor gostaria de agradecer a colaboração de Hugo Horta, Ricardo Hu, Rafaela He, Fernando Huang, e Natacha Amora.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R., & Stephan, P. E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from US universities, 1981–1999. *Research Policy*, 34, 259–285.
- Billot, J. (2010). The changing research context: Implications for leadership. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 33, 37–46.
- By, R. T. (2005). Organizational change management: A critical review. *Journal of Change Management*, 5, 369–380.
- Davis, C. E., Yearly, M. B., & Sluss, J. J. (2012). Reversing the trend of engineering enrollment declines with innovative outreach, recruiting, and retention programs. *IEEE Transactions on Education*, 55, 157–163.
- Decreto-Lei 15/94/M, *Decreto-Lei do Governo de Macau que regula os graus de mestre e doutor*, Macau, Fevereiro 1994.
- Despacho Conjunto 49/97, *Despacho Conjunto do Governo de Portugal e do Governador de Macau que reconhece os cursos de engenharia da Universidade de Macau em Portugal*, Junho 1997.
- Goodall, A. H. (2009). Highly cited leaders and the performance of research universities. *Research Policy*, 38, 1079–1092.
- Grevholm, B., Persson, L.-E., & Wall, P. (2005). A dynamic model for education of doctoral students and guidance of supervisors in research groups. *Educational Studies in Mathematics*, 60, 173–197.
- Hagstrom, W. (1965). *Traditional and modern forms of scientific teamwork*. New York, NY: Basic Books.
- Hansson, F., & Mønsted, M. (2008). Research leadership as entrepreneurial organizing for research. *Higher Education*, 55, 651–670.
- Hemlin, S. (2006). Creative knowledge environments for research groups in biotechnology. The influence of leadership and organizational support in universities and business companies. *Scientometrics*, 67, 121–142.
- Horta, H. (2013). Deepening our understanding of academic inbreeding effects on research information exchange and scientific output: New insights for academic based research. *Higher Education*, 65, 487–510.
- Horta, H., Sato, M., & Yonezawa, A. (2011). Academic inbreeding: Exploring its characteristics and rationale in Japanese universities using a qualitative perspective. *Asia Pacific Education Review*, 12, 35–44.

- Jung, J. (2014). Research productivity by career stage among Korean academics. *Tertiary Education and Management*, 20, 85–105.
- Kenna, R., & Berche, B. (2012). Statistics of statisticians: Critical masses for research groups. *Significance*, 9(6), 22–25.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Li, M., & Bray, M. (2007). Cross-border flows of students for higher education: Push-pull factors and motivations of mainland Chinese students in Hong Kong and Macau. *Higher Education*, 53, 791–818.
- Martins, R. (1992, Dezembro). *First impressions and first proposals*, Universidade de Macau, Macau.
- Martins, R. (2012, Fevereiro). *Duas Décadas de Microelectrónica em Macau: De um Deserto a Um Laboratório de Referência do Estado Chinês*, Palestra na Academia de Ciências de Lisboa, Portugal.
- Mintrom, M. (2008). Managing the research function of the university: Pressures and dilemmas. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 30, 231–244.
- Nour, S. S. O. M. (2011). National, regional and global perspectives of higher education and science policies in the Arab region. *Minerva*, 49, 387–423.
- Pfotenhauer, S. M., Jacobs, J., Pertuze, J., Newman, D. J., & Roos, D. T. (2013). Seeding change through international university partnerships: The MIT-Portugal program as a driver of internationalization, networking, and innovation. *Higher Education Policy*, 26, 217–242.
- Portaria 179/93/M, Portaria do Governo de Macau que aprova as licenciaturas em engenharia na Universidade de Macau, incluindo a sua organização pedagógica e científica, Macau, Junho 1993.
- Portaria 229/93/M, Portaria do Governo de Macau que aprova os mestrados em engenharia na Universidade de Macau, incluindo a sua organização pedagógica e científica, Macau, Agosto 1993.
- Rey-Rocha, J., Garzón-García, B., & Martín-Sempere, M. J. (2006). Scientists' performance and consolidation of research teams in biology and biomedicine at the Spanish Council for Scientific Research. *Scientometrics*, 69, 183–212.
- Sá, C. M. (2008). 'Interdisciplinary strategies' in US research universities. *Higher Education*, 55, 537–552.
- Shin, J. C. (2011). Teaching and research nexuses across faculty career stage, ability and affiliated discipline in a South Korean research university. *Studies in Higher Education*, 36, 485–503.
- Simha, O. R. (2005). The economic impact of eight research universities on the Boston region. *Tertiary Education and Management*, 11, 269–278.
- Sinisalo, P., & Komulainen, K. (2008). The creation of coherence in the transitional career. A narrative case study of the woman entrepreneur. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 8, 35–48.
- Tang, H.-H. H. (2014). Academic capitalism and higher education in Macao. In W. Y. Eilo & K. C. Ming (Eds.), *China's Macao transformed: Challenge and development in the 21st century*. Hong Kong: City University of Hong Kong Press.
- Tie, F. H. (2012). Research publication as a strategy to improve international academic ranking. *International Journal of Leadership in Education*, 15, 437–450.
- Torrisi, B. (2013). Academic productivity correlated with well-being at work. *Scientometrics*, 94, 801–815.
- William, M. H. T. (2005). Higher education and labour force. In M. Bray & R. Koo (Eds.), *Education and society in Hong Kong and Macao* (pp. 127–139). Hong Kong: CERC and Springer.
- Ziman, J. M. (1983). The Bernal lecture, 1983: The collectivization of science. *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences*, 219, 1–19.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 10 DE FEVEREIRO DE 2012)



***Duas Décadas de Microelectrónica em Macau
De Um Deserto a Um Laboratório de Referência
do Estado Chinês***

Prof. Rui Martins
IEEE Fellow
Membro Correspondente da Academia das Ciências de Lisboa
Vice-Reitor (Investigação) Universidade de Macau
Director do Laboratório de Referência do Estado em Circuitos Integrados
em Muito Larga Escala Analógicos e Mistos

Academia das Ciências de Lisboa
10 de Fevereiro de 2012



Conteúdo



- 1. O Deserto - 1992**
- 2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993**
- 3. Primeira Tese de Mestrado – 1997**
- 4. Doutoramentos em Co-Tutela – 2000 & 2002**
- 5. Empresa Inovadora – 2002**
- 6. Laboratório de Investigação - 2003**
- 7. Formação duma Equipa e Resultados de Sucesso (20 anos)**
- 8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011**
- 9. Investigação em Crescendo na UM**
- 10. O Futuro noutra Dimensão**

1. O Deserto - 1992



A chegada a Macau a 29/10, a desilusão...

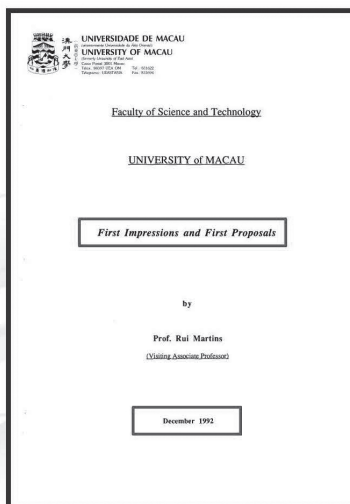
Entre 300+ publicações, a melhor !

Análise sobre:

Licenciatura em Engenharia Electrotécnica
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Investigação na Universidade de Macau

Propostas para:

Cadeira de Projecto Final
Nova designação Enga. Electr. e Electrónica
Pós-graduação – Mestrado
(Estrutura e 2 Cadeiras de Microelectrónica)
Bases para a oferta de Doutoramentos



27 páginas

1. O Deserto - 1992



Definição de Deserto...

vi) A very diversified Professor's Corps (which is natural in the first years of installation and without the post-graduation courses well established), well interested in the teaching but forgetting the research which can be verified, for example, if we analyze the University Bulletin vol.4 - November 1992 (showing a total of 3 research papers during the year of 1992, and significantly not even one paper from FST).

Faculdade de Ciências e Tecnologia, jovem, e a desaparecer...

Major	Electrical	Software	Civil	Mechanical	Total
Year (Admission)	Engineering	Engineering	Engineering	Engineering	
Fourth (1989)	25	-	15	-	-
Third (1990)	18	29	13	8	68
Second (1991)	16	31	20	5	72
First (1992)	13	34	9	0	56

Table 1 : Number of FST students in different years and Majors.

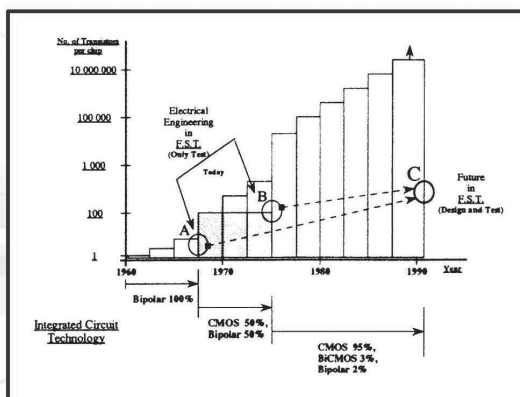
1. O Deserto - 1992



Motivação para trabalhar

v) A good Student's Corps, well interested with a very strong thirst of knowledge (completely different and better, in terms of interest, than the one that we have in Lisbon),

Duas Décadas de atraso no Ensino da Electrónica...



...e propostas para um salto quântico !

Curiosidade



A primeira fornada de alunos em EE e ECivil não se podia licenciar em 1993...Programas tiveram que ser "racionalizados" e publicados pela primeira vez pelo Governo de Macau em Boletim Oficial

Portaria n.º 229/93/M (B.O. No.33/1993, 16/8/1993)

**Portaria n.º 229/93/M
de 16 de Agosto**

Artigo único. São aprovados os planos de estudo dos cursos de licenciatura em Engenharia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Macau e respectiva organização científico-pedagógica constantes dos anexos I e II.

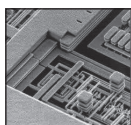
Governo de Macau, aos 29 de Junho de 1993.
Publique-se.

ANEXO I

**Cursos de licenciatura em Engenharia
Organização científico-pedagógica**

ANEXO II

Planos de estudo das licenciaturas em Engenharia



Curiosidade



Portaria n.º 229/93/M (B.O. No.33/1993, 16/8/1993)

Observações:

Engenharia Electrotécnica e Electrónica:

- (1) A partir de 1993/94 passam a optativas. A disciplina de Português IV só foi obrigatória em 1992/93.
- (2) Em 1991/92 designaram-se, respectivamente, Ciência dos Materiais Eléctricos e Introdução à Economia Industrial.
- (3) O aluno deve escolher 3 (três) no 3.º ano; no 4.º ano deve escolher 5 (cinco), sendo uma da área das Ciências Sociais e Humanas a partir de 1993/94.

Engenharia Civil:

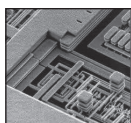
- (1) A partir de 1993/94 verificam-se as seguintes alterações:
 - Desenho Técnico II passa a designar-se Desenho de Construção Civil;
 - Introdução à Geologia é substituída por Mecânica I;
 - Português I, II, III e IV Desenho Técnico III passam a optativas;
 - Mecânica I é oferecida no 1.º ano;
 - Betão Pré-Esforçado I e Projecto são substituídas por Projecto I e II.
- (2) São oferecidas a partir de 1993/94 no 2.º ano.
- (3) Não foi oferecida no 3.º ano antes de 1992/93.
- (4) Oferecidas no 3.º ano apenas em 1991/92 (Energia em Edifícios) cem 1992/93 (Engenharia de Tráfego e Estatística).
- (5) O aluno deve escolher 6 (seis), sendo uma da área das Ciências Sociais e Humanas a partir de 1993/94.

Engenharia Informática:

- (1) Optativas a partir de 1993/94. A disciplina de Português III pode ser substituída por uma da área das Ciências Sociais e Humanas.
- (2) O aluno deve escolher no 3.º ano (2) duas, até 1992/93 e (3) três a partir de 1993/94; no 4.º ano o aluno deve escolher (5) cinco, sendo uma da área das Ciências Sociais e Humanas.

Engenharia Mecânica:

- (1) Nos anos anteriores a 1992/93 a disciplina designou-se Materiais I.
- (2) Em 1991/92 designaram-se, respectivamente, Materiais II e Introdução à Economia Industrial.
- (3) A partir de 1993/94 verificam-se as seguintes alterações:
 - Português I, II, III e IV e Introdução à Economia passam a optativas;
 - São oferecidas pela 1.ª vez Microeconomia Básica, Macroeconomia Básica, Teoria dos Mecanismos, Mecânica dos Fluidos II e Processos de Fabrico II;
 - Órgãos de Máquinas I e II passam a designar-se Projecto de Órgãos de Máquinas I e II;
 - A disciplina de Termodinâmica (5 créditos em 1992/93) é substituída por Termodinâmica I e II.
- (4) Só funcionou em 1992/93.
- (5) O aluno deve escolher 3 (três).



2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



Lançamento dos Mestrados, com programas publicados pelo Governo de Macau em Boletim Oficial

Portaria n.º 179/93/M (B.O. No.25/1993, 21/6/1993)

Portaria n.º 179/93/M de 21 de Junho

Artigo 1.º São aprovados os planos dos cursos de mestrado em Engenharia da Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Art. 2.º Os cursos compreendem as especialidades de **Engenharia Electrotécnica e Electrónica, Engenharia Informática e Engenharia Civil**, de acordo com os anexos I, II e III a esta portaria que dela fazem parte integrante.

Art. 3.º — 1. As disciplinas dos cursos, em qualquer das especialidades, são ministradas no período de dois semestres.

2. Os cursos incluem ainda a elaboração de uma dissertação original, de acordo com o disposto no n.º 4 do artigo 17.º do Decreto-Lei n.º 11/91/M, de 4 de Fevereiro.

3. A apresentação e defesa da dissertação devem ter lugar no prazo máximo de doze meses após o termo da parte lectiva.

Governo de Macau, aos 14 de Junho de 1993.
Publique-se.

ANEXO I

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Electrónica

DISCIPLINAS

Obrigatórias

Introdução à Investigação

Matemática Avançada

Optativas (O estudante deve escolher 6)

Transitórios em Máquinas Eléctricas

Projecto de Circuitos Microelectrónicos

Processamento Digital de Sinal

Teoria de Redes Activas

Tópicos Avançados em Sistemas de Controlo

Tópicos Avançados em Simulação de Circuitos

Sistemas Periciais (Inteligentes)

Modos de Operação Especiais em Máquinas Eléctricas e Sistemas de Energia

Microelectrónica para Telecomunicações e Processamento de Sinal

Laser e Física de Semicondutores

2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



Motivação para o estudo da Microelectrónica

1o. Mestrado em EEE 1993/94

MICROELECTRONIC CIRCUIT DESIGN

a) What do you need to know before starting ?

MATHEMATICS $+, -, \times, \div, \sqrt{}$

ELECTRONICS Transistor

COMPUTERS Unix (6 Commands), Edit Files

which is equivalent to almost **nothing**.

b) What will you learn in the end ?

how to design in integrated circuit almost **everything**.

c) What is the limit ?

the limit is in your **head** because the technology is always going to fast, at least one or two steps **ahead** of you.

Conclusion : Microelectronics* is the **abc** of the future.

* This word is already becoming out-of-fashion, you will see why in a short period of time.

ii)

Primeiro projecto apresentado à Comissão de Investigação da UM

UMCHIP

University of Macau CHIP - UMCHIP 2

UMCHIP
(University of Macau CHIP)

Summary : In this research project we propose to design an Integrated Circuit - IC using a very advanced CMOS technology (1.2µm - double poly) from an European Electronics Company - AMS (Austria Micro Systems). This project shall be made in cooperation with the Integrated Circuits and Systems - ICS Group from the Electrical Engineering and Computers Department of IST (Instituto Superior Técnico), Lisbon, Portugal. The IC design will be made by FST post-graduated students of the Master Program in Electrical and Electronics Engineering, as a final project of the course Microelectronic Circuit Design - MCD. These students, in a number of 10, will be divided in 5 groups of two and each group will design a specific digital or analog basic circuit. All the 5 designs will be integrated in a Multiproject Chip - MPC (which will be the first from the University of Macau) to be submitted to fabrication in AMS through the ICS Group in Portugal. This project will have the duration of one semester (already started) and the supervision of Associate Professor Rui Martins.

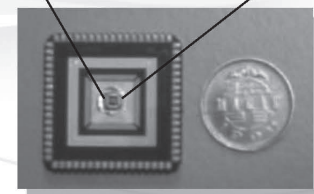
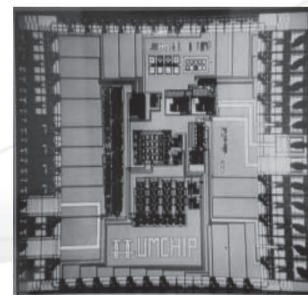
Dr. Rui Martins November 30, 1993.

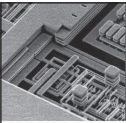
2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



UMChip (Artigo publicado na conferência EPMESC 1995)

- ◆ **Primeira Bolsa de Investigação atribuída pela Comissão de Investigação da UM (1993)**
- ◆ **Primeira Classe de 10 Alunos de Mestrado**
(Projecto de Circuitos Microelectrónicos)
- ◆ **Primeiro Circuito Integrado projectado em Macau**
(1.2µm CMOS - AMS, Áustria)
- ◆ **Orçamento - 40kMOP (4k€)**
(para apoiar a fabricação em CI)
- ◆ **Sem Laboratório / Sem Equipamento de Teste / Apenas Ferramentas Informáticas - Software** (doados pelo IST/UTL)

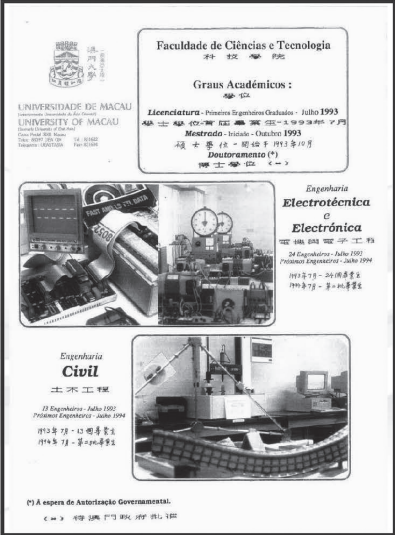


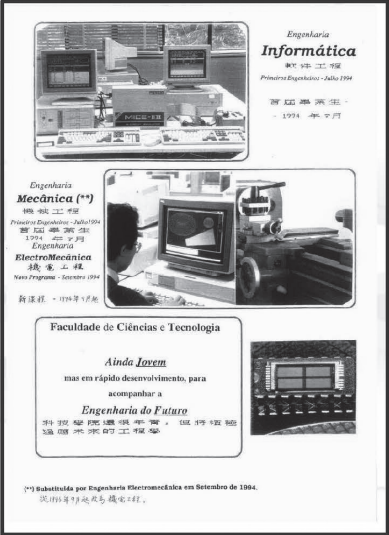


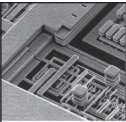
Curiosidade




Com a redução do número de alunos em engenharia foi feita forte promoção nos liceus de Macau no ano lectivo de 1992/93 e seguintes – *Brochura Publicitária*







Curiosidade




Importante Consolidação da Faculdade de Ciências e Tecnologia em 3 anos, em termos do número de alunos

Licenciatura	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	Total	1º(95/96)
Civil	20	18	7	21	66	20-25
Electrotéc. e Elect.	19	21	11	16	67	20-25
Electromecânica	18	9	-	5 (Mec.)	32	15-20
Informática	38	37	25	29	129	25-30
Total	95	85	43	71	294	80-100

Mestrado	(94/95)	(93/94)	Total
Civil	3	3	6
Electrotéc. e Elect.	5	11	16
Informática	15	9	24
Total	23	23	46

Já na Direcção da FCT (1994/95):

Proposta de Carreira Docente, com introdução das categorias de Assistente Estagiário (Licenciatura) e Assistente (Mestrado) para atrair os melhores alunos graduados e desenvolver um Corpo Docente Local

Reestruturação (8) e Criação (22) de 30 Laboratórios de Engenharia (2MC)

Actualmente (2012):

A FCT já formou cerca de 1,500 engenheiros, 400 mestres e 30+ doutores, tendo cerca de 800 alunos (apx. 500 - licenciatura, 200 - mestrado e 100 - doutoramento)

2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



Comissão de Investigação da UM

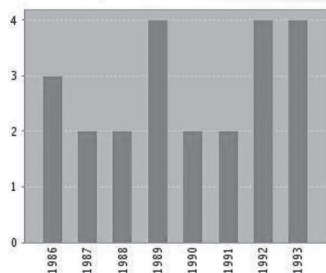
Orçamento <500kMOP (<50k€) - nunca executado na totalidade [50%]...

Apoiava essencialmente viagens a conferências (turismo...), sem estratégia para apoio a projectos de investigação

**Sem Cultura
Sem Motivação
Pouco Dinheiro
Sem Publicações**

**praticamente todos no ensino
ausência de carreira académica
orçamento para apoiar outras áreas
ausência de registos**

Artigos Publicados - UM



Na realidade, recentemente bases de dados revelam algumas publicações residuais

Índice h (1993) = 1

Maioria dos artigos em Ciências Sociais, Gestão de Empresas e Ciências da Educação, com 3 Artigos em Matemática por Docentes Visitantes – Sem necessidade de apoio financeiro

Fonte: ISI WoS

2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



Como Director do Centro de Investigação Científica e Técnica da FCT, a partir de Abril de 1993, e Membro da Comissão de Investigação, foi apresentado um Plano de Actividades para apoio aos primeiros projectos de Investigação na FCT e na UM

Definição de novas Regras e Plano de Actividades na Comissão de Investigação para apoio a Bolsas para:

Participação em Conferências Científicas

Projectos de Investigação Internos

Projectos de Investigação com Cooperação Externa

Apoio a Publicações – Livros

UMCHIP – Projecto Pioneiro

Centre of Scientific and Technical Research, CSTR - Plan of Activities for 1993/1994

2

Plan of Activities for 1993/1994

(Proposal by Dr. Rui Martins - CSTR Director)

Main Objectives : In the proposal of Medium-Term Plan from F.S.T., dated November 19th., 1992 and already approved by F.S.T. - Academic Council and University of Macau - Senate, it is established that the "Centre of Scientific and Technical Research - CSTR, of F.S.T. will be a centre of organising and coordinating the research activities undergoing at F.S.T. and of promoting popular science and engineering over Macau area". Being its main activities :

- a) To investigate coordinate and implement the research projects for F.S.T.
 - b) To help the research programs undergoing at F.S.T. in organizing and coordinating the activities with their counterparts.
 - c) To organize exchange programs with foreign visiting scientists and engineers.
 - d) To organize and sponsor seminars and colloquiums on science and engineering.
 - e) To organize and sponsor activities such as films, videos and shows on science and engineering at popular level.
- According to these guidelines and, in order to start with the activities of the Centre in the next academic year (1993/94), I think that we must focus on three main objectives :
- i) To launch, consistently, the Research Projects already Proposed by FST Professors.
 - ii) To promote the appearance of New Projects involving partners from : FST, Macau Industry, Chinese and Portuguese Universities.
 - iii) To prepare a Summer program about different aspects of Science and Engineering to be taught by FST Professors, next July. This program could be called Science and Technology Summer.

Dr. Rui Martins

August 1993

2. Pós-Graduação e Começo da Investigação na UM - 1993



Regulamentação da forma de obtenção dos Graus de Mestre e Doutor na Universidade de Macau, publicação pelo Governo de Macau em Boletim Oficial Decreto-Lei n.º 15/94/M (B.O. No.9/1994, 28/2/1994)

**Decreto-Lei n.º 15/94/M
de 28 de Fevereiro**

O ensino universitário em Macau passou por uma profunda transformação institucional nos últimos anos, a seguir à aprovação do Decreto-Lei n.º 11/91/M, de 4 de Fevereiro, que estabeleceu as normas de enquadramento geral do ensino superior no Território.

As universidades contribuem decisivamente para a definição de padrões de inovação nas mais diversificadas áreas do conhecimento, podendo a formação pós-graduada, através de novos métodos de ensino e investigação, proporcionar o desenvolvimento das carreiras docentes do ensino superior e estimular o progresso técnico e científico da sociedade.

Na actual fase de desenvolvimento do ensino universitário em Macau torna-se indispensável a existência de legislação que regule a **atribuição dos graus de mestre e de doutor**.

Nestes termos;

Ouvido o Conselho Consultivo;

O Governador decreta, nos termos do n.º 1 do artigo 13.º do Estatuto Orgânico de Macau, para valer como lei no território de Macau, o seguinte:

CAPÍTULO I Disposições gerais Artigo 1.º

(Atribuição dos graus de mestre e de doutor)

1. Os graus de mestre e de doutor são conferidos pela Universidade de Macau, adiante designada por Universidade.
2. O grau de mestre pode ainda ser conferido pela Universidade em associação com outras instituições que prossigam o ensino superior, competindo àquela a respectiva certificação.

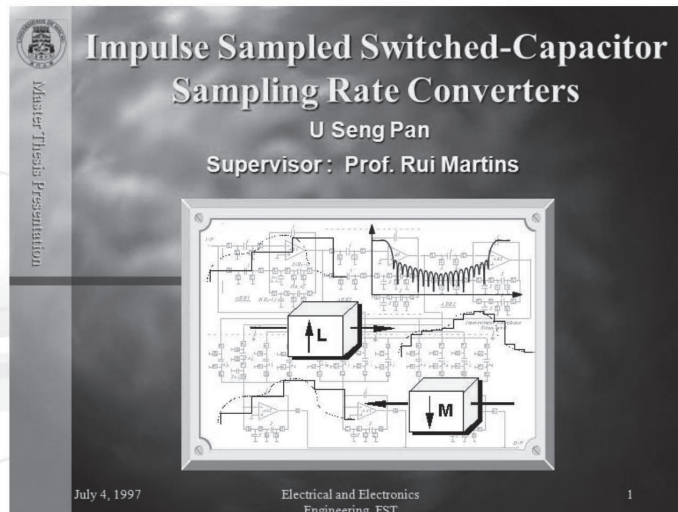
3. Primeira Tese de Mestrado - 1997



Importante, a definição de um padrão internacional

Um artigo numa conferência internacional do IEEE

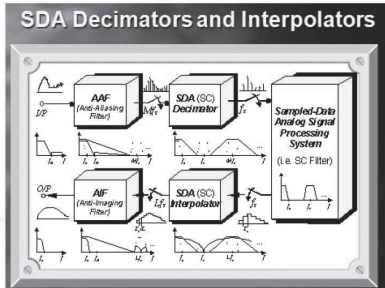
Considerado muito difícil por colegas e alunos...



3. Primeira Tese de Mestrado - 1997



6 artigos – 2 em revista (IEE), 4 em conferências (IEEE)



Revista IEE

"Impulse Sampled FIR Interpolation with SC Active-Delayed Block Polyphase Structures", *IEE Electronics Letters*, vol. 34, No.5, pp.443-444, 5 March 1998.

"Switched-Capacitor Interpolators Without the Input Sample-and-Hold Filtering Effect", *IEE Electronics Letters*, vol. 32, No.10, pp.879-881, 9 May 1996.

Conferências IEEE

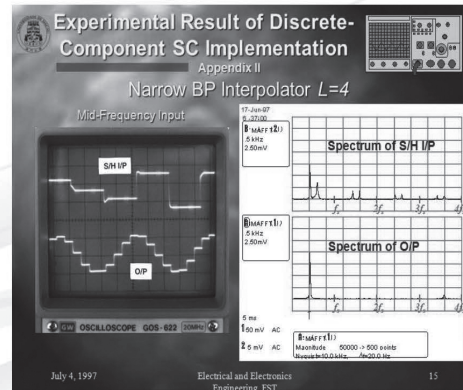
"Impulse Sampled Intermittent SC FIR Rational Decimators with Double-Sampling", *Proc. IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems - MWSCAS 1997*, pp. 977-980, Sacramento, USA, August 1997.

"Intermittent Polyphase SC Structures For FIR Rational Interpolation", *Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems - ISCAS 1997*, Vol. 1, pp. 121-124, Hong Kong, June 1997.

"New Impulse Sampled IIR Switched-Capacitor Interpolators", *Proc. IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems - ICECS 1996*, pp. 203-206, Rodos, Greece, October 1996.

"Switched-Capacitor Finite Impulse Response Interpolators Without the Input Sample-and-Hold Filtering Effect", *Proc. IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems - MWSCAS 1996*, pp. 145-148, Ames, USA, August 1996.

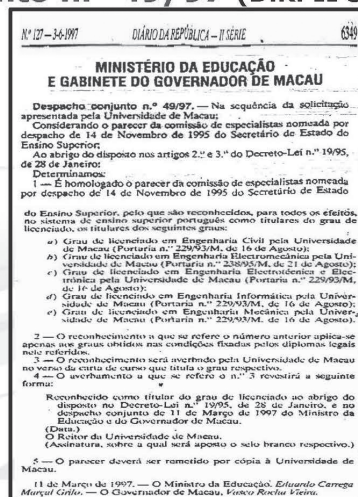
Apenas com resultados de simulações com componentes discretos



Fundamental



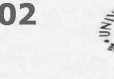
Reconhecimento dos 4 Programas de Licenciatura em Engenharia (com a duração de 4 anos) pelo Governo de Portugal, através do Ministério da Educação, com Pareceres de Comissões de Peritos do CRUP, em Diário da República Despacho Conjunto n.º 49/97 (D.R. II Série, No.127-3/6/1997)



4. Doutoramentos em Co-Tutela – 2000 & 2002



De novo, a definição de um Padrão de Rigor, nos primeiros Doutoramentos – Convenções de Co-Tutela UM / UTL

2000	2002
  CONVENÇÃO DE CO-TUTELA DE Tese de DOUTORAMENTO Entre A UNIVERSIDADE DE MACAU Avenida Tomás Pereira, s.l. Taipa, Macau, China representada pelo seu Reitor, Prof. Iu Vai Pan e pelo Director da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Prof. Li Yi Ping E A UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA Alameda de Santos Antão dos Capuchos, N.º 1 1160-047 Lisboa, Portugal representada pelo seu Reitor, Prof. Lopes da Silva e pelo Presidente do Instituto Superior Técnico, Prof. Diamantino Duro de uma parte, Acordam que o trabalho de investigação do licenciado Tam Kam Weng, sobre "MMC Lumped and Transversal Active Bandpass Filter" ou na sua designação em Português "Filtros Activos Transversais Passa-Banda (de Parâmetros Concentrados) em Circuitos Integrados Monolíticos de Micro-Ondas" será orientado conjuntamente por : O presente acordo produzirá efeitos na Região Administrativa Especial de Macau da República Popular da China, após homologação do Ex.º Secretário para os Assuntos Sociais e Cultura de Macau, e na UTL, na data da assinatura, pelo que será válido até à Prova de defesa da Tese de Doutoramento proposta em Co-Tutela. Feito em Macau, em 17 de Julho de 2000. Pela Universidade de Macau Pela Universidade Técnica de Lisboa   Prof. Iu Vai Pan Prof. Lopes da Silva   Prof. Li Yi Ping Prof. Diamantino Duro	  CONVENÇÃO DE CO-TUTELA DE Tese de DOUTORAMENTO Entre A UNIVERSIDADE DE MACAU Avenida Tomás Pereira, s.l. Taipa, Macau, China representada pelo seu Reitor, Prof. Iu Vai Pan e pelo Director da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Prof. Li Yi Ping E A UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA Alameda de Santos Antão dos Capuchos, N.º 1 1160-047 Lisboa, Portugal representada pelo seu Reitor, Prof. Lopes da Silva e pelo Presidente do Instituto Superior Técnico, Prof. Carlos Maes Ferreira de outra parte, Acordam que o trabalho de investigação do Mestre U Seng Pan, sobre "Multirate Switched-Capacitor Interpolation Techniques for Very High-Frequency Analog Front-End Filtering" ou na sua designação em Português "Técnicas de Interpolação em Filtros Multitritmo com Condensadores Comutados para Interfaces Analógicas com Filtragem de Alta-Frequência" será orientado conjuntamente por : O presente acordo produzirá efeitos na Região Administrativa Especial de Macau da República Popular da China, após homologação do Ex.º Secretário para os Assuntos Sociais e Cultura de Macau, e na UTL, na data da assinatura, pelo que será válido até à Prova de defesa da Tese de Doutoramento proposta em Co-Tutela. Feito em Macau, em 3 de Maio de 2002. e em Lisboa, em 8 de Maio de 2002. Pela Universidade de Macau Pela Universidade Técnica de Lisboa   Prof. Iu Vai Pan Prof. Lopes da Silva

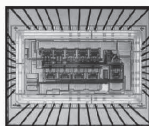
4. Doutoramentos em Co-Tutela – 2000 & 2002



Conteúdo da Tese de acordo com Padrão Internacional

Um artigo numa revista (IEEE ou IEE) mais 2 artigos em conferências internacionais do IEEE, com o projecto de um circuito integrado (chip)

Considerado ainda mais difícil por colegas e alunos...



TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO EM FILTROS MULTITRITMO COM CONDENSADORES COMUTADOS PARA INTERFACES ANALÓGICAS COM FILTRAGEM DE ALTA-FREQUÊNCIA

MULTIRATE SWITCHED-CAPACITOR INTERPOLATION TECHNIQUES FOR VERY HIGH-FREQUENCY ANALOG FRONT-END FILTERING

U SENG PAN
(Macau)

DIRECÇÃO GERAL DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE LISBOA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRÁU DE DOUTOR
EM ENGENHARIA ELECTROTECÓNICA E DE ELECTRÓNICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO DA UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

DIRECÇÃO GERAL DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE LISBOA

CONVENÇÃO DE CO-TUTELA DE Tese de DOUTORAMENTO DE CIÊNCIAS DE ENGENHARIA – Maio 2002

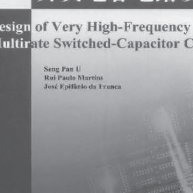
27/05/2002



DESIGN OF VERY HIGH-FREQUENCY MULTIRATE SWITCHED-CAPACITOR CIRCUITS
Extending the Boundaries of CMOS Analog Front-End Filtering

Seng Pan U, Rui Paulo Martins and José Epifânio da Franca

Springer



超高频多速开关电容电路设计
Design of Very High-Frequency Multirate Switched-Capacitor Circuits

Seng Pan U, Rui Paulo Martins and José Epifânio da Franca

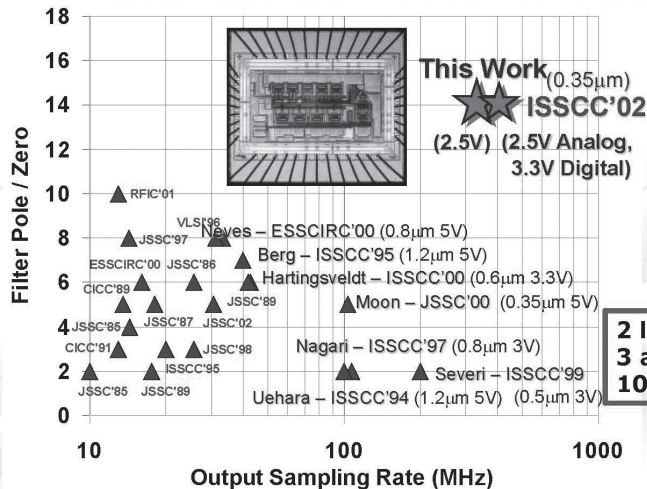
科学出版社
www.sciencepress.com

Tese-Chave na área de Filtragem e Processamento de Sinal publicada em livro pela Springer e escolhida pela Science Academic Press da China para uma colecção seleccionada

4. Doutoramentos em Co-Tutela – 2000 & 2002



Trabalho publicado na conferência de topo mundial em Microelectrónica
International Solid-State Circuits Conference – ISSCC 2002



5. Empresa Inovadora - 2002



⇒ High-Tech Microelectronics Industry Development in Macau

- The Success of Macau Research in Microelectronics has attracted the 1st Industry Analog and Mixed-Signal IC Design Company

SYNOPSYS®
Chipidea Microelectronics (Macau) Ltd

Established and operated in Macau since June of 2002
(After competition with Hong Kong and Mainland China)

- Acquired by Synopsys (NASDAQ: SNPS) in May 2009
 - World's No. 1 electronic design automation (EDA) Provider
 - World's No. 1 provider with broadest portfolio of Connectivity & Analog Silicon IP
 - Total Market Capital of 3.5Bil with >6000 employee worldwide
- >70% of Macau team (35) are graduates from EEE in University of Macau at the Bachelor, Master and Ph.D. levels
- UM Chipidea Microelectronics Academic Prize for encouraging IC design
- Allow students interactive not only in academic R&D, but also real industry

5. Empresa Inovadora - 2002

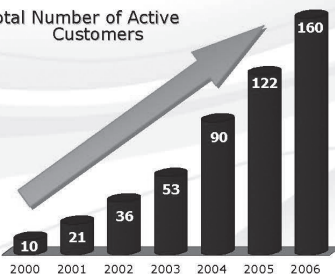


Base de Clientes de Nível Mundial

- >250 Customers
- 160 Active Customers today
 - ◆ Top 5 IDMs
 - ◆ +8 of the top 15 IDMs
 - ◆ 7 of top 10 Fabless companies
 - ◆ Top 5 Largest Fabless IC design companies in China

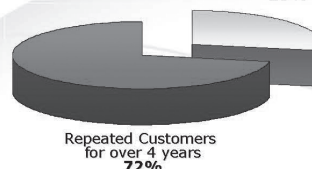
- 72% of revenue from returning customers

Total Number of Active Customers



Repeated business of "Already Clients"

New and Customers for less than 4 years 28%



TOSHIBA

SHARP

HISILICON

Haier 海尔集团

ANALOG DEVICES

PHILIPS

VIMICO
中星微电子
Nasdaq: VIMC

LG
Life's Good

SiS

MOTOROLA
intelligence everywhere™

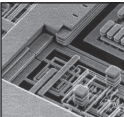
YAMAHA

SanDisk

ATI

freescale
semiconductor

pixelworks



5. Empresa Inovadora - 2002




Produtos bem conhecidos no Mercado



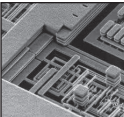












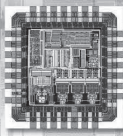
6. Laboratório de Investigação - 2003




Analog and Mixed-Signal VLSI Laboratory

模擬與混合信號超大規模集成電路實驗室

State-of-the-Art Analog and Mixed-Signal ICs and SoC Design





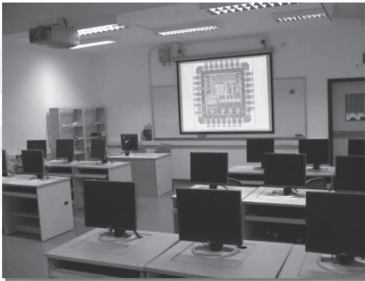
Research Focus:

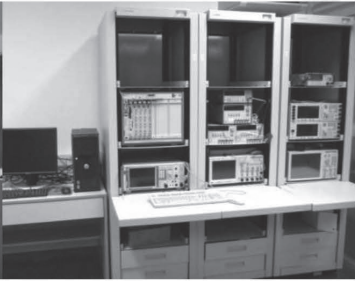
- Analog Front-Ends (A to D & D to A)
- A/D and D/A Conversion Techniques
- Analog Filtering
- Frequency Synthesis
- Voltage/Current Reference

Application Focus:

- Wireless/Wireline communications
- Video/Audio/Voice Signal Processing
- Multimedia
- Consumer Electronics
- Medical Electronics

Investimento de 300k€





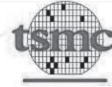
6. Laboratório de Investigação - 2003



Silicon Foundries & CMOS technology available

TSMC (Taiwan)
UMC (Taiwan)
STMicroelectronics (France)
SMIC (Shanghai)
AMS (Austria)

90nm / 65nm
90nm
90nm / 65nm / 45nm
180nm
0.35um



Software Design Tools

System-level/behavioral modeling and simulation: C++, MATLAB, SIMULINK and SWITCAP2

Cadence framework: Analog Artist

IC schematic entry: Cadence Virtuoso Schematic Composer

IC simulators: Spectre, SpectreS, SpectreRF, NC-Verilog, NC-VHDL, NC-Sim, NanoSim, HSPICE/AvanWaves, PSPICE

Logic Designs: Encounter Test, Encounter RTL Compiler

IC layout: Virtuoso Layout Editor

IC physical verifications (DRC, LVS, RCX): Mentor-Graphic Calibre, ASSURA, Synopsys Hercules, Star-RCXT

PCB design tools: Protel

Measurement signals acquisition tools: LabVIEW

Distributed computing: Sun Grid Engine

General-purpose: Microsoft Windows and Office, Unix and Linux

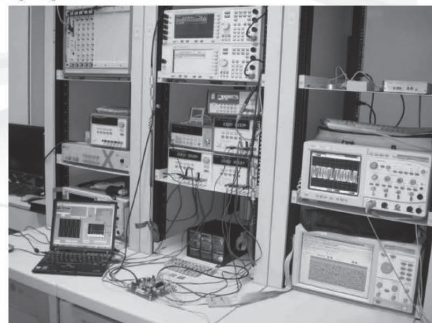


6. Laboratório de Investigação - 2003



Equipamentos de Medida

- Agilent E4424B Signal Generator
- Agilent E4436B ESG-DP Signal Generator (250kHz – 3GHz)
- Agilent Infiniium 54830D Oscilloscope, 1GHz, 4GSa/s
- Agilent 16702B Logic Analyzer
- Agilent E3631A 80 W Triple Output Power Supply, 6V, 5A & $\pm 25V$, 1A
- Agilent 6629A System DC Power Supply, precision quad-output, 0-50V/50W
- Agilent 3458A High-precision Digital Multimeter, 7.5 Digit
- Rohde-Schwarz FSU-8 Spectrum Analyzer 20Hz - 8GHz
- Agilent 33250A 80 MHz Function/Arbitrary Waveform Generator
- Agilent 53132A 225 MHz Universal Counter - 12 digit/s, 150ps (Add 3.0 GHz Channel 3)
- Anritsu MS4624D Vector Network Analyzer (Option 4G)
- Agilent E8403A Data Generator
- Agilent DSO91304A Digital Storage Oscilloscope 13GHz
- LitePoint IQnxxn
- Olympus BX41M-LED Industrial Microscope

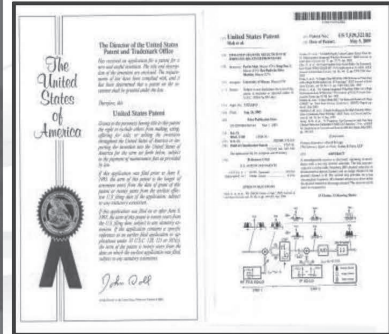
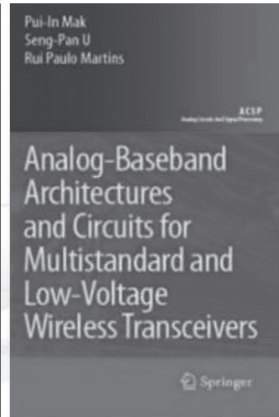


7. Formação duma Equipa e Resultados de Sucesso (20 Anos)



Tese-Chave na área de *Wireless Transceivers*

[2006] 4 Artigos em revista (IEEE ou IEE) mais 7 artigos em conferências internacionais do IEEE



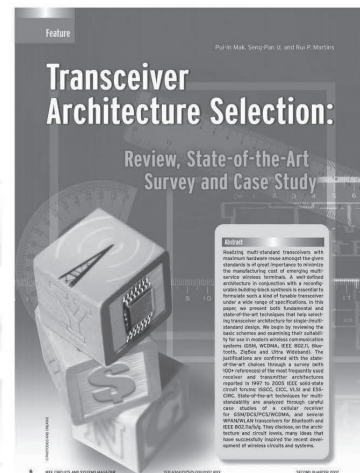
Publicada em livro pela **Springer** em 2007 e que deu origem às 3 primeiras **US Patents** da Universidade de Macau

7. Formação duma Equipa e Resultados de Sucesso (20 Anos)

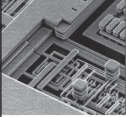


Tese-Chave na área de *Wireless Transceivers*

Prémio no ISSCC/DAC no Ph.D. Student Design Contest - 1ª vez na Ásia [topo microelectrónica]



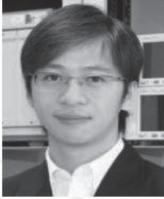
Artigo na IEEE CASS Magazine entre os 100 mais descarregados no IEEE Explore em Junho, Julho e Agosto de 2007



Equipa Local




Prof. Pui-In Mak – Nascido em Macau, Licenciatura e Doutoramento na UM (Português)

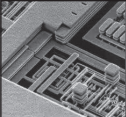


Pui-In Mak (S'00-M'08) received the **BSEE and PhDEEE degrees from University of Macau (UM)**, Macao, China, in 2003 and 2006, respectively. He was with Chipidea Microelectronics (Macao) Ltd. in summer 2003. Since 2004, he has been with the Analog and Mixed-Signal VLSI Laboratory of UM (elevated as State-Key Lab in 2010) as Research Assistant (2004-2006), Invited Research Fellow (2006-2007) and (Co)-Coordinator of the Wireless (Biomedical) Research Line (2008-). He is **currently Associate Professor at UM**. His research interests are on analog/RF circuits and systems for wireless and biomedical applications, and engineering education.

Dr. Mak was a Visiting Fellow at University of Cambridge, UK and a Visiting Scholar at INESC-ID, Portugal in 2009. He served on the Technical/Organization Committees of numerous conferences such as APCCAS'08 and ISCAS'10. He co-organized the GOLD Session in ISCAS'09-10. He is Associate Editor of IEEE Trans. on CAS I-Regular Papers (2010-2011), IEEE Trans. on CAS II-Express Briefs (2010-2011) and IEEE CASS Newsletter (2010-).

Dr. Mak (co)-received paper awards at ASICON'03, MWSCAS'04, IEJ Analog VLSI Workshop'04, PRIME'05, DAC/ISSCC-SDC'05, APCCAS'08 and PrimeAsia'09. **He also received: the Honorary Title of Value decoration from Macao Government in 2005**; the *Clare-Hall Visiting Fellowship* from University of Cambridge UK in 2009; the *IEEE MGA GOLD Achievement Award* in 2009; the *IEEE CASS Chapter-of-the-Year Award* in 2009; the *UM Research Award* in 2010 and the **IEEE CASS Outstanding Young Author Award in 2010**.

Dr. Mak is a Member of IEEE GOLD Committee (2007-), CASS Board-of-Governors (2009-2011), CASS Publication Activities Committee (2009-2011), CASS Web Ad-Hoc Committee (2010-) and CASS Technical Committees of CASCOS (2008-) and CASEO (2009-). He co-authored a book: *Analog-Baseband Architectures and Circuits for Multistandard and Low-Voltage Wireless Transceivers* (Springer, 2007), and 50+ papers in referred journals and conferences. He holds 1 U.S. patent and several in applications.

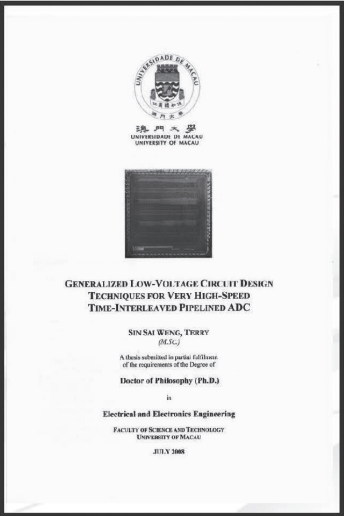


7. Formação duma Equipa e Resultados de Sucesso (20 Anos)




Tese-Chave na área de Data Conversion (primeira em Mixed-Signal)

[2008] 4 Artigos em revista (IEEE ou IEE) mais 2 artigos em conferências internacionais do IEEE



GENERALIZED LOW-VOLTAGE CIRCUIT DESIGN TECHNIQUES FOR VERY HIGH-SPEED TIME-INTERLEAVED PIPELINED ADC

SIN SAI WING, TERRY

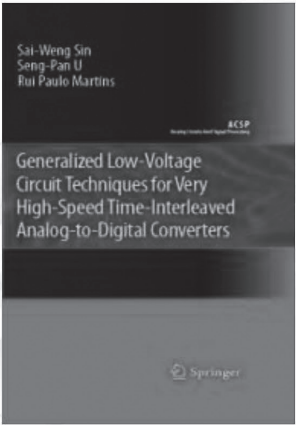
A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the Degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.)

in

Electrical and Electronics Engineering

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
UNIVERSITY OF MACAU

JULY 2008



Sai-Wing Sin
Seng-Pan U
Rui Paulo Martins

Generalized Low-Voltage Circuit Techniques for Very High-Speed Time-Interleaved Analog-to-Digital Converters

Springer

Publicada em livro pela Springer em 2010

Equipa Local



Dr. Sai-Weng Sin – Nascido em Macau, Licenciatura, Mestrado e Doutoramento na UM (Português)



Sai-Weng Sin (S'98 – M'06) received the **B.Sc., M.Sc. and Ph.D. degrees (all with the highest honors) in Electrical and Electronics Engineering from University of Macau**, Macao SAR, China, in 2001, 2003 and 2008 respectively. He is currently working in the field of low-voltage, high-speed monolithic analog-to-digital converter designs.

Dr. Sin is currently an **Assistant Professor** in the Faculty of Science and Technology, University of Macau, and is the Coordinator of the Data Conversion and Signal Processing (DCSP) Research Line in Analog and Mixed-Signal VLSI Laboratory, University of Macau. His research interests include low-voltage, high-speed analog integrated circuit designs, high-performance data converters, as well as in the timing-jitter analysis and low-jitter clock generator designs for high-performance, high-speed mixed-signal systems. He has co-authored a book - *Generalized Low-Voltage Circuit Techniques for Very High-Speed Time-Interleaved Analog-to-Digital Converters*, Springer, 2010 and published over 50 technical journals and conference papers in the field of interests.

Dr. Sin is currently the Secretary of IEEE Solid-State Circuit Society (SSCS) Macau Chapter, and Treasurer/Secretary of IEEE Macau CAS/COM Joint Chapter and the Member of Executive Committee – Academic Affair of IEEE Macau, and has been the member of Technical Program and Organization Committee of the 2004 IEEE AVLSI Workshop, Technical Session Chair of 2006 RIUPEEEEC Conference, as well as the Special Session Co-Chair and Technical Program Committee Member of 2008 IEEE APCCAS Conference, Referee of IEEE Transaction of Instrumentation and Measurement and IEEE ISCAS Conference. **He received the Chipidea Microelectronics Prize – Postgraduate Level in 2008 for outstanding Academic and Research achievements in Microelectronics**, as well as the Financial Support Award for Student Paper Contest in 2005 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) held in Kobe, Japan, the Paper with Certificate of Merit for the 2006 RIUPEEEEC Conference.

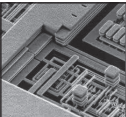
Livros



- ◆ **High-/Mixed-Voltage Analog and RF Circuit Techniques for Nanoscale CMOS**
Pui-In Mak, R.P.Martins
Analog Circuits and Signal Processing, Springer - USA, Jan. 2012
- ◆ **Generalized Low-Voltage Circuit Techniques for Very High-Speed Time-Interleaved Analog-to-Digital Converters**
Sai-Weng Sin, Seng-Pan U, and R.P.Martins
Analog Circuits and Signal Processing, Springer, Oct. 2010
- ◆ **Analog-Baseband Architectures and Circuits - for Multistandard and Low-Voltage Wireless Transceivers**
Pui-In Mak, Seng-Pan U and R.P. Martins
Analog Circuits and Signal Processing, Springer, Sep. 2007
- ◆ **Design of Very High-Frequency Multirate Switched-Capacitor Circuits - Extending the Boundaries of CMOS Analog Front-End Filtering**
Seng-Pan U, R.P.Martins, J.E.Franca
Technology Series, Beijing, China: Science Press, Jan. 2007
- ◆ **Design of Very High-Frequency Multirate Switched-Capacitor Circuits - Extending the Boundaries of CMOS Analog Front-End Filtering**
Seng-Pan U, R.P.Martins and J.E.Franca
The International Series in Engineering and Computer Science – Analog Circuits and Signal Processing, Springer, Sep. 2005

[No prelo]



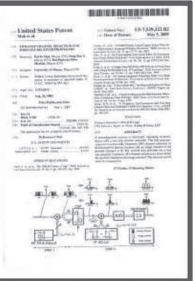
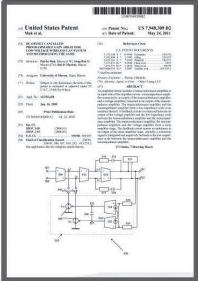
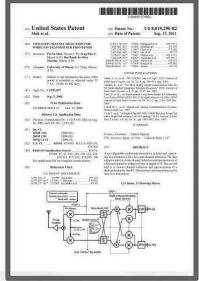


US Patents

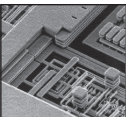



■ 3 Patentes Aprovadas (1 Pendente, 6 Em Análise)

- ◆ **Pui-In Mak, Seng-Pan U, R.P.Martins**, "Two-Step Channel-Selection for Wireless Receiver Front-Ends", *US Patent*, No. 7,529,322, from May 5, 2009.
- ◆ **Pui-In Mak, Seng-Pan U, R. P. Martins**, "DC-Offset Canceled Programmable Gain Array for Low-Voltage Wireless LAN System and Method Using the Same," *US Patent*, No. 7,948,309, from May 24, 2011.
- ◆ **Pui-In Mak, Seng-Pan U, R.P.Martins**, "Two-Step Channel Selection for Wireless Transmitter Front-Ends," *US Patent*, No. 8,019,290, from Sep 13, 2011.

- ◆ **Pui-In Mak, Seng-Pan U, R.P.Martins**, "Switched Current-Resistor Programmable Gain Array for Low-Voltage Wireless LAN System and Method Using the Same," *US Patent pending*, Serial No. 12/355,658, 2009.
- ◆ **Sai-Weng Sin, Seng-Pan U, R. P. Martins**, "Low-Voltage Finite-Gain Compensation Technique for High-Speed Reset and Switched-Opamp Circuits," *US Patent Application*, 2009.
- ◆ **Sai-Weng Sin, Seng-Pan U, R. P. Martins**, "Very Low-Voltage SC-CMFB Technique for Fully-Differential Reset-Opamp Circuits," *US Patent Application*, 2009.
- ◆ **U-Fat Chio, He-Gong Wei, Yan Zhu, Sai-Weng Sin, Seng-Pan U and R. P. Martins**, "Flash-SAR Two-Step Subranging ADC," *US Patent Application*, 2009 / 2010.
- ◆ **Pui-In Mak, R.P.Martins**, "A Variable-Gain Unbalance-to-Balance Low-Noise Amplifier using Current-Mode Balancing," *US Patent Application*, 2011.
- ◆ **Pui-In Mak, R.P.Martins**, "A Current-Reuse Mixer-Lowpass Filter Combined Architecture," *US Patent Application*, 2011.
- ◆ **Pui-In Mak, R.P.Martins**, "An Open-Loop Multi-Phase Local-Oscillator-Signal Generator," *US Patent Application*, 2011.



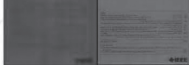
Artigos em Revistas e Conferências (228)

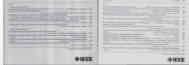



■ 39 em Revistas Científicas (SCI) & 189 em Actas de Conferências

[Topo em Microelectrónica]

- ◆ IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC) (*Impact Factor* = 3.47)
- ◆ IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques (*IF* = 2.71)
- ◆ IEEE Trans. On Circuits and Systems I – Regular Papers (TCAS-1) (*IF* = 2.04)
- ◆ IEEE Trans. On Circuits and Systems II – Express Briefs (TCAS-2) (*IF* = 1.44)
- ◆ IEEE Circuits and Systems Magazine (*IF* = 1.15)
- ◆ IET Electronics Letters (*IF* = 1.14)
- ◆ IEEE Trans. On Instrumentation and Measurement (TIM) (*IF* = 0.98)
- ◆ IET Proceedings - Circuits, Devices and Systems (*IF* = 0.52)
- ◆ IEEE Intern. Solid-State Circuits Conference (ISSCC) ("Chip Olympics")
- ◆ IEEE Symposium on VLSI Circuits (VLSI)
- ◆ IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)
- ◆ European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC)
- ◆ IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC)
- ◆ IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)

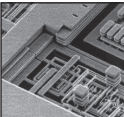












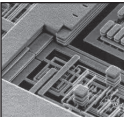
Prémios




- **10 Awards for Project Investigators & Teachers**
 - ◆ "Young Research Award", IIM, 2003
 - ◆ "UMAC Teaching Award", FST, UM, 2004
 - ◆ "KC Wong Lecture Fellowship", KC Wong Education Foundation, 2005
 - ◆ "Best Teacher", voted by EEE Bachelor Students, FST, UM, 2007
 - ◆ "University of Macau Research Award", 2007-2009
 - ◆ "IEEE MGA Gold Achievement Award", 2009
 - ◆ "Macao Chapter / World Chapter of Year – IEEE CAS Society", 2009
 - ◆ "IEEE CASS Outstanding Young Author Award", IEEE Transactions on CAS I, 2010
 - ◆ "Science & Technology Innovation Award", Ho Leung Ho Lee Foundation, 2010
 - ◆ "The State S&T Progress Award – Second Class", MoST, China, 2012
- **14 Graduate Students R&D Award Recipients with Supervisors**
 - ◆ "Best Paper Award", The IEEE AVLSIWS 2004
 - ◆ "2nd Prize of Student Paper Contest", IEEE MWSCAS 2004
 - ◆ "Selected Student Paper Scholarship", IEEE ISCAS 2005
 - ◆ "2nd Place of Conceptual Category", IEEE DAC/ISSCC Student Design Contest 2005
 - ◆ "Two "Merit Awards", IEEE RIUPEEC 2006
 - ◆ "Merit Student Paper", APCCAS 2008
 - ◆ "Gold Leaf Certificate" & "Bronze Leaf Certificate", IEEE PrimeAsia 2009
 - ◆ "Silk Road Award for a Ph.D. Student from IEEE Region 10", IEEE ISSCC 2011
 - ◆ "Gold/Silver/Bronze Leaf Certificates", IEEE PrimeAsia 2011
 - ◆ "Student Paper Award (Top Asia)", IEEE A-SSCC 2011
- **11 Undergraduate Students R&D Awards**
 - ◆ "Outstanding Student Paper Award", The 5th ASICON, 2003
 - ◆ "1st Prize - Greatest Creativity & Practicability Awards", IEEE Macau Student Branch Project Competition 2003
 - ◆ "1st Prize", The 8th "Challenging Cup", China National University Students Project Competition 2003
 - ◆ "1st Prize", "2nd Prize" & "3rd Prize", IEEE Macau Student Project Competition 2004, 2007, 2008, 2009
 - ◆ "3rd Prize", The 11th "Challenging Cup" China National University, Students Project Competition 2009







Reconhecimento Internacional da Equipa Local (2010/2011)






Homenagem da UM

Prof. Rui Martins eleito Membro Correspondente da Academia das Ciências de Lisboa

Prof. Seng-Pan U recebeu *The Prize for Scientific and Technological Innovation* da The Ho Leung Ho Lee Foundation, Hong Kong

Prof. Pui-In Mak recebeu o *IEEE CASS Outstanding Young Author Award*

Dr. Sai-Weng Sin liderou o projecto do estudante de Doutoramento que ganhou o *ISSCC 2011 Silk Road Award* da Região 10 (Asia-Pacífico) do IEEE



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

Motto: *Locally, from World (Quality) to National (Quantity)*



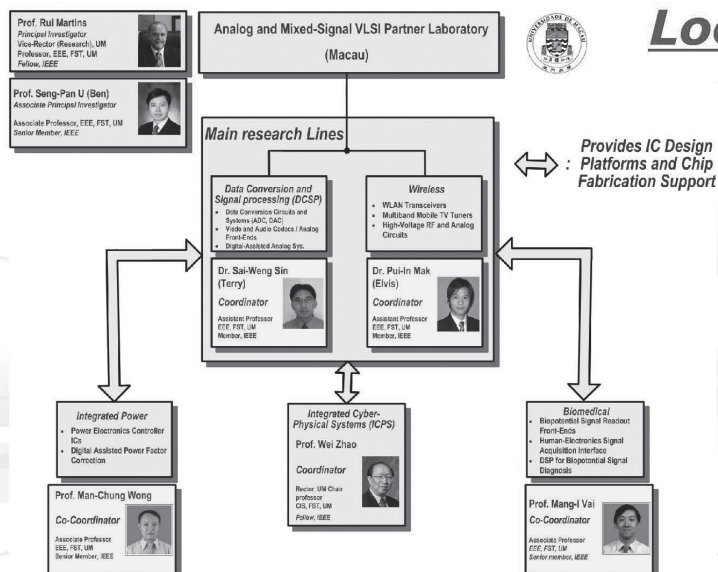
25 de Janeiro de 2011

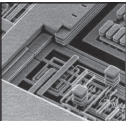


8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Estrutura da Equipa (Base Local)





8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011




1. Shanghai – Fudan U : *State Key Lab of ASIC & System*

Integrates 5 Joint-Labs with Industry:

- Intel-Fudan VLSI Design Lab
- Joint Design & Development Laboratory Infineon Technologies AG
- Fudan-Novellus System Interconnect Research Center
- Fudan-Agilent IC Test Joint Education Center
- Fudan-XILINX FPGA Application Center

Associated with the *School of Microelectronics* integrates among others: *Analog, RF & Mixed-Signal Design Research Area*

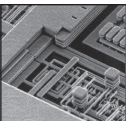
["So far it is the sole national key lab that specializes in the IC Design research in the country"]

2. Beijing – Tsinghua U : *Institute of Microelectronics*

Integrates 4 Divisions:

- Solid-State Devices and Integration Technologies Division (IC Foundry)
- IC & System Design (*Electronic System & Special IC Technology Research Center* - 211 project)
- Micro/Nano Devices and Systems
- CAD Research

[with scientific level comparable to a State Key Lab]



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011




3. Hsinchu, Taiwan : *Chip Implementation Center*

Comprises 3 Services:

- Manufacturing** (Gives universities access to advanced IC foundries – TSMC & UMC)
- Services**
- Testing**

Associated with major universities in Taiwan, namely with
N Chiao Tung U - Microelectronics & Information Systems Research Center

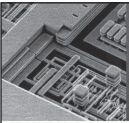
4. Hong Kong :

Leading Research Groups:

- HKUST - *Analog Research Lab* and *Integrated Power Electronics Lab***
- Chinese U - *VLSI/ASIC Design Lab***

Interface Partner:
ASTRI - Applied Science and Technology Research Institute

["Independent Research Groups and practically no cooperation with the Interface Partner that doesn't have considerable industrial impact"]



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011




5. Macau :

University of Macau (UM)
Microelectronics Research Group*:
Analog and Mixed-Signal VLSI Lab



*[*Macau - World Chapter of the Year 2009
IEEE CAS Society"]*

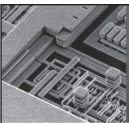
Industrial Partner:

Synopsys – Chipidea Microelectronics (Macau) Ltd

*[World's No. 1 electronic design automation (EDA) Provider,
and World's No. 1 provider with broadest portfolio
of Connectivity & Analog Silicon IP]*



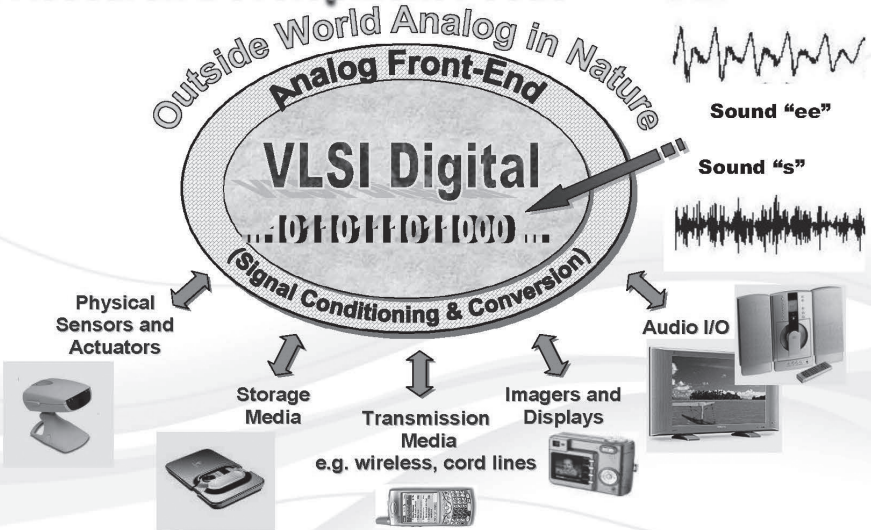
Chipidea Microelectronics (Macau) Ltd



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011




SKL Research Development Focus



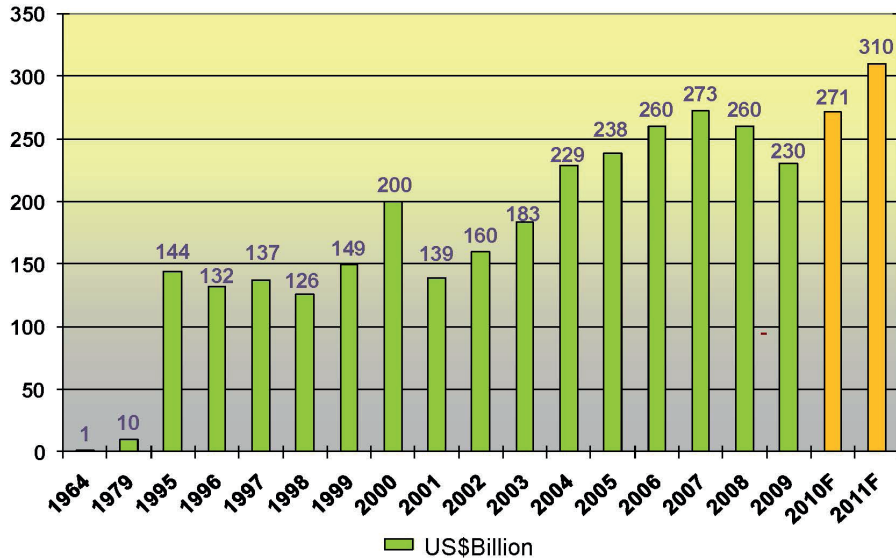
The role of Analog Front-End (AFE) Interface – Every System's Bottleneck

...but, not only - Mixed-Signal implies knowledge in VLSI Digital as well

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



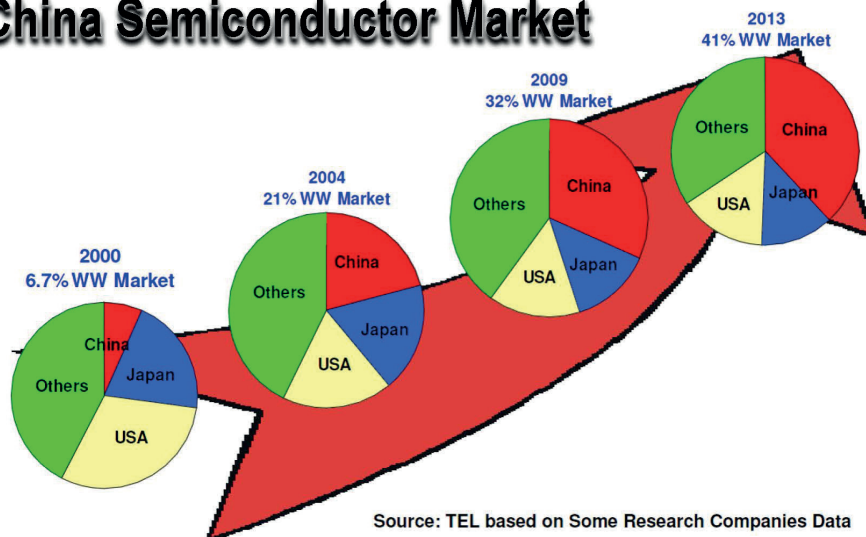
World Semiconductor Sales



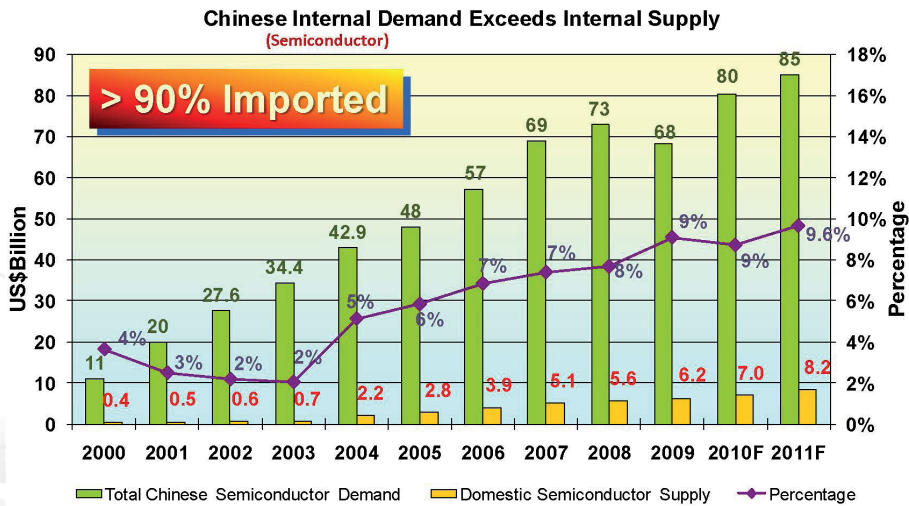
8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



China Semiconductor Market



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

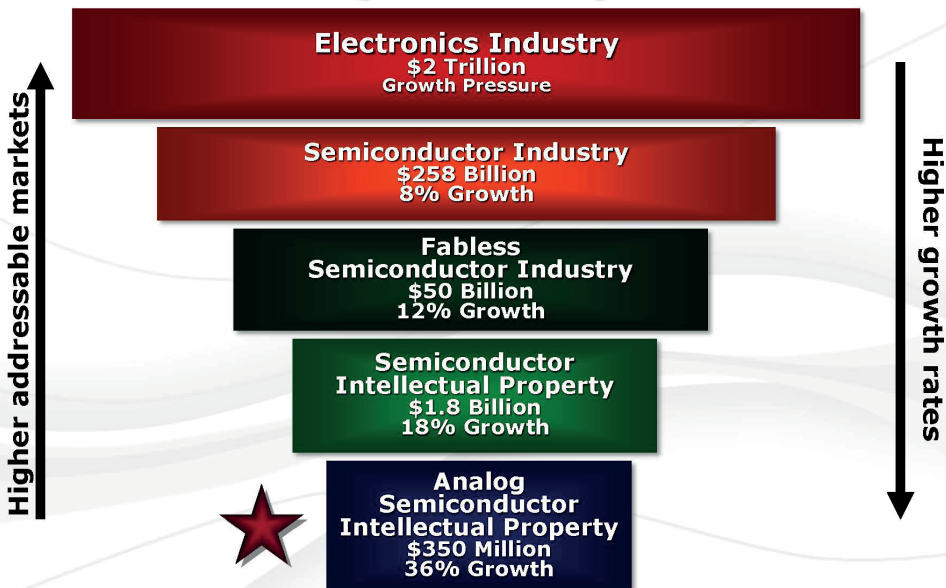


High-Demand to Boost **Design Capability & Human Resources** → **Higher Education & R&D are the KEY**

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



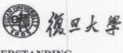
Analog IP Market Segment



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



MoU with Fudan U. State Key Lab

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING
BETWEEN
UNIVERSITY OF MACAU
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
ANALOG AND MIXED-SIGNAL VLSI LABORATORY
AND
FUDAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS
THE STATE KEY LAB OF ASIC & SYSTEM

This Memorandum of Understanding (MOU) will be carried out under the framework of the general Protocol of Cooperation between University of Macau, Macao, China (UM), and Fudan University, Shanghai, China (FU). This document is intended to define the areas of intervention of a long-term collaborative relationship between *Analog and Mixed-Signal VLSI Laboratory*, University of Macau, and *State Key Laboratory of ASIC and System*, Fudan University.

A. Specific Cooperation Activities:
The cooperation activity between *Analog and Mixed-Signal VLSI Laboratory*, University of Macau, designated as *UM Lab* and *State Key Laboratory of ASIC and System*, Fudan University, designated as *FU Lab*, can include the following:

- i) **Joint cooperative research activities:**
 - (i) Innovative research projects in which *UM Lab* and *FU Lab* work together, with the intent to encourage and facilitate joint publications and additional postgraduate studies.
 - (ii) Participation of *UM Lab* in existing *FU Lab* research projects and vice versa.
 - (iii) Utilization of equipment facilities in *UM Lab* by researchers of *FU Lab* and vice-versa.
 - (iv) Participation in IC MPW shuttles from *UM Lab* by researchers of *FU Lab* and vice-versa.
 - (v) Organization of relevant conference or technical events.
 - (vi) Partnership of *UM Lab* and *FU Lab* in existing research projects involving possible third universities' labs elsewhere.
 - (vii) Exploration of the possibility of launching joint-projects with the local Microelectronics Industry, both in Macao and Shanghai.
 - (viii) Academic staff, researchers and students mobility within the framework of the joint cooperative activities.

Specific details of each activity can be defined in ulterior Addendums to this MoU.

Page 1 of 2

2. Bilateral cooperation with other universities (of interest to both parties worldwide)
i) Where possible and opportune, *UM Lab* and *FU Lab*, with mutual agreement, will identify and actively seek bilateral cooperation possibilities in order to strengthen joint research activities and academic collaboration.

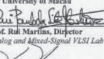
3. Encouragement of student mobility:
i) Within the context of advanced Master and PhD programs, as set forth in ulterior Addendums to this MoU.
ii) Through improved access to and recruitment for each other's postgraduate programs.
iii) Through additional financing mechanisms to support two-way mobility.

B. Support and Resources:
To launch and maintain the above mentioned activities the *UM Lab* and/or *FU Lab* will jointly or individually seek funding and other support internally and possibly from third parties, for the conduct of collaborative projects, programs and other activities. Proposals for joint research project contracts and grants shall be subject to the usual financial and administrative procedures of University of Macau and Fudan University and require the approval of both universities.

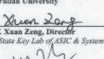
C. Future creation of a State Key Lab / Partner Lab in UM:
The cooperation within this MoU will also include the collaboration between the *UM Lab* and the *FU Lab* in the definition of the initial structure and plan of activities for a future *State Key Lab / Partner Lab* to be established within the scope of the *Analog and Mixed-Signal VLSI Lab* in UM. In this respect, UM will seek the necessary financial support for the establishment of the local infrastructure.

D. Duration, Termination and Modification of this MoU:
This MoU shall take effect when signed by the official representatives of UM and FU, and will remain in effect for an initial period of three years and may be extended by mutual agreement for additional three year periods. This MoU may be terminated by either party with six (6) months written notice of intent to terminate. In the event of termination, each party will assume financial and other responsibilities for the completion of required and agreed activities or as such responsibilities may be modified by mutual written agreement. Any modification shall require the written approval of the Dean of the Faculty of Science and Technology, University of Macau and the Chair of the Department of Microelectronics, Fudan University.

Executed as an MoU and signed in two original copies.
Date: July 15, 2009

For University of Macau

Prof. Rui Zhang, Director
Analog and Mixed-Signal VLSI Lab

Prof. Rui Zhang, Director
Faculty of Science and Technology

For Fudan University

Prof. Xian Zeng, Director
The State Key Lab of ASIC & System

Prof. Wei Zhang, Chair
Department of Microelectronics

Page 2 of 2

复旦大学 澳门大学
学术交流协议书

复旦大学与澳门大学为加强学术交流与合作，双方经友好协商达成如下协议：

一、 双方同意就以下方面合作：

- (一) 交换研究资讯及书籍资料；
- (二) 交换教师、学生及研究人员；
- (三) 合作进行学术研究；
- (四) 联合培养研究生；
- (五) 联合举办学术会议、研讨会及课程；
- (六) 合作举办其他有关教学及研究的项目。

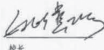
二、 双方同意本协议中的具体合作事项由两校指定部门共同商讨及协调。

三、 双方同意对有关合作及交流项目所需经费进行磋商。

四、 本协议自签署之日起，有效期四年，协议到期前六个月，如双方未提出任何异议，协议自动延长一次，另签四年。

复旦大学 澳门大学


校长
二零零九年九月十九日


校长
二零零九年九月十九日

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



MoU with Fudan U. State Key Lab

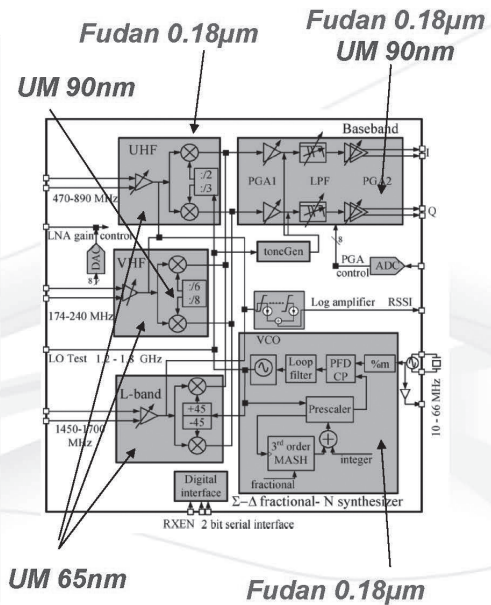


8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Project I with Fudan U. State-Key Lab Multi-Band Receiver

- **Multiband**
 - VHF III (170 MHz – 240 MHz)
 - UHF IV, V (470 MHz – 862 MHz)
 - L-band (1400 MHz – 1700 MHz)
- **Standards compliance**
 - DVB-T (ETSI EN 300 744)
 - DVB-H (ETSI EN 302 304)
 - IEC 62002 (MBRAI)
 - Supports DVB-H parallel and/or consecutive streams and services
- **Low power**
 - 209 mW in continuous operation with significant margin over MBRAI specifications
 - Between time-slice power: < 0.8 mW in DVB-H mode
- **High integration**
 - RF and digital sections on a monolithic 65-nm digital CMOS die
 - 4 Mb of on-chip MPE-FEC SRAM
 - PID, table ID, and IP filtering all on-chip
 - Integrated low-noise amplifiers
 - Fractional-N synthesizer supports 10 MHz – 66 MHz crystal
- **Excellent DVB-H Doppler performance**
 - $F_{D, \max} = 180$ Hz in 8K mode, 16 QAM $1/2$, GI $1/4$, MPE FER < 5%
- **High quality tuner section**
 - High linearity: MBRAI specifications exceeded by a wide margin
 - Noise figure of 3 dB in all bands: VHF, UHF, and L
 - Ultra-low phase noise: < 0.5° RMS for UHF results with SNR > 35 dB
- **Wide range of interfaces**
 - SPI slave and master
 - SDIO device
 - 8-bit asynchronous parallel port
 - USB 2.0 device
 - I²C, UART, and JTAG for development
- **Package options**
 - 169-pin FBGA 8 mm × 8 mm, 0.5-mm pitch
 - WLPGA 5.4 mm × 5.4 mm, 0.4-mm pitch

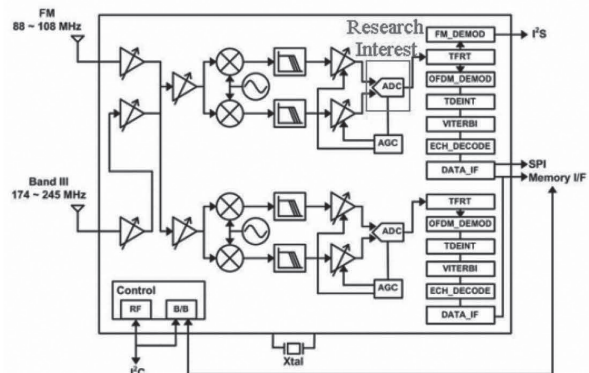


8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Project II with Fudan U. State-Key Lab AD Converter

- ◆ **Low-Power Pipelined ADC for 4G WiMAX / Mobile TV**
- ◆ **Spec: Resolution $\geq 10b$, Sampling Rate ≥ 100 MS/s, Power < 5mW**
- ◆ **Dynamic Implementation + Digital Background Gain and Distortion Calibration**
- ◆ **Nanometer CMOS Technology (65nm)**



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



MoU with Tsinghua U. Institute of Microelectronics

◆ *Joint-Supervision of 4 exchanged M.Sc students from Tsinghua University in the Data Conversion and Signal Processing Research Line*

◆ *Supervisors:*

Prof. Wang Zhihua, Tsinghua University

Prof. Seng-Pan U, University of Macau

Dr. Sai-Weng Sin, University of Macau



清華大學與澳門大學
學術交流與合作協議書



北京清華大學與澳門大學為加強學術交流與合作，雙方經友好協商後共同達成如下協議：

一、雙方同意於以下方面合作：

- (一) 交換研究信息及其書籍資料；
- (二) 交流教師、學生及研究人員；
- (三) 開展在教學實驗設施方面的合作；
- (四) 合作進行科學技術的研究和開發；
- (五) 聯合培養研究生；
- (六) 聯合舉辦學術會議；
- (七) 聯合開設遠程課程；
- (八) 合作舉辦其他有關教學及研究的活動。

二、雙方同意本協議中的具體合作事項由兩校指定部門共同計劃及協商。

三、雙方同意對有關合作及交流項目所需經費進行磋商。

四、本協議由簽署之日起生效，直至任何一方提前六個月提出終止協議為止。

清華大學

澳門大學

胡東成 副校長

魏偉彬 校長

日期：二零零零年六月三日

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



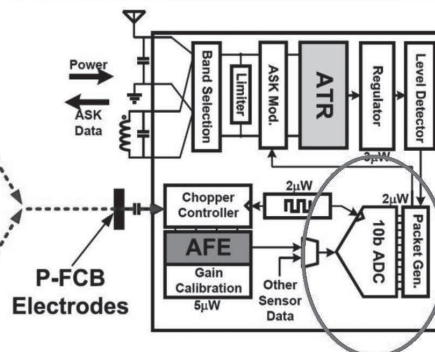
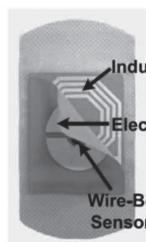
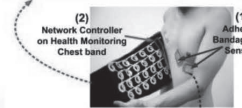
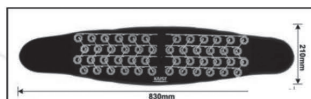
Project I with Tsinghua U. Institute of Microelectronics ADC for Bio-Signals

*ADC for biosignal acquisition front-ends (Biomedical Devices,
Body Area Networks)*

ADC Spec (65nm CMOS):

◆ a) SAR – 8-10b, <1MS/s, <10 μ W

◆ b) $\Sigma\Delta$ ADC – 12-14b, ~6MS/s, <5mW



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

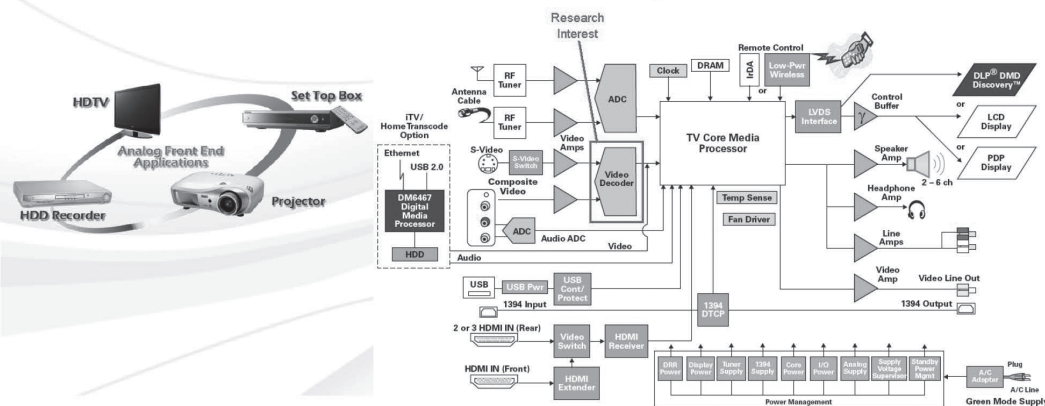


Project II with Tsinghua U. Institute of Microelectronics ADC for High-Definition TV

High-Performance ADC for Full High-Definition TV (1920x1080p)

ADC Spec (65nm CMOS):

- ◆ a) Time-Interleaved Cyclic – 12b, >160MS/s, <40mW
- ◆ b) Pipelined-SAR ADC with Distortion Calibration – 12b, >200MS/s, <40mW

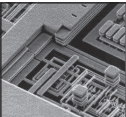


8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



MoU with Dalian Institute of Chemical Physics Chinese Academy of Sciences

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING BETWEEN ANALOG AND MIXED-SIGNAL VLSI LABORATORY, INSTITUTE OF CHINESE MEDICAL SCIENCES FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY UNIVERSITY OF MACAU AND MICROFLUIDICS RESEARCH CENTRE DALIAN INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS CHINA ACADEMY OF SCIENCES	1. Joint cooperative research activities: - Innovative research projects in which UM Labs and DICP Lab work together, with the intent to encourage joint publications and intellectual property pursuing related with the project as mentioned above. - Participation of UM Labs in DICP Lab on the project as above and vice versa. - Utilization of equipment facilities in UM Labs by researchers of DICP Lab and vice versa. - Organization of relevant conference or technical events. - Partnerships of UM Labs and DICP Lab in existing research projects involving possible third universities' or institutes' labs elsewhere. - Academic staff, researchers and students mobility within the framework of the joint cooperative activities. - UM Labs and DICP Lab will work together on funding application, publications and patent application. UM Labs and DICP Lab will share funding sources, authorship of publications and ownership of intellectual properties. - UM Labs and DICP Lab will work jointly and act as joint applicants under the title of CMOS-based digital microfluidics on applications of government-sponsored funding for science and research collaborations between Mainland China and Macau. - UM Labs and DICP Lab will share their own expertise, know-how and technical tips with the other party. - UM Labs and DICP Lab understand that a smooth communication and idea exchange are essential to this project. UM Labs and DICP Lab will hold a routine meeting, seminar and discussion scheme to update working progress in each lab to each other via email, internet meeting and on-site meeting. Specific details of each activity can be defined in ulterior Addendums to this MoU. 2. Tripartite cooperation with other universities of interest to both parties worldwide: - Where possible and opportune, UM Labs and DICP Lab with mutual agreement, will identify and actively seek tripartite cooperation possibilities in order to strengthen joint research activities and academic collaboration. 3. Encouragement of researcher mobility: - Through additional financing mechanisms to support two-way mobility. 4. Support and Resources: - To launch and maintain the above mentioned activities UM Labs and/or DICP Lab will jointly and individually seek funding and other support internally and possibly from third parties, for the conduction of collaborative project, programs and other	activities. Proposals for joint research project contents and grants shall be subject to the usual financial and administrative procedures of University of Macau and Dalian Institute of Chemical Physics and require the approval of both university and institute. C. Duration, termination and modification of this MoU: This MoU shall take effect when signed by the official representatives of UM and DICP and will remain in effect for an initial period of three years and may be extended by mutual agreement for additional three year periods. This MoU may be terminated by either party with six (6) months written notice of intent to terminate. In the event of termination, each party will assume financial and other responsibilities for the completion of required and agreed activities or as such responsibilities may be modified by mutual written agreement. Any modification shall require the written approval of the Dean of the Faculty of Science and Technology, University of Macau and the Director of Dalian Institute of Chemical Physics. Executed as an MoU and signed in two original copies. Date: July 23, 2010 <table border="0"> <tr> <td>For University of Macau</td> <td>For Dalian Institute of Chemical Physics, China Academy of Sciences</td> </tr> <tr> <td>Prof. Rui Martins, Director Analog and Mixed-Signal VLSI Lab</td> <td>Prof. Bingcheng Lin, Chair Science Committee Microfluidics Research Centre</td> </tr> <tr> <td>Prof. Yitao Wang, Director Institute of Chinese Medical Sciences</td> <td>Dr. Xianming Liu, Postdoctoral Fellow Microfluidics Research Centre</td> </tr> <tr> <td>Prof. C. L. Philip Chen, Dean Faculty of Science and Technology</td> <td>Hua Wang, Director Science and Technology Department</td> </tr> </table>	For University of Macau	For Dalian Institute of Chemical Physics, China Academy of Sciences	Prof. Rui Martins, Director Analog and Mixed-Signal VLSI Lab	Prof. Bingcheng Lin, Chair Science Committee Microfluidics Research Centre	Prof. Yitao Wang, Director Institute of Chinese Medical Sciences	Dr. Xianming Liu, Postdoctoral Fellow Microfluidics Research Centre	Prof. C. L. Philip Chen, Dean Faculty of Science and Technology	Hua Wang, Director Science and Technology Department
For University of Macau	For Dalian Institute of Chemical Physics, China Academy of Sciences									
Prof. Rui Martins, Director Analog and Mixed-Signal VLSI Lab	Prof. Bingcheng Lin, Chair Science Committee Microfluidics Research Centre									
Prof. Yitao Wang, Director Institute of Chinese Medical Sciences	Dr. Xianming Liu, Postdoctoral Fellow Microfluidics Research Centre									
Prof. C. L. Philip Chen, Dean Faculty of Science and Technology	Hua Wang, Director Science and Technology Department									

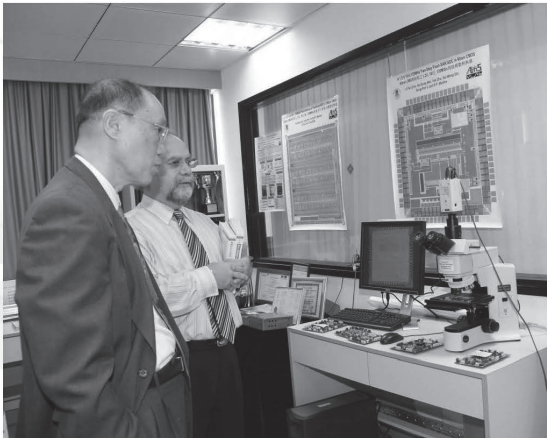
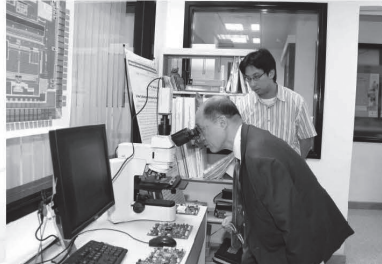


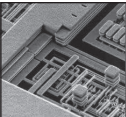
8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

MoU with Dalian Institute of Chemical Physics *Chinese Academy of Sciences*




Prof. Bingcheng Lin visits AMS VLSI Lab

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)




Motivation for Lab on a Chip

- In a bio lab, tubes and beakers have been out of sight for long.
- What biologists using are biochips (bioarrays).
- Not reconfigurable, Can not be used for sample preparation.
- High cost. (\$175'000) Big size.



CLINICAL DIAGNOSTIC APPLICATION

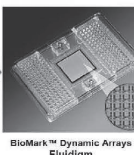
Conventional Biochemical Analyzer

Shrink



Microfluidic Lab-on-a-Chip

20nl sample



BioMark™ Dynamic Arrays Fluidigm



Test tube analysis



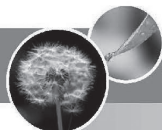
Lab-on-a-chip for CLINICAL DIAGNOSTICS

www.biochem.com

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)



1st generation microfluidics: continuous flow

Definition

These technologies are based on the manipulation of continuous liquid flow through microfabricated channels. The driving force is from micropumps/microvalves.



Lab on a Chip
Cover image 2008, 8(9)

State-of-Art: Bottlenecks

1. Materials & Fabrication Procedure
 2. Less of intelligent control
- } Not compatible with IC techniques, which make automation control and standardization hard.

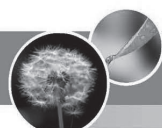
Solutions

1. Change the driving force of microfluidics
2. Use DMF to digitize droplets movement
3. Intelligent control

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

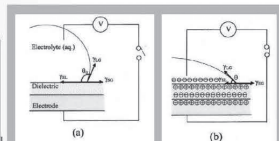
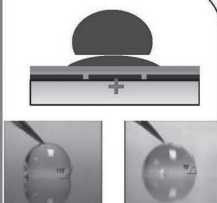


Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)



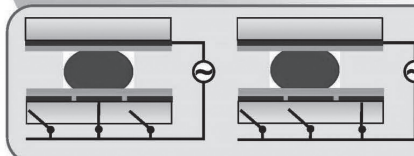
2nd generation
Digital microfluidics: discrete droplet

EWOD: When an E is applied between a droplet and an insulated electrode, improved wetting is exhibited through a reduction in the surface tension and the droplet's contact angle.



Lippmann-Young equation

$$\cos \theta_V = \cos \theta_0 + \frac{1}{\gamma_{LG}} \cdot \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{2t} V^2$$

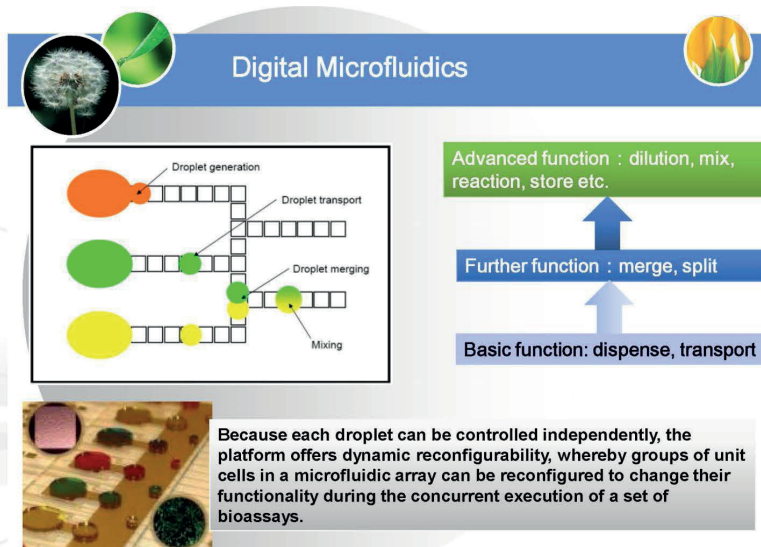


Droplet Manipulation Mechanism:
It is moved by applying voltage to an adjacent electrode, deactivating electrode under the droplet.

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



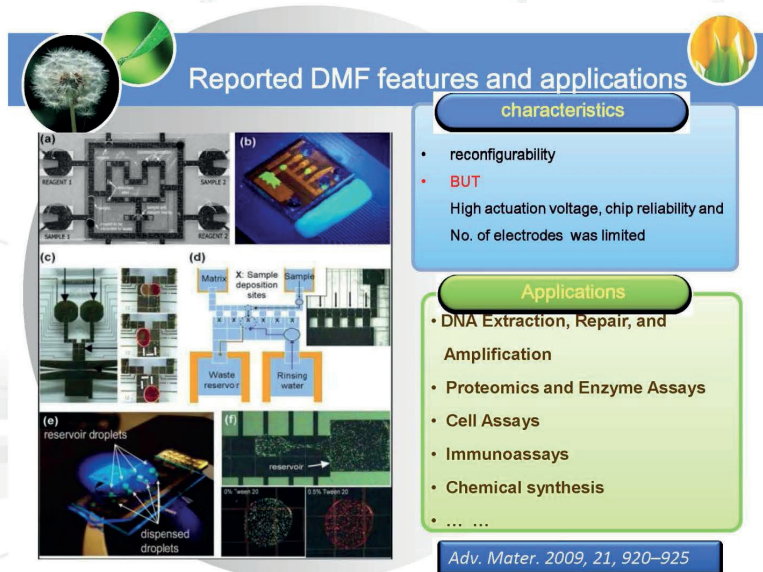
Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)

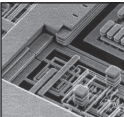


8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)





8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



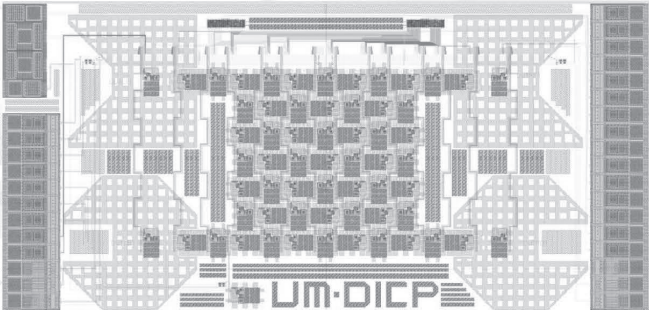

Project with Dalian Institute of Chemical Physics CMOS Digital MicroFluidics (CMOS-DMF)

**Jointly- Sponsored by Macao Science & Technology Development Fund (FDCT)
and Chinese Academy of Sciences (CAS)**

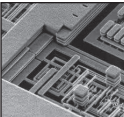
...in competition with MIT (USA)

*...now in cooperation also with the Sun Yat-Sen U, Guangzhou, China, SKL of BioControl,
Center for Parasitic Organisms*

...ambition to publish in Science or Nature



Chip (fabricated AMS - Austria) under test in 0.35 μ m CMOS (with Power-Supply of 20V) [h](#)



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011




SKL International Scientific Advisory Board or Academic Committee (China)

						
Prof. Franco Maloberti IEEE Fellow U. of Pavia, Italy (<i>Chair</i>)	Prof. Zhiliang Hong Fudan University China	Prof. Wang Zhihua IEEE Senior Member Tsinghua University, China	Prof. Behzad Razavi IEEE Fellow UCLA, USA	Prof. Howard Cam Luong IEEE Senior Member HKUST, Hong Kong, China	Prof. Ming-Dou Ker IEEE Fellow NCTU, Taiwan	
						
Prof. Hoi-Jun Yoo IEEE Fellow KAIST, Korea	Prof. Akira Matsuzawa IEEE Fellow, Tokyo Institute of Technology, Japan	Prof. Michiel Steyaert IEEE Fellow, K.U. Leuven, Belgium	Prof. Bram Nauta IEEE Fellow, University of Twente, Netherlands	Chris Mangelndorf Analog Devices	Prof. Bang-Sup Song IEEE Fellow UCSD, San Diego, USA	Prof. Jacob Baker IEEE S. Member Boise State University, USA

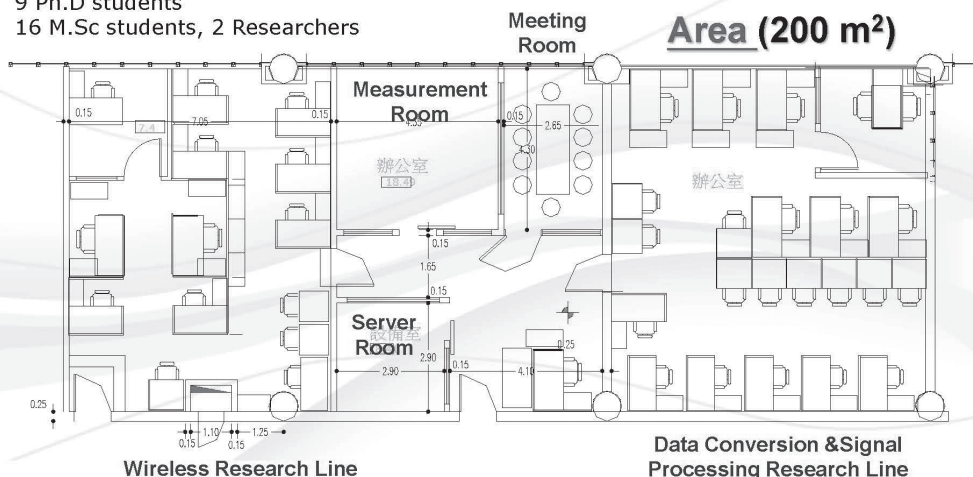


Staff & Students

4 Faculty Members

9 Ph.D students

16 M.Sc students, 2 Researchers



Investimento de 1M€ em equipamento (incluindo 2 Probe Stations)

Staff & Students

2 Measurement Rooms

6 Faculty Members

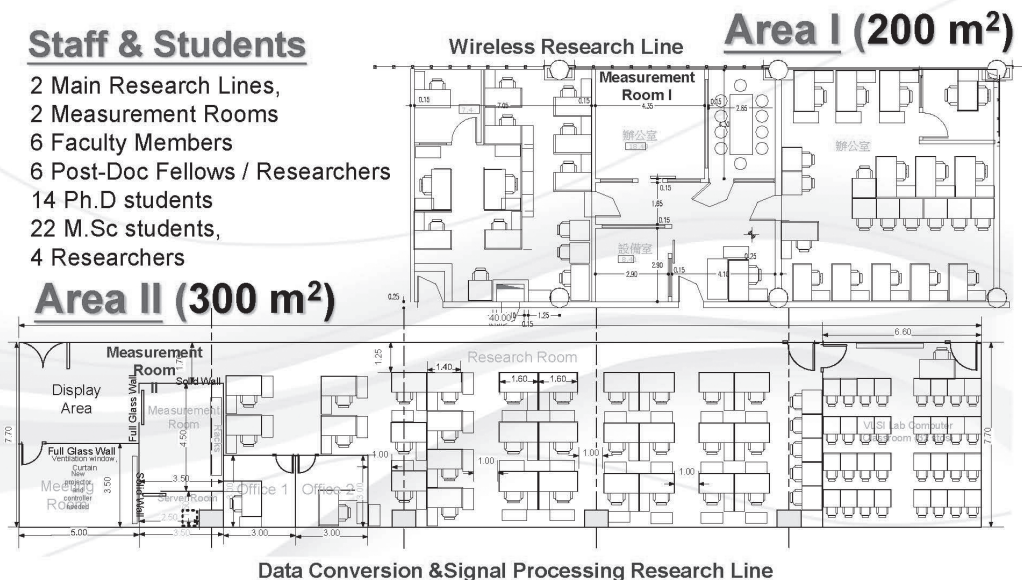
6 Post-Doc Fellows / Researchers

14 Ph.D students

22 M.Sc students,

4 Researchers

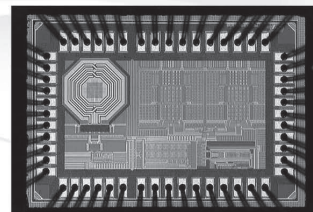
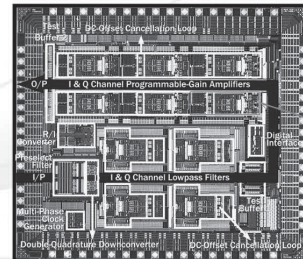
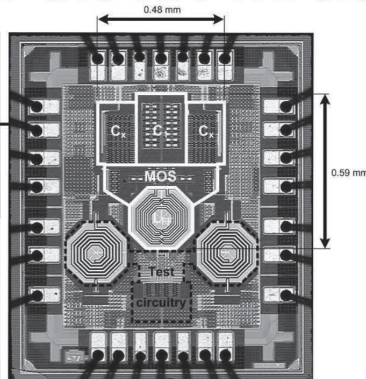
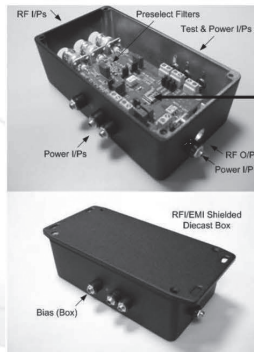
Area II (300 m²)



8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Wireless Research Line State-of-the-Art Wireless Solutions



IEEE International Solid-State Circuits Conference 2011, 2012
IEEE International Symposium on VLSI 2006, 2009
IEEE Custom Integrated Circuits Conference 2005
IEEE Journal of Solid-State Circuits 2011
IEEE Trans. On Circuits and Systems I – Regular Papers 2008, 2009, 2010
IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques 2010

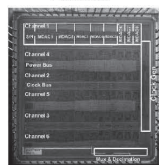
8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



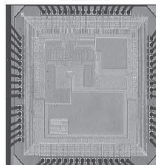
Data Conversion and Signal Processing Research Line High-Performance Mixed-Signal ADCs

Chip Micro-photograph

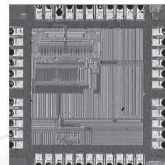
180nm



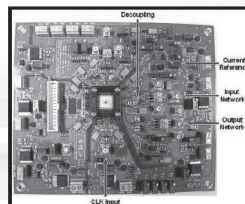
90nm



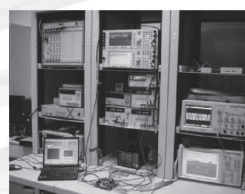
65nm



Testing Board



Measurement Setup



IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2010
IEEE Trans. On Circuits and Systems I – Regular Papers, 2008
IEEE Trans. On Circuits and Systems II – Express Briefs, 2008, 2010
IEEE International Solid-State Circuits Conference – 2011
IEEE European Solid-State Circuit Conference – 2010
IEEE Asian Solid-State Circuit Conference – 2009, 2010, 2011



Data Conversion and Signal Processing (DCSP) Research Line:

A high-magnification micrograph of a 16Mbit DRAM die. The die is rectangular with a complex pattern of circuitry. A large, circular, multi-layered structure is visible on the left side, likely a peripheral control block. The central area is filled with a dense grid of rectangular cells, characteristic of DRAM arrays. The die is mounted on a substrate, and numerous gold wire bonds are visible along the perimeter, connecting the die to the package pins.

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Ranking de Universidades no ISSCC 2011

(Worldwide 46 Us)

Rank	Universities	No. Papers	Rank	Universities	No. Papers
1	KAIST	9	15	U. of Macau	2
2	UCLA	7		U. of Freiburg	2
3	Oregon State U.	6		National Tsinghua U.	2
4	MIT	5		Cornell U.	2
	Delit U of Technology	5		Caltech	2
	National Taiwan U.	5		Ulm U.	2
7	U. of Michigan	4		Seoul National U.	2
8	U. of Washington	3	22	Harvard U.	1
	U. of Toronto	3		Columbia U.	1
	U. of Tokyo	3		U. of Wuppertal	1
	Kelco U.	3		U. of Southern California	1
	U. of Minnesota	3		Stanford U.	1
	U. of Pavia	3		Yonsei U.	1
	KU of Leuven	3		Korea U.	1
				HKUST	1
				Fudan U.	1

15^a. no Mundo

**5^a. na Ásia
1^a. na China**

World Quality

(Among Asia 18 Us)			(Among China+Taiwan 8 Us)		
Rank	Universities	No. Papers	Rank	Universities	No. Papers
1	KAIST	9	1	National Taiwan U.	5
2	National Taiwan U.	5	2	U. of Macau	2
3	U. of Tokyo	3		National Tsinghua U.	2
	Kelco U.	3	4	Fudan U.	1
5	U. of Macau	2		HKUST	1
	National Tsinghua U.	2		National Chung Cheng U.	1
	Seoul National U.	2		Chinese Acad. of Sciences	1
8	Yonsei U.	1		National Chiao Tung U.	1
	Korea U.	1			
	Fudan U.	1	(Among China 4 Us)		
	Shizuoka U.	1	Rank	Universities	No. Papers
	Kinki U.	1	1	U. of Macau	2
	HKUST	1	2	Fudan U.	1
	National Chung Cheng U.	1		HKUST	1
	Chinese Acad. of Sciences	1		Chinese Acad. of Sciences	1
	Pohang U. of S&T	1			
	Tokyo Inst. of Technology	1			
	National Chiao Tung U.	1			

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011

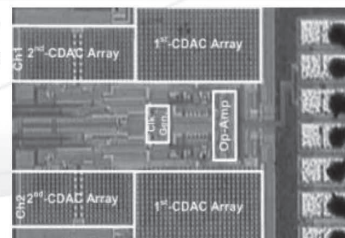
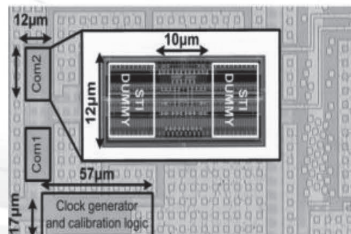


3 Artigos no A-SSCC 2011 em 65nm

Data Conversion and Signal Processing (DCSP) Research Line:

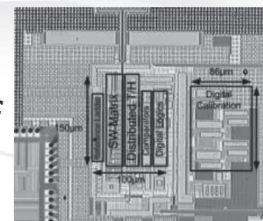
**A 35 fJ 10b 160 MS/s Pipelined-SAR ADC with Decoupled
Flip-Around MDAC and Self-Embedded Offset Cancellation**

(Ph.D. Student Design Contest – Top Award in Asia)



**A Reconfigurable Low-Noise Dynamic Comparator
with Offset Calibration in 90nm CMOS**

**A 4.8-bit ENOB 5-bit 500MS/s Binary-Search ADC
with Minimized Number of Comparators**



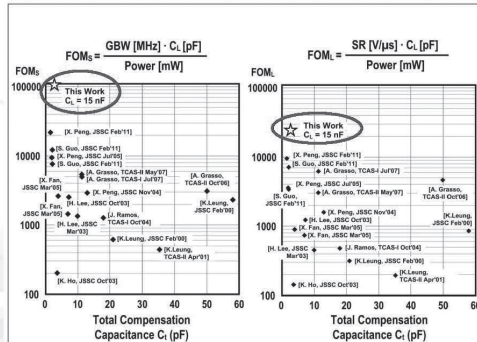
8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



1 Artigo no ISSCC 2012 em 350nm

Wireless Research Line:

**A 0.016mm² 144μW Three-Stage Amplifier
Capable of Driving 1-to-15nF Capacitive
Load with >0.95MHz GBW**



**(Amplificador Operacional de
Elevado Desempenho)**



**Mantendo liderança na China ex-aequo com
Fudan U. State Key Lab & HKUST**

8. Laboratório de Referência e Maior Impacto Nacional - 2011



Prémio Nacional de C & T da China (atribuído a 14 de Fevereiro em Pequim)

**Second Class Award of
The State Scientific and Technological
Progress Award
[China National Award]**

Second Class Award of The State Scientific and Technological Progress Award to be received by **Prof. Seng-Pan U, Prof. Pui-In Mak** and **Dr. Sai-Weng Sin** for their contribution in microelectronics research.

The State Science and Technology Prizes is the highest honor in China in science and technology, in order to recognize citizens and organizations that have made remarkable contributions to scientific and technological progress, and to promote the development of science and technology.



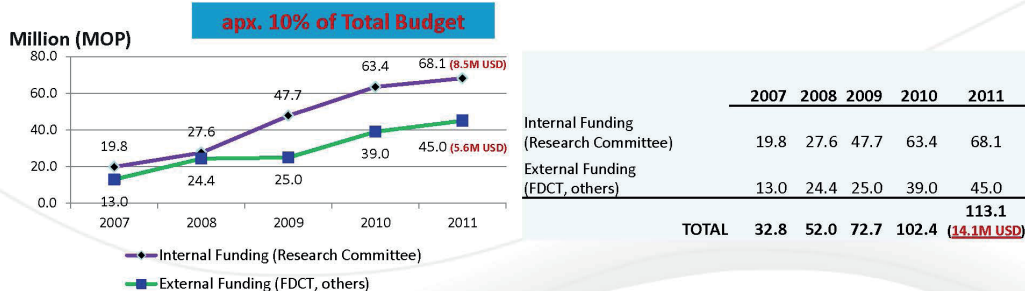
Atribuído pela primeira vez a uma equipa de investigação de Macau

...na direcção de National Quantity

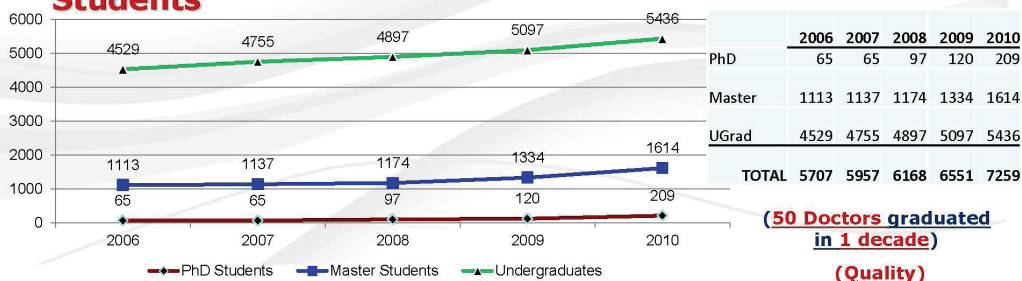
9. Investigação em crescendo na UM



Evolution of Research Funding



Students



9. Investigação em crescendo na UM



ISI Web of Science (Fevereiro 2012)

Web of Knowledge [v5.2] - Web of Science Citation Report

http://apps.webofknowledge.com/CitationReport.do?product=WOS&search_mode=CitationReport&S...

WEB OF KNOWLEDGE™

DISCOVERY STARTS HERE

THOMSON REUTERS

Sign In | Marked List (0) | My EndNote Web | My ResearcherID | My Citation Alerts | My Saved Searches | Log Out | Help

Web of Science

Additional Resources

Search | Author Finder | Cited Reference Search | Advanced Search | Search History

Web of ScienceSM

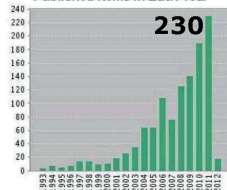
<< Back to previous results list

Citation Report

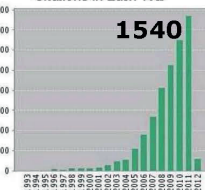
Address=(macau) OR Address=(macao)
 Filtered by: macau (BICAU UNIV OR UNIV ERIKA OR UNIV BICAU OR UNIV MACAU)
 Timespan=All Years Database=SCI-EXP-ANDED, SSC1, ABSCT1, CPCI-S, CPCI-SSH

This report reflects citations to source items indexed within Web of Science. Perform a Cited Reference Search to include citations to items not indexed within Web of Science.

Published Items in Each Year



Citations in Each Year



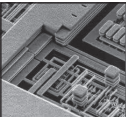
Results found: 1191
 Sum of the Times Cited [?]: 6411
 Sum of Times Cited without self-citations [?]: 5544
 Citing Articles [?]: 5168
 Citing Articles without self-citations [?]: 4751
 Average Citations per Item [?]: 5.38

h-index [?]: 33

Results: 1191

Page 1 of 120

Sort by: Times Cited - highest to lowest



10. O Futuro noutra dimensão



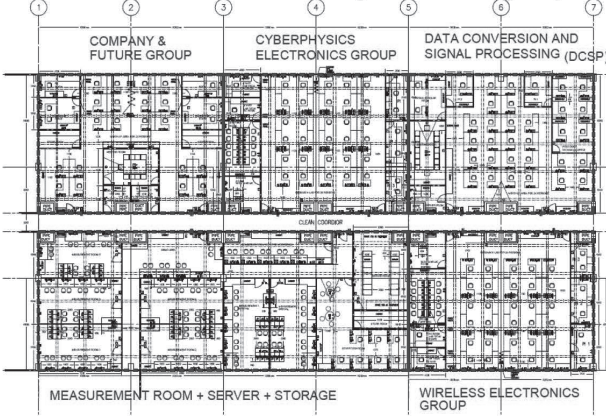

Situação a partir de 2013/2014 (Novo Campus)

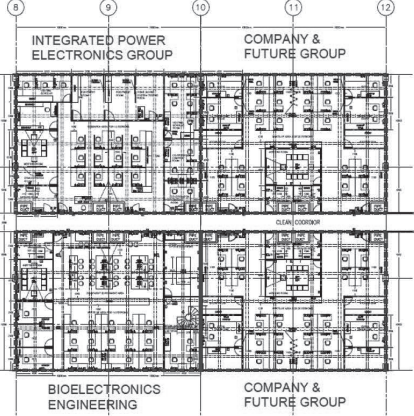
Área Total 3,000 m²

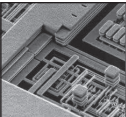
- 5 Research Groups
- 300 m² for each research group
- 600 m² for measurement
- 3 x 300 m² rooms for company and future groups

Staff & Students

13 Faculty Members
 10 Post-Doc Fellows / Researchers
 25 Ph.D students
 30 M.Sc students







10. O Futuro noutra dimensão




No novo Campus da UM na Ilha da Montanha (2013/2014)



**Open
Research
Base**

77.000m²

Papel do controlo estatístico da qualidade em indústria e serviços

M. IVETTE GOMES¹

FERNANDA FIGUEIREDO²

O termo *Qualidade* é aqui identificado com *adequabilidade para uso*, i.e. os produtos devem satisfazer os requisitos dos utilizadores. Em Controlo da Qualidade somos sempre confrontados com a *Qualidade do Projecto* versus a *Qualidade de Conformidade*. É com este segundo tipo de *Qualidade* que nos preocupamos na área de *Controlo Estatístico da Qualidade* (SQC, do Inglês “*Statistical Quality Control*”). O objectivo fundamental do SQC é atingir uma garantia de qualidade em organizações de produção e de serviço, através da utilização de técnicas estatísticas convenientes.

As *características de qualidade* descrevem, isolada ou conjuntamente, a adequabilidade para uso de determinado produto ou serviço. Podem ser físicas (peso, voltagem), sensoriais (sabor, aparência, cor) ou temporalmente orientadas (função de fiabilidade). O procedimento padrão em SQC é o seguinte:

- (1) Observam-se as características de qualidade relevantes;
- (2) Comparam-se essas observações com especificações eventualmente pré-determinadas, as chamadas *normas de qualidade*;
- (3) Tomam-se ações apropriadas, quando existe diferença significativa entre o desempenho real e o desempenho *standard* ou padrão.

A *Qualidade* é sem dúvida o factor chave que conduz ao sucesso de uma organização. Para mais detalhes, veja-se Swift (1995), Montgomery (2009), Gomes *et al.* (2010, 2014), e Gomes (2011a,b), entre outros. O *Controlo Estatístico de Produção* (com custos insignificantes) ocasiona a redução nos custos de manufactura e o aumento da produtividade.

O objectivo fundamental do SQC é a *redução sistemática da variância* das características de qualidade importantes, e as técnicas estatísticas usuais em Qualidade são *Amostragem de Aceitação*, *Controlo Estatístico de Processos* (SPC, do Inglês “*Statistical Process Control*”), *Análise de Regressão*, *Análise de Variância*, *Análise de Séries Temporais*, *Fiabilidade* e *Planeamento de Experiências—Planos de Taguchi*. A evolução típica na utilização de técnicas estatísticas em SQC é a seguinte:

- (1) No nível mais baixo de maturidade, existem só aplicações modestas de métodos de *amostragem de aceitação*;
- (2) Conforme vai aumentando a maturidade, surge a intensificação da *inspeção de amostragem*;
- (3) Passa-se em seguida ao SPC, com a utilização sistemática de *Cartas de Controlo*, delineadas por outros;

¹ CEAUL and DEIO, FCUL, Universidade de Lisboa, Portugal, e-mail: ivette.gomes@fc.ul.pt

² Faculdade de Economia, Universidade do Porto e CEAUL, Universidade de Lisboa, Portugal, e-mail: otília@fep.up.pt

- (4) Quando o processo estabiliza, e a maturidade aumenta, é então usual desenvolver *Planeamentos de Experiências* e avaliar a *Fiabilidade* do produto final, o que permite otimizar os processos de controlo e produção.

Começaremos com uma breve introdução histórica.

Numa 1.^a Fase (pós *Revolução Industrial*) começou-se unicamente com a inspeção, para identificação de produtos defeituosos, prevenindo assim a sua venda aos consumidores. Numa 2.^a Fase, avançou-se com a utilização sistemática do SPC. Nos *Bell Laboratories*, Shewhart introduziu, em 1924, a primeira carta de *controlo estatístico*, a chamada *carta-Shewhart*, passando do *produto* para o *processo* (Shewhart, 1931). Dodge e Romig (1959), também nos *Bell Laboratories*, introduziram a *Amostragem de Aceitação*. Outros pioneiros foram W.E. Deming, J.M. Juran, P.B. Crosby and K. Ishikawa (veja-se Ishikawa & Jobe, 1985). Numa 3.^a Fase (Segunda Grande Guerra) garantiu-se o uso e a aceitação generalizada dos conceitos de SPC nas indústrias de manufactura. O SPC foi amplamente utilizado na indústria dos EUA durante a II Grande Guerra, sendo considerado como primordial para a derrota do Japão. Um marco importante foi a formação em 1946 da *American Society for Quality Control*, que deu grande impulso à generalização e aperfeiçoamento dos métodos de *Controlo Estatístico da Qualidade*. No pós II Grande Guerra, os EUA desenvolveram-se numa sociedade de “*desperdício*” ou de consumismo, e avançou-se para uma 4.^a Fase, onde o Japão do pós-guerra, com comida e alojamento escassos, com as suas fábricas em ruína, avaliou e corrigiu as causas do seu fracasso, e muito rapidamente se tornou mestre na *inspeção* e no SQC, tendo prosseguido com a invenção de técnicas próprias de melhoria de qualidade, e tendo atingido por volta de 1970 o comando da Qualidade. Numa 5.^a Fase, e mais recentemente, a atenção dos esforços na qualidade, que se centrava inicialmente em *bens* – produtos manufacturados ou consumidos – tem-se expandido de modo a incluir *serviços* – o desempenho do trabalho desenvolvido em benefício de outros. Esta expansão tem dado grande ênfase aos factores humanos e ao seu impacto na qualidade dos produtos. Os desenvolvimentos em termos da Qualidade estão actualmente vocacionados para a motivação dos trabalhadores (*Círculos de Controlo da Qualidade*), tendo surgido a TQM (do Inglês, “*total quality management*”). Veja-se Vardeman and Jobe (1999), entre outros. O SQC deixou de ser meramente um conjunto de instrumentos estatísticos e passou a ser toda uma maneira de pensar global dos diferentes trabalhadores de uma empresa, com o objectivo de produzir os produtos correctamente à primeira e reduzir sistematicamente a variância das características de qualidade com interesse para o processo de produção.

O SQC é hoje em dia rotineiramente usado por grandes empresas, que além dos seus próprios departamentos específicos têm periodicamente contratos com investigadores a fim de disporem de técnicas mais sofisticadas que garantam a qualidade dos seus produtos. E será fácil e sensato disponibilizar procedimentos simples associados a essas técnicas sofisticadas que ajudem pequenas e médias empresas a melhorar o desempenho, quer em linha de produção, ou serviço, ou fora dessa linha.

Quanto a instrumentos simples de garantia da Qualidade, começamos por mencionar os *Diagramas-de-Causa-Efeito* ou em *Espinha-de-Peixe*: Se pretendemos um determinado objectivo, ou se temos em mente

um certo problema de qualidade, devem ser esquematizados todos os possíveis factores que levam a esse objectivo ou a esse problema, num esquema do tipo:

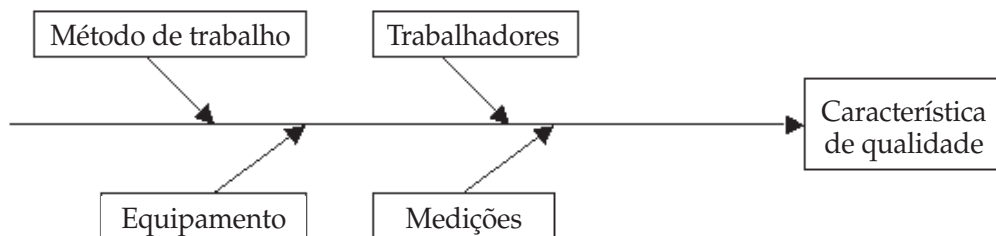


FIGURA 1.
Diagrama em Espinha-de-Peixe.

Mencionamos ainda os *Fluxogramas* ou *Organigramas*, um instrumento para identificação do processo ou para deteção de problemas, que nos mostra os passos cronológicos de determinada operação.

Os *Diagramas de Pareto* são também métodos gráficos relevantes em SPC. Admitamos que o nosso interesse reside na classificação da *causa subjacente* a uma avaria em determinada linha de produção. As classes ou categorias são, por exemplo: falta de experiência na monitorização em linha de produção; falta de experiência na gestão; experiências não-equilibradas; incompetência; outras causas (tais como negligência e fraude); razões desconhecidas. Trata-se de uma variável qualitativa, e face à variável de interesse, a *causa subjacente* a uma avaria, podemos facilmente construir uma tabela de frequências, onde a ordenação das categorias é arbitrária. Em aplicações da Qualidade faz sentido ordenar as causas por *ordem decrescente* de frequências de ocorrência, começando com a causa mais comum, e terminando na menos comum. A tabela de frequências neste caso particular é dada por:

Causa subjacente	Fr.	Fr. rel.	Prop. cum.
Incompetência	698	.477	.477
Experiências não-equilibradas	314	.215	.692
Falta de experiência da gestão	236	.161	.853
Falta de experiência em linha	111	.076	.929
Razão desconhecida	83	.057	.986
Outras causas	21	.014	1.000
Totais	1.463	1.00	

O *Diagrama de Pareto* é um gráfico de barras, usualmente verticais, em que as barras são colocadas da esquerda para a direita por ordem *decrescente* de altura. Os *gráficos de Pareto* são instrumentos gráficos muito populares em *Controlo da Qualidade*. As alturas das barras representam muito frequentemente as frequências dos problemas existentes num processo de produção (número de defeituosos, acidentes, falhas, avarias,...). Uma vez que as barras são colocadas em ordem descendente de altura, é então fácil identificar as áreas com problemas mais severos.

Na **Figura 2** apresentamos um *diagrama de Pareto* para os dados da tabela anterior. Para além das barras ordenadas decrescentemente, aparece a *proporção cumulativa* de falhas—a linha “cum”.

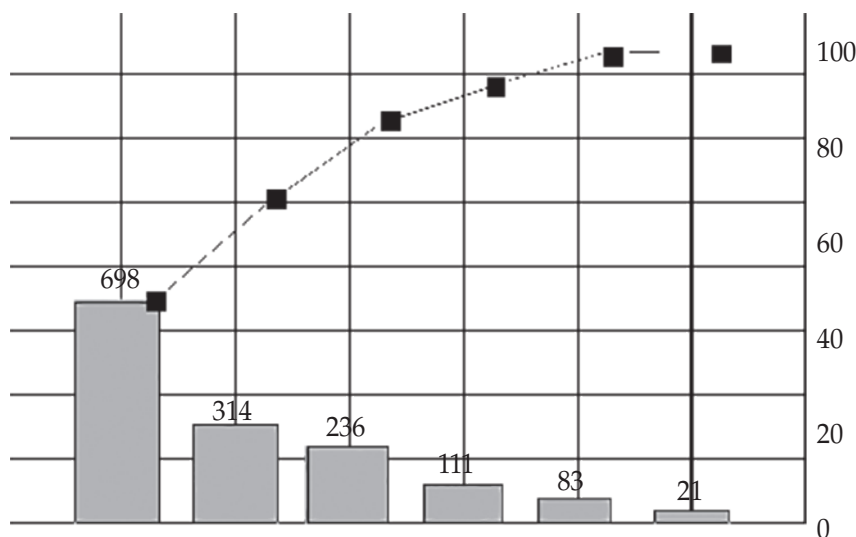


FIGURA 2.
Diagrama de Pareto associado ao processo de avarias.

O objectivo essencial de um *Diagrama de Pareto* é o de estabelecer prioridades entre as diferentes causas de problemas possíveis.

Quanto a instrumentos adicionais de garantia da Qualidade, começamos por mencionar o *Histograma*, gráfico de barras verticais, imagem estatística da *função densidade de probabilidade* de uma variável quantitativa, que tem como objectivo mostrar a forma da distribuição subjacente a um conjunto de dados quantitativos. O primeiro passo para construção do histograma é a definição dos *intervalos classe* (categorias) a que irão pertencer os dados, face a uma *amplitude de intervalos classe* convenientemente escolhida e baseada na amostra a que temos acesso.

Mencionamos em seguida o *papel de probabilidade* (Q-Q plot) – método gráfico de seleção de modelos. Este método, com modificações convenientes, pode ser usado para dados contínuos ou discretos, completos ou censurados, e é um método de linearização da função de distribuição (fd). Face à amostra ordenada ascendentemente, $(x_{1:n}, x_{2:n}, \dots, x_{n:n})$, e para um modelo $F(x)=F((x-\lambda)/\delta)$, represente-se graficamente a nuvem de pontos:

$$(x_{i:n}, y_i = F^{-1}(i/(n+1)) =: F^{-1}(p_i)), 1 \leq i \leq n.$$

Se o gráfico resultante mostrar que existe uma relação linear entre $x_{i:n}$ e y_i temos uma validação informal da forma da distribuição $F(\cdot)$, postulada. A intersecção com o eixo das abcissas e a inclinação da reta fornecem-nos então estimativas grosseiras de λ e δ . Mais geralmente, a relação linear poderá ser entre uma função de $x_{i:n}$ e uma função de p_i . Quando o gráfico em *Papel de*

Probabilidade é nitidamente não linear, resultando consequentemente a rejeição do modelo postulado $F(\cdot)$, podemos obter informação adicional a partir do gráfico. Para mais detalhes veja-se, por exemplo, Bury (1975). Acrescentamos no entanto algumas mensagens rápidas fornecidas por um *QQ-plot*:

- (1) Se aparecerem duas linhas com diferentes inclinações e/ou interseções com os eixos, a população subjacente deverá ser uma mistura de duas populações com a mesma forma distribucional, F , mas com diferentes escalas, e possivelmente localizações também diferentes;
- (2) Uma relação linear na parte central do gráfico, com desvios ligeiros numa das extremidades (ou em ambas), indica a possibilidade de a amostra ter sido censurada em uma (ou ambas) as pontas, sem nosso conhecimento. Pode ainda significar a truncatura do modelo subjacente;
- (3) Um gráfico convexo pode significar que a fd subjacente é mais assimétrica para a direita do que a fd postulada ou que não se especificou no modelo um parâmetro de localização superior não nulo (neste caso, a substituição de $x_{i:n}$ por $x_{n:n} - x_{i:n}$ no *QQ-plot*, conduzir-nos-á a uma relação linear);
- (4) De forma semelhante, um gráfico côncavo pode significar que a fd subjacente é mais assimétrica para a esquerda do que a fd postulada ou que não se especificou no modelo um parâmetro de localização inferior não nulo (neste caso, a substituição de $x_{i:n}$ por $x_{i:n} - x_{1:n}$ no *QQ-plot*, conduzir-nos-á a uma relação linear).

Mencionamos finalmente as *cartas de controlo*. Tratam-se de gráficos bi-dimensionais em que o tempo é marcado numa escala horizontal, sendo marcada na escala vertical uma quantidade numérica de interesse (uma medida de qualidade ou qualquer outra variável associada ao processo em estudo). Os pontos marcados são então usualmente ligados por segmentos de recta, com gráficos do seguinte tipo:

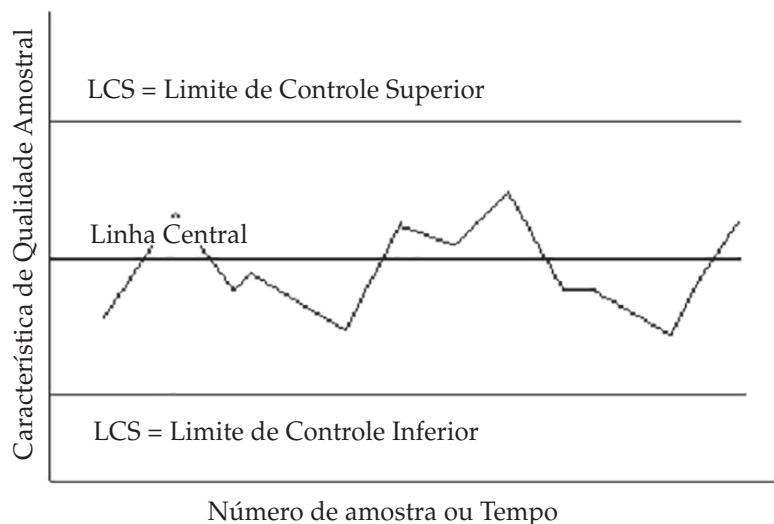


FIGURA 3.
Carta de Controlo.

E avançaremos com uma breve introdução às *cartas de controlo*. Em qualquer processo de produção, independentemente de este ter sido cuidadosamente planeado e mantido, existe sempre uma quantidade

inerente de variabilidade. Com o objectivo de diferenciar entre as inevitáveis *causas aleatórias* e as *causas determinísticas* num processo de produção, Shewhart inventou, em 1924, a primeira *carta de controlo*. Trata-se de um método gráfico que permite facilmente detectar a presença de causas determinísticas. Se só há intervenção de causas aleatórias, diz-se que o processo está sob controlo estatístico (estado IN), e deixa-se o processo de produção continuar. Se estão presentes causas determinísticas, diz-se que o processo está fora de controlo estatístico (estado OUT), devendo-se então detectar e eliminar tais causas, sem obviamente interromper o processo. Uma *carta de controlo* é afinal um teste, efectuado ao longo do tempo de:

$$H_0: \text{estado IN} \quad \text{versus (vs)} \quad H_1: \text{estado OUT},$$

com base numa estatística adequada e simples, W .

Em linhas gerais é a seguinte a metodologia básica da *carta de controlo*:

- (1) Efectua-se a amostragem do processo ao longo do tempo e representa-se graficamente uma medida W associada ao processo, uma *média*, uma *percentagem*, um *máximo*;
- (2) Face à(s) estatística(s) escolhida(s), determine-se então, com base em metodologia estatística adequada, e eventualmente com base em dados previamente recolhidos, uma *Linha Central* (LC), e duas outras linhas, chamadas *Limite de Controlo Superior* (LCS) e *Limite de Controlo Inferior* (LCI);
- (3) Os dados recolhidos deverão ser analisados estatisticamente e a *Análise Preliminar de Dados* em Controlo da Qualidade é essencialmente gráfica –*Histogramas* e *Papel de Probabilidade*.

Se existirem *medições fora dos limites de controlo*, detecta-se a causa determinística que provocou essa situação, e procura-se a melhor forma de a remover. Se as *medições estão dentro dos limites de controlo*, não se toma, em princípio, nenhuma ação, ou melhor, continua-se a produção de forma regular. No entanto, mesmo que os pontos caiam todos dentro dos limites de controlo, se eles se comportarem de uma forma não aleatória, existe uma indicação de que o processo está fora de controlo, i.e., está no estado OUT. Se a razão do aparecimento de tal configuração puder ser encontrada e eliminada, isso contribuirá para uma melhoria no processo de produção. Os *Testes de Aleatoriedade* aplicados aos pontos da carta de controlo têm pois importância fundamental em SQC. Como já se disse, existe uma relação íntima entre as *cartas de controlo* e os *testes de hipóteses*. Essencialmente, a *carta de controlo* é um teste da hipótese H_0 : O processo está em controlo (IN) *vs* H_1 : O processo está fora de controlo (OUT), efectuado ao longo do tempo, de forma perpétua. Temos mais uma vez em jogo a probabilidade α do *erro de tipo I*, i.e. decidir pelo estado OUT quando o estado é IN, denominada *risco- α* ; e a probabilidade β do *erro de tipo II*, i.e. decidir pelo estado IN quando o estado é OUT, denominada *risco- β* .

Mencionaremos o exemplo mais simples de uma *carta de controlo*, associado a um *processo de manufatura de segmentos de motor*. A *característica de qualidade* com interesse é o *diâmetro exterior* desses segmentos, denotado por X . O processo deve ser controlado com um diâmetro externo médio de 74 mm, e sabe-se que o desvio do anel deve ser de 0.01 mm (face a conclusões de uma análise prévia de dados ou a normas de gestão). Um modo possível de proceder é com a utilização da Carta-Shewhart: cada meia hora coleciona-se uma amostra de 5 segmentos, e calcula-se a média dos seus diâmetros externos

($\bar{x}_5$), marcando-se esses valores numa *carta de controlo de médias* (carta- $\bar{X}$). Os limites de controlo poderão ser determinados, com base na *normalidade* dos dados. Sob H_0 , em que se admite que X é Normal($\mu = 74, \sigma = 0.01$), $\bar{X}$ é Normal($\mu_x = 74\text{mm}, \sigma_x = 0.01/\sqrt{5} = 0.0045$). Em estado IN é de esperar que $100(1-\alpha)\%$ dos diâmetros médios amostrados caiam entre $74 + 0.0045 \chi_{\alpha/2}$ e $74 - 0.0045 \chi_{\alpha/2}$ com $\chi_{\alpha/2} =$ quantil- $\alpha/2$ de uma Normal(0,1). Para $\alpha=0.002$ (valor usual na literatura inglesa), virá $\chi_{\alpha/2} = -3.09$, e consequentemente, ter-se-ão os *limites de controlo*, $LCS_{0.002} = 74.0139$, $LCI_{0.002} = 73.9861$. Na literatura americana, e em situações de normalidade, é usual considerar os *limites de controlo 3-sigma*, $LCS = 74.0135$, $LCI = 73.9865$.

O fundamental das *cartas de controlo* é pois encontrar estatísticas convenientes, por vezes devido à sua simplicidade de cálculo, cuja distribuição de amostragem seja conhecida, sob a validade de controlo estatístico, de forma a podermos determinar com facilidade os limites de controlo, que fornecerão um *intervalo de confiança* para uma medida de localização ou dispersão dessa estatística. As estatísticas mais frequentemente usadas são, para características de qualidade qualitativas, as *percentagens* e os *totais*, e para características de qualidade quantitativas, a *média*, o *desvio padrão empírico*, a *amplitude*, e *estatísticas ordinais* superiores e inferiores, incluindo obviamente o *máximo* e o *mínimo*.

A escolha dos *parâmetros* envolvidos nas Cartas de Controlo – dimensão n das amostras a recolher (os chamados *subgrupos racionais*), intervalo h de amostragem, e limites L de controlo – são pontos fundamentais a tratar em SPC. O tipo de amostragem a efectuar é também muito importante. Consideremos, por exemplo, um processo de produção, em que se leva uma quantidade de tempo bastante razoável para produzir uma única peça a ser medida. Nessas condições as *Médias Móveis* e as *Amplitudes Móveis* fornecem medidas simples, correntes, de localização e dispersão. De modo análogo poderemos falar em Cartas de Controlo de *Mínimos* e *Máximos Móveis* (veja-se Figueiredo & Gomes, 2000, entre outros). Pode-se pois induzir dependência (ou não) entre as estatísticas sumárias obtidas nos diferentes instantes de inspeção.

Principais características primárias. Face a uma estatística de controlo W , a que está associada uma região de continuação $C := (LCI, LCS)$, sendo $\theta = \theta_0$ o estado IN, temos:

- (1) Risco- $\alpha = P(W \in C) | \theta = \theta_0$;
- (2) Curva Característica = $\beta(\theta)$, $\beta(\theta) = P(W \in C | \theta)$, $\theta \in \Theta$, $\beta(\theta_0) = 1 - \alpha$;
- (3) NSS ou RL (“*Number of Samples to Signal*” ou “*Run Length*”) – número de amostras recolhidas desde o instante de (re)início do processo (instante 0) até ao instante em que é emitido o sinal de perda de controlo. Deverão ser contabilizadas a amostra recolhida no instante de (re)início do processo de produção, bem como as recolhidas posteriormente, excluindo-se a amostra responsável pela emissão do sinal;
- (4) ANSS ou ARL = $\mathbb{E}[\text{NSS}]$, onde $\mathbb{E}(\cdot)$ denota o operador de valor médio;
- (5) TS (*Time to Signal*) – tempo decorrido desde o (re)início do processo até ao instante em que é recolhida a amostra responsável pela emissão de sinal de perda de controlo;
- (6) ATS (*Average Time to Signal*) = $\mathbb{E}[\text{TS}]$.

Como $\text{NSS} = \text{NSS}(\theta)$ é uma variável aleatória geométrica, de suporte $\{1, 2, \dots\}$, e de parâmetro $(1 - \beta(\theta))$, tem-se $\text{ANSS}(\theta) = 1 / (1 - \beta(\theta))$, qualquer que seja a política amostral adoptada. O mesmo não acontece com o TS e o ATS.

As principais *políticas de amostragem* são:

- (1) *Política FSI* – Os intervalos de amostragem (intervalos entre qualquer par de observações consecutivas da estatística de controlo) são fixos e iguais a d , com $d > 0$;
- (2) *Política VSI* – Os intervalos de amostragem variam, dependendo da localização das observações recolhidas. Se o valor da estatística sumária estiver muito afastado da linha central, mas não o suficiente para se emitir sinal de perda de controlo, *antecipa-se* a recolha de uma nova amostra. Se o valor da estatística sumária se encontrar perto do alvo da carta de controlo, *atrasa-se* o instante de recolha da próxima amostra.

O próprio processo em observação pode ser *correlacionado*.

E muito mais haveria a dizer para além das políticas FSI e VSI, envolvendo a consideração de modelos não normais em SPC (Figueiredo & Gomes, 2013; Figueiredo *et al.*, 2014, 2016), de métodos robustos em SPC (Figueiredo & Gomes, 2002, 2004a,b; 2006a,b; 2008; 2009; 2016) e a utilização da metodologia *bootstrap* (Efron, 1979) no delineamento de cartas de controlo (Figueiredo & Gomes, 2015).

AGRADECIMENTOS

Investigação parcialmente financiada por Fundos Nacionais, FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, projeto UID/MAT/00006/2013 (CEA/UL).

REFERÊNCIAS

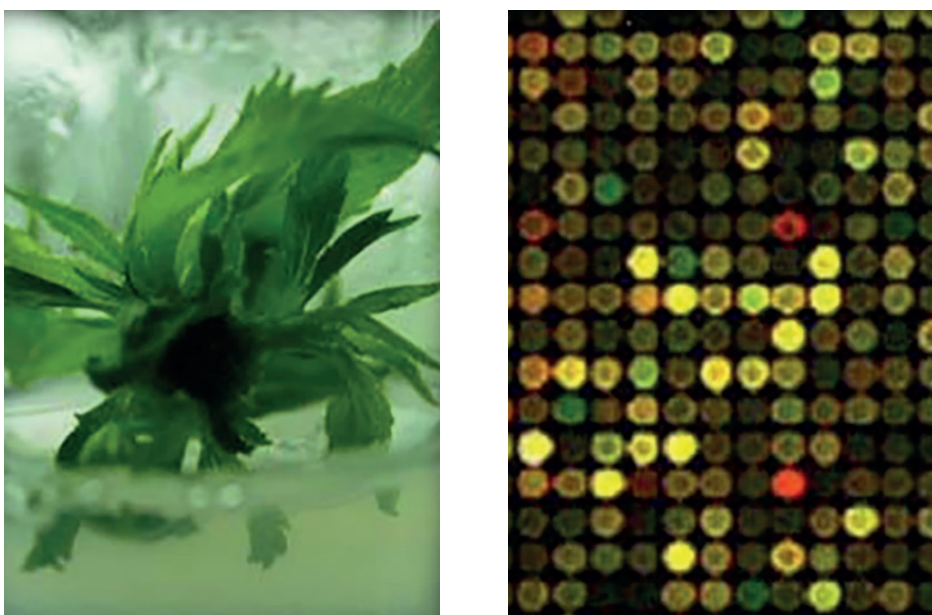
1. Bury, K.V. (1975). *Statistical Models in Applied Science*, John Wiley and Sons.
2. Dodge, H.F. & H.G. Romig (1959). *Sampling Inspection Tables, Single and Double Sampling*, 2nd edition. John Wiley & Sons.
3. Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann. Statist.* 7, pp. 1-26.
4. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2000). "Carta de máximos móveis e de somas móveis como alternativa a uma carta de valores individuais". Em P. Oliveira & E. Athayde eds., *Um Olhar sobre a Estatística*, pp. 134-145, Edição S.P.E.
5. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2002). Transformação de dados em Controlo Estatístico de Qualidade. In Carvalho, L. et al. (eds.), "Novos Rumos em Estatística", pp. 247-258, Edições S.P.E.
6. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2004a). "Estimação robusta dos limites de uma carta de controlo". In Rodrigues, P. et al. (eds.), *Estatística com Acaso e Necessidade*, pp. 249-257, Edições S.P.E.
7. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2004b). The total median in Statistical Quality Control. *Applied Stochastic Models in Business and Industry* 20:4, pp. 339-353.
8. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2006a). "Box-Cox transformations and robust control charts in SPC". In Pavese et al. (eds.), *Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology VII*, pp. 35-46, World Scientific, New Jersey.
9. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2006b). "Cartas de controlo e transformações de Box-Cox". In Canto e Castro, L. et al. (eds.), *Ciência Estatística*, pp. 377-388, Edições S.P.E.
10. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2008). "Monitorização de um processo de produção de rolas – comparação da performance das cartas de controlo tradicionais com a de cartas robustas". In Hill, M.M. et al. (eds.), *Estatística: da Teoria à Prática*, pp. 245-258, Edições S.P.E.
11. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2009). Monitoring industrial processes with robust control charts. *Revstat* 7: 2, pp. 151-170.
12. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2013). "The skew-normal distribution in SPC". *Revstat* 11:1, 83-104.
13. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2015). "Control charts implemented on the basis of a bootstrap reference sample". In Filius, L. et al. (eds.), *Stochastic Modeling, Data Analysis and Statistical Applications*, ISAST editions, pp. 505-514.
14. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2016). The total median statistic to monitor contaminated normal data. *Quality Technology and Quantitative Management* 13:1, pp. 78-87.
15. Figueiredo, F., Gomes, M.I. & A. Figueiredo (2014). "Monitoring the shape parameter of a Weibull distribution". In Gilli, M. et al. (eds.), *Proceedings of COMPSTAT 2014*, pp. 395-402, The ISI/IASC editions.
16. Figueiredo, F., Figueiredo, A. & M.I. Gomes (2016). "Distribuição de Pareto inflacionada em Controlo Estatístico da Qualidade". In C. Cordeiro et al. (eds.), *Estatística: Progressos e Aplicações*, Atas do XXII Congresso da Sociedade Portuguesa de Estatística, pp. 137-150, UAlg and SPE editions.
17. Gomes, M.I. (2011a). "Acceptance Sampling". In Lovric, M. (ed.), *International Encyclopedia of Statistical Science*, Part 1, pp. 5-7, Springer.
18. Gomes, M.I. (2011b). "Statistical Quality Control". In Lovric, M. (ed.), *International Encyclopedia of Statistical Science*. Part 19, pp. 1459-1463, Springer.
19. Gomes, M.I., Figueiredo, F. & M.I. Barão (2010). *Controlo Estatístico da Qualidade*, 2.ª edição, Edições S.P.E./I.N.E.
20. Gomes, M.I., Figueiredo, F. & A. Figueiredo (2014). "Controlo Estatístico da Qualidade em Indústria e Serviços". In Tomaz Dantinho (ed.), *Livro de Atas do II Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores e VII Congresso de Gestão e Conservação da Natureza*, pp. 42-49, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
21. Ishikawa, S.B. & J.M. Jobe (1985). *What is Total Quality Control. The Japanese Way*, Prentice-Hall.
22. Montgomery, D.C. (2009). *Statistical Quality Control: a Modern Introduction*. Wiley.
23. Shewhart, W.A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, Van Nostrand, New York.
24. Swift, J.A. (1995). *Introduction to Modern Statistical Quality Control and Management*, St. Lucie Press.
25. Vardeman, S. & J.M. Jobe (1999). *Statistical Quality Assurance Methods for Engineers*, John Wiley & Sons.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 5 DE JANEIRO DE 2017)

Genómica Funcional de Plantas

Um futuro arriscado para a nossa agricultura? Ou para nós

RUI MALHÓ



Fotos ilustrando planta em cultura in vitro e placa de microarray

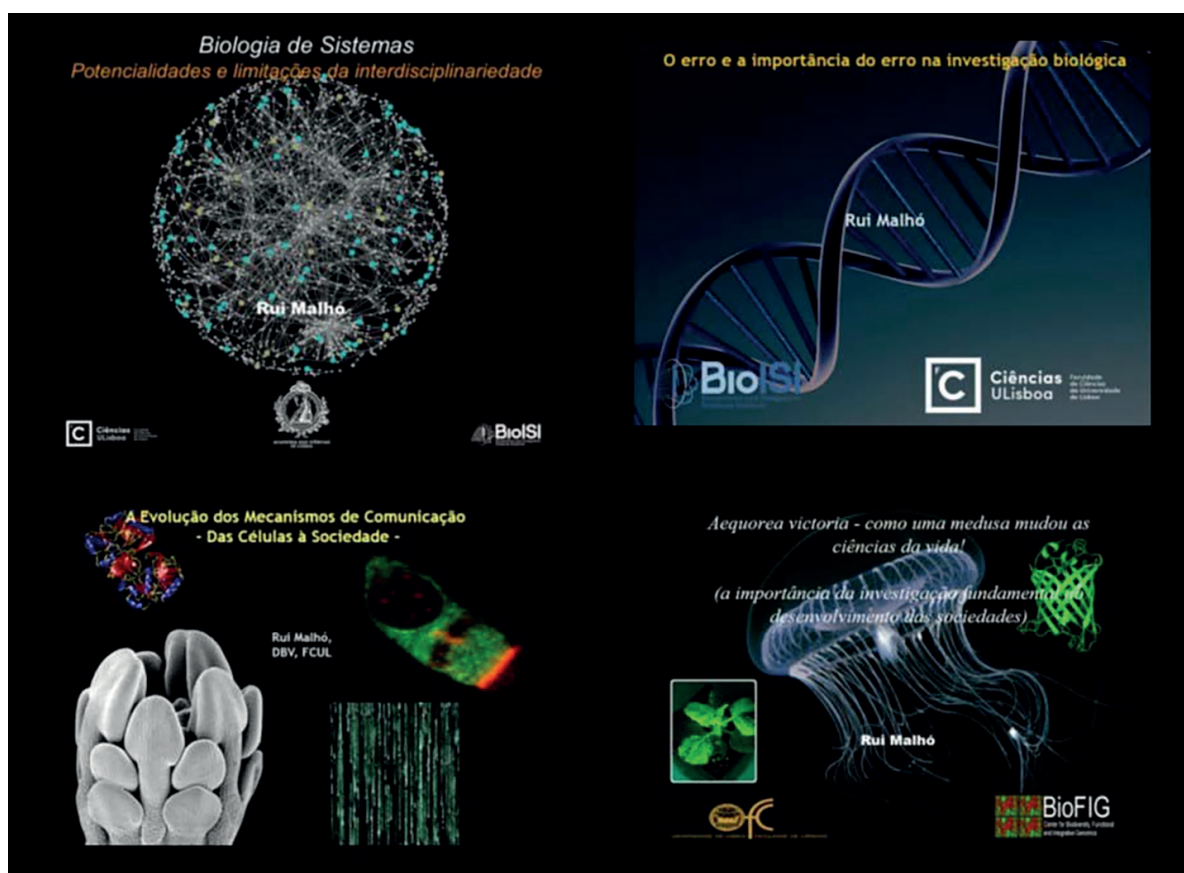
A elaboração desta apresentação surge na sequência de uma reflexão do autor sobre a área disciplinar da Genómica Funcional de Plantas, área da Biologia Vegetal, que envolve a caracterização funcional de genes, proteínas e metabolitos em plantas com vista à sua utilização em programas de melhoramento para uma agricultura sustentável e uma alimentação saudável. Quer do ponto de vista científico como tecnológico, é uma área onde a multidisciplinaridade é uma mais-valia o que, naturalmente, coloca tanto desafios como as potencialidades que alberga.

Os estudos de Genómica Funcional, que decorrem no grupo de investigação, são inerentemente de carácter fundamental mas o desenvolvimento científico e tecnológico tem sido de tal forma céleres que tem permitido análises com impacto diverso e o estabelecimento de protocolos de colaboração com a indústria, em particular na área da viticultura.

No âmbito desta apresentação e também considerando a comunicação anterior a esta Academia, escolheu-se como exemplo paradigmático, por estar próximo da sua área principal de investigação, as

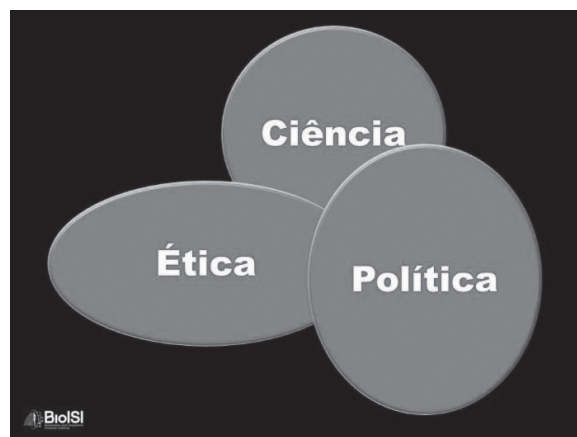
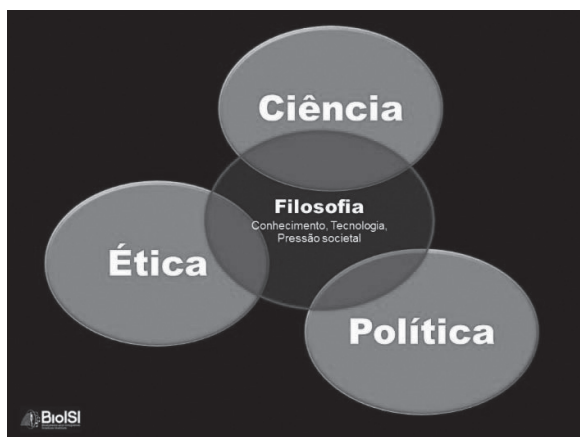
descobertas e aplicações associadas à resistência versus susceptibilidade de diferentes castas de videira (*Vitis vinifera*) ao fungo *Plasmopara viticola* (fungo responsável pela doença do míldio). Os resultados que se têm obtido nestas pesquisas e a forma como esses resultados influenciam o procedimento experimental subsequente foram também analisados na apresentação em termos de filosofia de evolução da Ciência e seus impactos sociais.

A palestra iniciou-se com a contextualização dos tópicos apresentados em comunicações anteriores e que são transversais no nosso trabalho científico. A saber: (1) A importância do conhecimento fundamental relativo ao funcionamento dos organismos, para que as eventuais aplicações desse conhecimento possam ter alicerces sólidos; (2) A importância do erro, da experimentação e validação pelos pares como base de qualquer ciência; (3) A importância da multi- e da interdisciplinaridade no desenvolvimento tecnológico e no avanço da Ciência; (4) A importância da relação Sociedade-Conhecimento no nosso desenvolvimento, nos nossos desafios, nos problemas que se criam e se resolvem.



Fotos ilustrando tópicos de anteriores comunicações à Academia

Estes tópicos mostram-nos que Ciência, Política e Ética são três substantivos que deveriam estar interligados por princípios filosóficos dinâmicos de acordo com os ditames de uma sociedade em constante alteração e pela evolução do conhecimento.



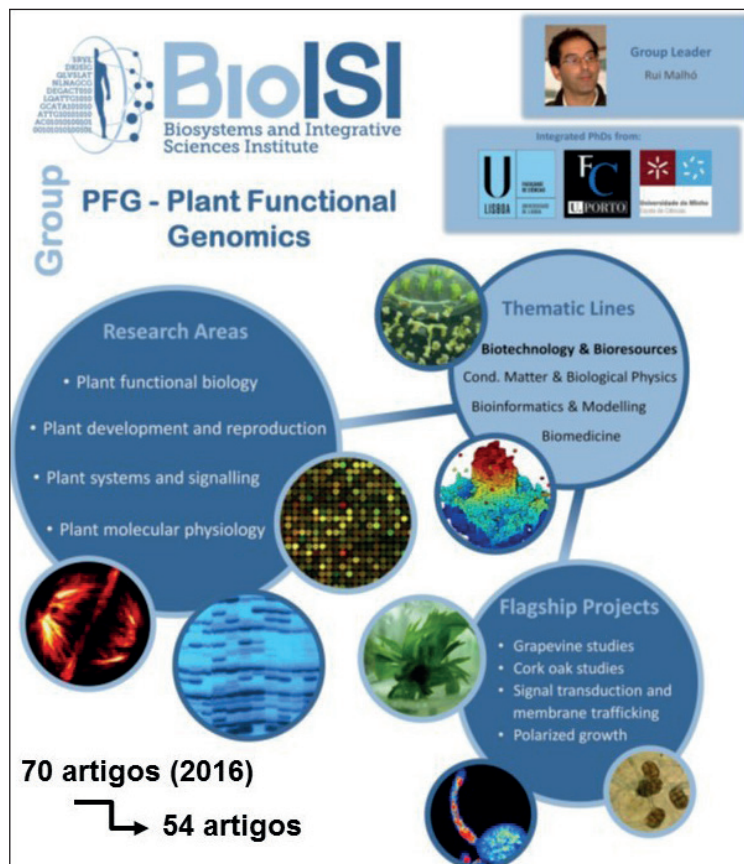
Ciência, Ética e Política – Interligação ou Sobreposição?

Contudo, temos assistido à sua efectiva sobreposição analisando-se dados científicos à luz de aspectos eticamente pouco debatidos e subjacentes a agendas políticas. Se nalguns casos esta sobreposição se tem revelado relativamente inócua, esse não é definitivamente o caso quando se aborda a manipulação genética de plantas ou de animais. Esta sobreposição não só tolda boas práticas como refreia a necessária e saudável discussão ética e a implementação de boas políticas globais. Com este contexto, tentou-se nesta comunicação abordar os aspectos científicos da Genómica Funcional de Plantas, dissociados mas interligados às questões éticas e políticas.



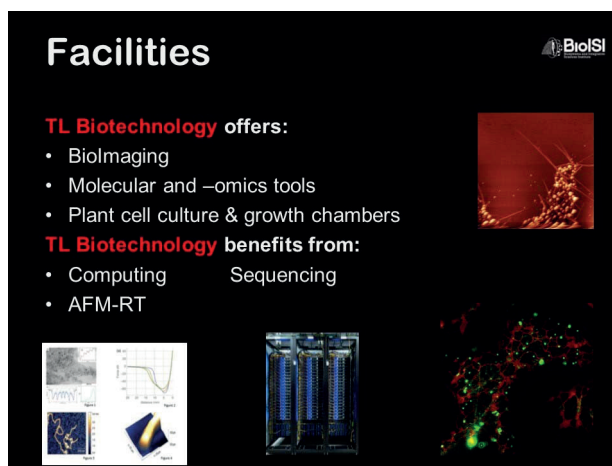
Ciência, Ética e Política – Aspectos relacionados com a Genómica Funcional de Plantas

Prosseguiu-se com uma breve resenha das actividades do grupo “Plant Functional Genomics” liderado pelo autor e integrado na unidade de investigação BioISI (Instituto de Biosistemas e Ciências Integrativas).



Grupo “Genómica Funcional de Plantas” do BioISI – Áreas de investigação e projectos emblemáticos

Reforçou-se a noção de que tal investigação só é actualmente pertinente numa óptica inter- e multidisciplinar, ancorada em desenvolvimento tecnológico e partilha de saberes.



“Genómica Funcional de Plantas” do BioISI – Laboratórios e tecnologias disponíveis

Foram de seguida apresentados alguns exemplos recentes da investigação que decorre no grupo, neste tópico da Genómica Funcional (que em 2016 representou cerca de 80% das nossas publicações em revistas internacionais com avaliação pelos pares).

Insights into molecular and metabolic events associated with fruit response to post-harvest fungal pathogens

<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00889>

Revisiting *Vitis vinifera* Subtilase Gene Family: A Possible Role in Grapevine Resistance against *Plasmopara viticola*

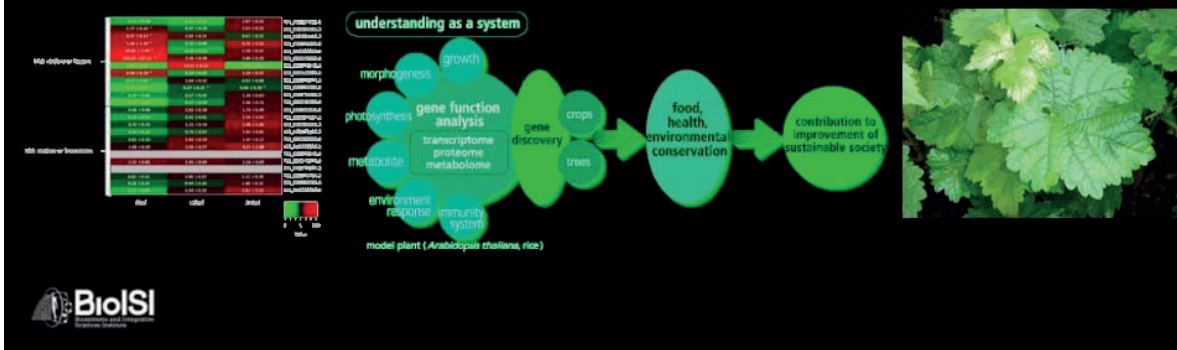
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01783>

Genomic reshuffling in advanced lines of hexaploid tritordeum.

DOI: 10.1007/s10722-016-0439-3

Effect of 24-epibrassinolide on ROS content, antioxidant system, lipid peroxidation and Ni uptake in *Solanum nigrum* L. under Ni stress

DOI: 10.1016/j.envexpbot.2015.09.010

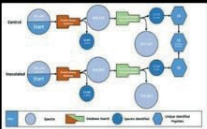


“Genómica Funcional de Plantas” do BioISI – Alguns exemplos de trabalhos recentes

Seguidamente e como acima mencionado, apresentou-se de forma mais detalhada o modelo biológico preferencial para ilustrar esta comunicação - a investigação em *Vitis vinifera* e os mecanismos de resistência/susceptibilidade à infecção por fungos patogénicos, nomeadamente *Plasmopara viticola*. Do ponto de vista biológico é um modelo interessante no estudo das relações hospedeiro-patógeno e da evolução dos mecanismos genéticos e celulares de resistência e adaptação. Do ponto de vista societal é também relevante considerando a importância económica da vinha e das perdas por infecção com o míldio. É conhecido que diferentes castas apresentam diferentes graus de resistência (ou susceptibilidade) a este fungo pelo que, a caracterização funcional deste processo (e.g. os genes e metabolitos envolvidos na resistência) tem uma relevância acrescida. Os estudos no grupo de investigação tem-se centrado na análise comparativa de duas castas, uma susceptível à infecção (Trincadeira) e outra resistente (Regent).

PROTEOGRAPE

“Grapevine shotgun proteomics as a tool for the characterization of downy mildew associated resistance traits and improvement of grapevine genome annotation”

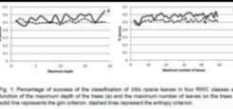
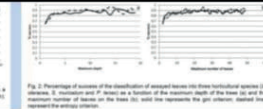
Proteogenomics search:

Preliminary results on the comparative analysis between inoculated and non-inoculated grapevine leaves allowed the identification of 349 differentially accumulated proteins mainly involved in photosynthesis, signalling and defense mechanisms. Almost 50% of the identified proteins were unnamed, uncharacterized or hypothetical *Vitis vinifera* proteins. Thus we have used a proteogenomics approach to improve database annotation. Preliminary results indicate that the analysis of our MS dataset allowed the identification of 29 novel peptides, which 15 are present in both conditions (non-inoculated and inoculated).

OPTIGRAPE

“Optical techniques for the automatic identification of fungal infection-resistant grapevine cultivars”



Preliminary results show a moderate success in the automatic identification of the closely related species *V. riparia* and *V. vinifera*. Automatic identification of water stressed *Vitis* plants was also only partly achieved. On the contrary, a high success was obtained in the automatic identification of less phylogenetically related horticultural species. We are now improving the plants growth conditions, optimizing the spectroscopic protocols and exploring new classification algorithms.

Proteogrape e Optigrape – Projectos em curso no grupo “Genómica Funcional de Plantas”

Em dois projectos em curso – *Proteogrape* e *Optigrape* – identificaram-se já genes diferencialmente expressos e acumulação de proteínas em resposta à infecção. A análise inclui estudos genómicos, transcriptómicos, proteómicos e metabolómicos de plantas das duas castas, em condições controlo e infectadas pelo fungo. Em ambos os casos seguiu-se o desenvolvimento da planta e o amadurecimento do fruto. Sendo que a maior parte dos genes estão envolvidos em respostas de sinalização e defesa (a reacção da planta à infecção), outros estão envolvidos em processos relacionados com a fotossíntese o que afecta directamente a produtividade¹. Muitas das proteínas encontradas não têm ainda

¹ Uma análise mais detalhada destes resultados foi apresentada anteriormente à Academia das Ciências de Lisboa na comunicação intitulada *Biologia de Sistemas: Potencialidades e limitações da interdisciplinaridade*. Em sùmula:

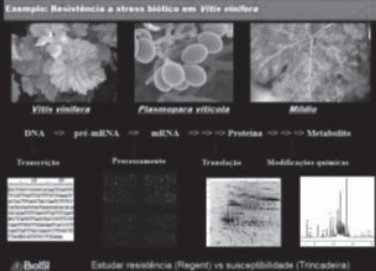
- a casta resistente apresenta um maior número de transcriptos (RNA) associados a genes de defesa e sinalização; em oposição, apresenta menor número de transcriptos associados a genes da fotossíntese.
- a casta resistente apresenta um maior número de metabolitos correlacionados com defesa e sinalização; em oposição, apresenta menor concentração de alguns açúcares.
- a casta resistente apresenta uma maior concentração de espécies reactivas de oxigénio (envolvidas em respostas a stress); em oposição, apresenta menor concentração de antioxidantes.

caracterização funcional o que atesta o longo caminho que há a percorrer para uma compreensão detalhada destes mecanismos.

Os dados apresentados na comunicação foram o mote para iniciar um outro tópico desta problemática: a questão da translação deste conhecimento fundamental em aplicabilidade.

Ciência básica vs aplicabilidade

- Identificação de genes de resistência (stress biótico e abiótico) e diversidade genética
- Produção de cultivares melhoradas (OGMs e/ou transgênicos)
- Caracterização funcional de fenótipos (análises fisiológicas, bioquímicas, etc)
- Cruzamento com variedades “elite” (backcrossing *)
- Estudos de campo /impacto ambiental



Exemplo: Resistência a stress biótico em *Vitis vinifera*

DNA → pré-mRNA → mRNA → Proteína → Metabolito

Transcrição → Processamento → Tradução → Modificações químicas

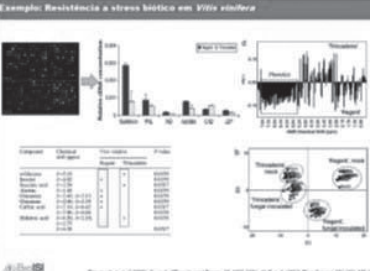
Estudar resistência (Regent) vs susceptibilidade (Trincadeira)



Logística aplicável: OGM

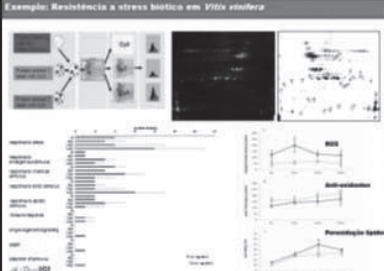
Conceito de OGM (Organismo Geneticamente Modificado) segundo a Diretiva 2001/18/CE da União Europeia...

Exemplos de OGMs: milho Bt, soja Roundup Ready, etc.



Exemplo: Resistência a stress biótico em *Vitis vinifera*

Gráfico de barras mostrando a percentagem de plantas resistentes e suscetíveis em diferentes condições de cultivo.



Exemplo: Resistência a stress biótico em *Vitis vinifera*

Diagrama de fluxo mostrando o processo de engenharia genética, desde o DNA até o metabolito.

* Backcrossing: crossing of a hybrid with one of its parents or an individual genetically similar to its parent, in order to achieve offspring with a genetic identity which is closer to that of the parent.

Aspectos metodológicos e regulamentação da translação dos dados da Genômica Funcional de Plantas para uma agricultura moderna e sustentável.

Foram assim apresentados alguns dos métodos actualmente utilizados na obtenção de cultivares melhorados estabelecendo-se uma distinção entre “transgénico” (organismo que recebe informação genética de outra espécie) e OGM (organismo geneticamente modificado com material genético alterado proveniente da mesma ou de outra espécie).

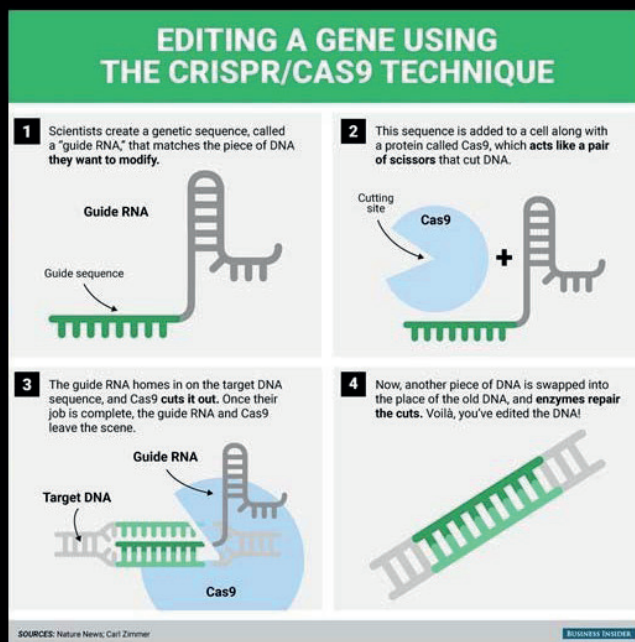
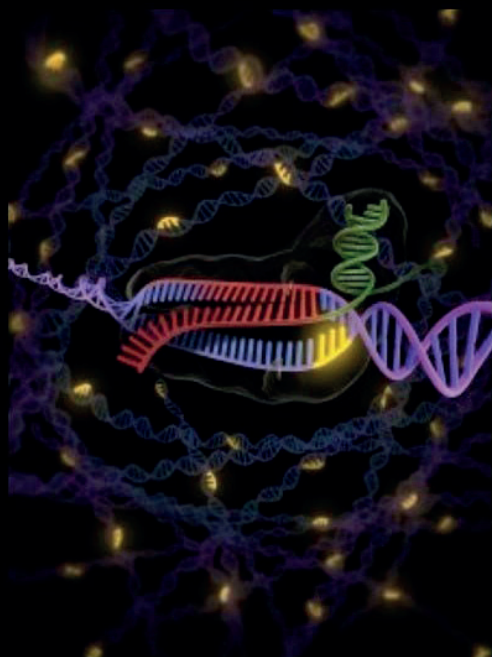
Foram também referidos métodos que precedem a introdução de OGMs na agricultura moderna tal como o cruzamento com variedades “elite” (aquelas cujas características já foram testadas e de qualidade reconhecida), os estudos de campo para apuramento de impacto ambiental e as moratórias para assegurar um princípio de precaução. Referiu-se a propósito a grande diversidade legislativa sobre a utilização de OGMs, nomeadamente na União Europeia o que em nada contribui para um esclarecimento informado da sociedade sobre os problemas e potencialidades da Biotecnologia Vegetal. Este é um caso paradigmático de como a sobreposição de aspectos políticos aos éticos e científicos pode atrasar

2012 Kevin M. Folta @kevinfolta	Hybrids (cross between two non-clonal plants)	Polyploids (whole genomes duplicated or added)	Mutation breeding (Chemical or radiation induced damage to DNA)	Crossing Species Barriers (interspecific crosses)	Transgenics (rDNA method to add a gene- "GMO")	Cisgenics (rDNA method to add a gene)
Examples in common foods	Almost everything	Strawberries, wheat, bananas, brassicas, others	Some bananas, pears, apples, rice, yams, mint, others	Pluots, tangelos, some apples, rice, wheat	Much corn, canola, soybeans, cotton, papaya	Coming soon.
Transfers genes from one species to another	Yes, sometimes	Yes, often	No	By definition	Yes	No
Occurs in nature	Yes	Yes	Yes, transposon movement, mutation from environment	Yes, rare, seldom fertile	Yes, Agrobacterium, other horiz. trans.	N/A
Human intervention	Yes, for crop improvement	Can be induced chemically to improve crops	Yes, to introduce variation for crop improvement	Yes, for crop improvement	Yes, for precision crop improvement	Yes, for precision crop improvement
Number of genes affected	10K to >300K, depending on species	10K to >800K	No way to assess	10-300K	1-3	1-3, usually 1
Know what genes moved or affected do	No	No	No	No	Yes	Yes
Know where affected genes are in genome	No	No	No	No	Yes	Yes
Plant patentable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Documented adversity	Yes	??	???	Yes	No	No
Environmental assessment	No	No	No	No	Yes	Will see.
Organic acceptable	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Time for new variety	5-30 years	>5 years	>5 years	5-30 years	<5 years	<5 years
Demanding label	No	No	No	No	Yes	Will see.

Métodos utilizados em melhoramento vegetal (@Kevin Folta, 2012)

Acresce a este facto que a introdução da técnica de edição de genomas com o auxílio do sistema enzimático CRISPR/CAS9 (*já abordado em comunicação anterior*) irá acelerar ainda mais o processo de melhoramento e reduzir a necessidade de introdução de elementos genómicos de outras espécies.

“Edição” de genoma com CRISPR (*)



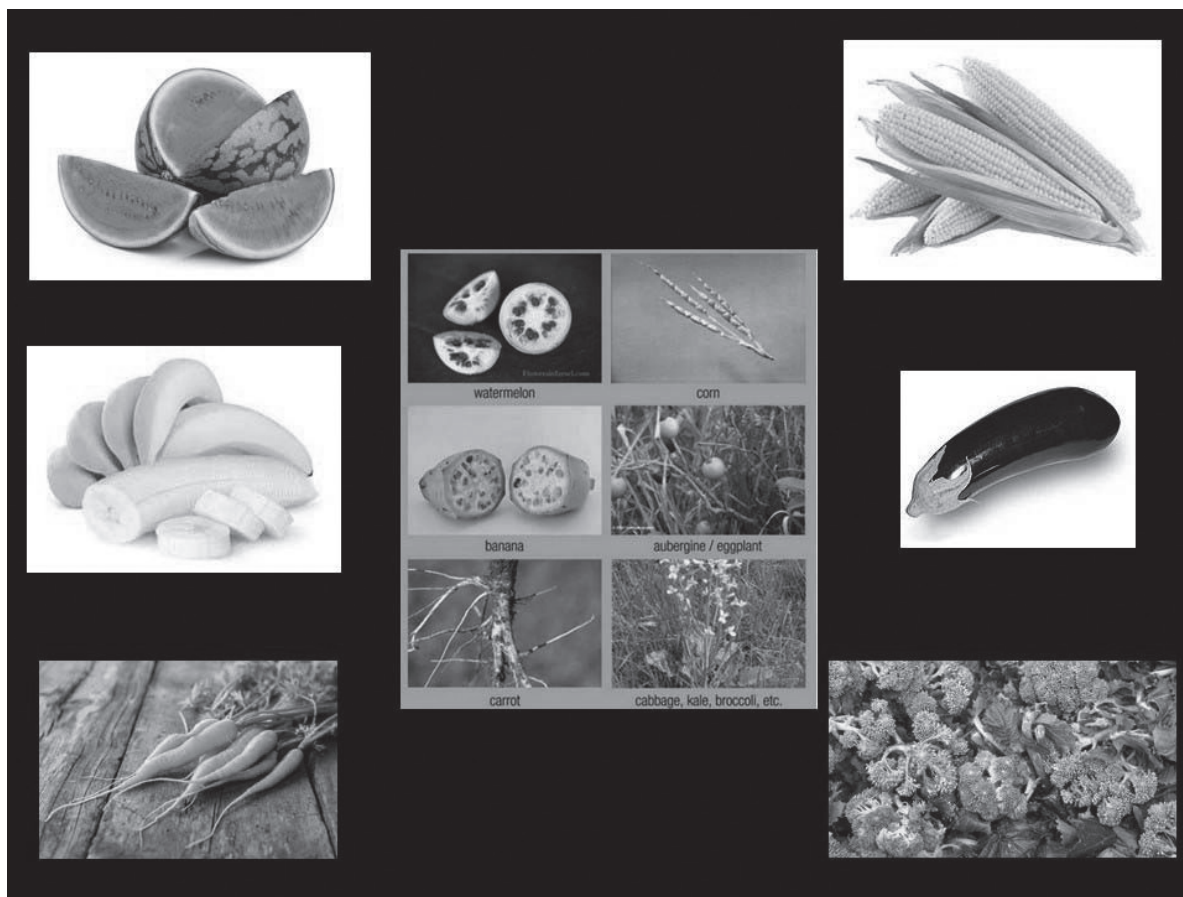
(*) *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*

Edição de genomas com CRISPR/CAS9 (<https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR>)

Efectivamente, esta técnica de edição não deixa “vestígios” genéticos do processamento efectuado, o que é cientificamente relevante mas levanta muitas questões éticas. Que implicações trará para a introdução de novos cultivares na natureza? Como controlar e regulamentar o seu uso? Quais os limites, se alguns, deveremos ter na edição de genes?

A comunicação terminou com alguns casos bem conhecidos de alteração dos fenótipos silvestres por uma selecção agrícola geneticamente “cega”, feita a partir de cruzamentos e com uma metodologia de selecção que privilegiou a dimensão e o aspecto mas que levou a uma perda de diversidade genética (parâmetro que o agricultor obviamente não controla). Esta perda de diversidade pode ter sérias consequências, não apenas a nível de biodiversidade mas também económicas. Um exemplo paradigmático – e para cuja reversão a Genómica Funcional de Plantas pode agora contribuir significativamente – é a perda de genes de resistência a doenças tornando as actuais variedades mais susceptíveis. Um outro exemplo, e com o qual muitos de nós se identificam, é a progressiva perda de sabor nas variedades de tomate comercialmente disponíveis. Utilizando técnicas modernas de Engenharia Genética, uma equipa internacional reintroduziu na planta do tomate vários genes presentes na planta silvestre, mas progressivamente perdidos nos processos de selecção sem contudo perder outras características entretanto melhoradas (como textura, dimensão, etc.).

Os produtos finais da expressão destes genes são metabolitos secundários que conferem sabor como flavonoides e terpenos mas que podem ter outras finalidades biológicas como ajuda na resistência a stresses bióticos (p. ex. infecções) ou abióticos (p. ex. seca). Este caso alerta-nos pois para a importância de preservarmos variedades silvestres, seja em reservas de biodiversidade, seja em bancos de sementes (germoplasma) como um complemento essencial para uma agricultura moderna, sustentável e segura.



Exemplos de alguns frutos e vegetais seleccionados pelo Homem nas práticas agrícolas convencionais



REPORT

PLANT SCIENCE

A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor

Denise Tieman,^{1,2,*} Guangtao Zhu,^{1,2,*} Marcio F. R. Resende Jr.,⁴ Tao Lin,^{1,2} Cuong Nguyen,² Dawn Bies,² Jose Luis Rambla,² Kristy Stephanie Ortiz Beltran,² Mark Taylor,² Bo Zhang,² Hiroaki Ikeda,² Zhongyuan Lin,² Josef Fisher,⁶ Itay Zemach,⁶ Antonio Monforte,² Dani Zamir,⁶ Antonio Granell,² Matias Kirst,⁷ Sanwen Huang,^{1,2,†} Harry Klee^{1,2,†}

Modern commercial tomato varieties are substantially less flavorful than heirloom varieties. To understand and ultimately correct this deficiency, we quantified flavor-associated chemicals in 398 modern, heirloom, and wild accessions. A subset of these accessions was evaluated in consumer panels, identifying the chemicals that made the most important contributions to flavor and consumer liking. We found that modern commercial varieties contain significantly lower amounts of many of these important flavor chemicals than older varieties. Whole-genome sequencing and a genome-wide association study permitted identification of genetic loci that affect most of the target flavor chemicals, including sugars, acids, and volatiles. Together, these results provide an understanding of the flavor deficiencies in modern commercial varieties and the information necessary for the recovery of good flavor through molecular breeding.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the NSF (grant IOS-0923312 to H.K.), the China National Key Research and Development Program for Crop Breeding (grant 2016YFD0100307 to S.H.), the Leading Talents of Guangdong Province Program (grant 00201515 to S.H.), the National Natural Science Foundation of China (grant 31601756 to G.Z.), the European Research Council (grant ERC-2011-AdG 294691 YIELD to D.Z.), and the European Commission Horizon 2020 program (TRADITOM grant 634561 to A.G. and D.Z.) This work was also supported by the Chinese Academy of Agricultural Science (ASTIP-CAAS) and the Shenzhen municipal and Dapeng district governments. We acknowledge the assistance of L. Kates in fieldwork and volatile, sugar, and acid quantification.

Re-introdução de metabolitos no tomate para retomar o sabor – Um exemplo de investigação internacional no tópic da Genómica Funcional para corrigir erros de melhoramento vegetal.

Genómica Funcional de Plantas
Um futuro arriscado para a nossa agricultura? Ou para nós?

Sim...se apostarmos na ignorânciá!



Obrigado
Rui Malhó

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 2 DE FEVEREIRO DE 2017)

Realidade & Mito

(O Baixo Mondego)

A. FERREIRA SOARES

*O último artifício para a reiteração do efeito e para sua imposição segura
é o prolongamento obsessivo das cenas
(in Umberto Eco, 2016)*

I

Permitam-me Vs. Exas que, ao cumprimentá-los, saúde esta tão douta e prestigiada *Academia das Ciências de Lisboa* e nela todos os Amigos e Colegas cujos saberes são para mim refúgio de constante e deleitosa aprendizagem. Todos somos discípulos de todos ao entendermos os discursos ditados por cada um em sua arte. A razão chega-nos com a crítica valorizável, tenha ela a contendência que se fizer. Atrevo-me a pedir a vossa paciência para, logo ao abrir, citar K. Popper: *A certeza raramente é objetiva: geralmente não passa de um forte sentimento de confiança, de convicção, embora baseado em conhecimento insuficiente* (1999, p.87), ficando cada um com a tarefa de descobrir o suficiente. E se das certezas que ganhei, nos oitenta e um anos que levo, alguma coisa guardo, é o gozo apetecido das amizades conciliadoras, das falas que foram de amigos e o repúdio de maldizentes desentendimentos, invejas e maliciosas pregações. Por aqui o discurso sempre recolhe a descontinuidade que levanta, não a dúvida, mas a indiferença pelo ditado. Mas tudo se faz de necessário para que a vida ganhe o significado de ter sido realmente vivida. Todos caminhamos aprendendo o valor da palavra e do gesto, sem esquecermos que de tudo que foi inventado, o zero é o mais elegante pois, e a um tempo, pode ser tudo e nada. E, no vagar das ideias, chego a Umberto Eco, tão na moda pelos escaparates livreiros: *o último artifício para a reiteração do efeito e para a sua imposição segura é o prolongamento obsessivo das cenas* (2016, p. 64).

Sem disso dar conta chega-me Otelo de Shakespeare a levantar o véu do ciúme: *Como, confesso, é praga da minha natureza/espíar abusos, e muitas vezes o meu ciúme/desenha culpas que não o são (...)* (Act. III, c. 1, in W. Shakespeare, 2016, p. 51). Mas deixemos a justeza dos julgamentos a quem se faz de juiz – eu apenas quis ser geólogo e marinhar, no tempo que tinha, à procura das *mudanças sucessivas que têm lugar nos reino orgânico e inorgânico da natureza; ... sobre as causas destas mudanças e da influência que exercem na modificação da superfície e estrutura externa do nosso planeta* (Ch. Lyell, 1830/33; ed. 1997, p. 5). Tudo assim se faz como história desta “gaiola d’ouro” e cada um a moirer esquecerido do inexorável fim.

Sem laivos de inveja sinto ter a “minha” geologia ganho um bafo de velho a ressaltar das minhas verdades, todas as que tive por verdadeiras. De Orlando Ribeiro, mestre que foi em suas artes, recordo: *A Ciência é, como a Arte, um ornamento do espírito humano, uma flor da civilização* (1970, p. 48). Mas as

verdades, na afirmação do que é logicamente verdadeiro, não desaparecem, fazem-se esquecidas, sem com isso ganharem qualquer significado de contingência.

II

Talvez, por insistida dialética, todos conhecemos de Fernando Pessoa, ser a língua a nossa pátria (*Compõe na língua, não na página*; L. Ferlinghetti; 2016, p. 23). Creio que assim será, enquanto for veículo para uma conveniente vontade de afirmação. Eu, da minha língua, guardo sementes de afetos que fabricaram a minha pátria singular. Com o resto, o que pela língua adicionei, enchi um saco de tristezas. Talvez daqui a razão por que, de mais pronto, me achego ao que em mim se fez ao ler Vergílio Ferreira: *Entender a linguagem afixada de um destino comum entre mar e céu* (2013, 266, p. 155).

A minha pátria inscreve-se em muitas nações, mas começou numa terra que se geografoou entre dois mares e que hoje é doutro país que não o meu, com outros símbolos que não os meus e as mesmas gentes que sempre nela estiveram ... *Neste rio a água está por baixo da areia e os animais vêm pela noite, escavam a areia com os cascos pontiagudos, a água brota e eles bebem* (Hemingway, 2003, p. 131).

Orlando Ribeiro, com o seu modo singular de olhar, deixou-nos *A colonização de Angola e o seu fracasso* (1981), a dimensionar uma inevitabilidade com séculos. Eu, que não sou da nação daquela terra onde nasci, vejo a face envergonhada da vida de desbeirados que, numa conveniência, foram rotulados de retornados, como se, em cada um houvesse ficado o bilhete de ida e volta. Por vezes guardo impertinências que ressaltam de grafitis que sujam paredes. Numa parede suja de Braga escreveram: *Um povo vencido jamais será unido* (!...) Acusação (?...); despropositado propósito? Mas aqui, tal como estou e me apresento a V. Exas, sou, assim o penso, uma visita encalhada que sempre procurou passar despercebida: *Na minha pátria há um monte / Na minha pátria há um rio / ...* (de Pablo Neruda; *O monte e o rio*; 1998). Eis a razão porque quis fazer-me geólogo, estendendo festões de palavras por romarias de ideias que pretendi transparentes.

III

Foi há pouco mais de sessenta e sete anos que comecei a conhecer Coimbra. Abria Setembro; domingo quente; cheirava-se o início das aulas. Tudo era novo; dura novidade que me empurrava para o areal soalheiro do Mondego (do *Munda*, *Mondecus*, ou tão só *Mundinho*, em J. Alarcão, 2008). Depois vim a saber ser ele rio único em todos os universos, rio de areia com margens de água. Com esses passeios apagavam-se sonhos e serenavam-me as revoltas que em mim cresciam pelas teceduras dum regresso impossibilitado. Hoje o rio é outro, sempre o quiseram diferente e, à *Revolução do milho* (a maçaroca) dos anos quinhentos, sucedeu a do arroz que hoje ainda preenche leirões dos campos e das valas (J. Cortesão, 1987).

O Mondego não é rio de Coimbra, esta é que se fez cidade do Rio, no lugar do salto mais fácil duma para outra margem. A nascente os degraus que se fazem serras; a poente os campos com os seus pauis e, no esbatido azulado do horizonte, o dorso de baleia que se fez serra da Boa Viagem, a romper mar adentro. Em Coimbra, como em todas as cidades e lugares feitos pela vontade de povos, estratificou-se história, recordações doutros tempos, doutras civilizações: ao derrubarem-se *edifícios para erguer novas construções e, incrustadas no solo e nas muralhas demolidas ou sepultos sob os pavimentos levantados,*

descobrem-se substratos de palácios e lápides funerárias dos romanos, capitéis de templos visigóticos, arcos moçárabes, portais românicos, arcadas manuelinas ... (J. Cortesão, *ob. cit.*, p.140).

Mas nada de mais elegante aqui se constrói que não as curvas (meandros encaixados) do Mondego, do Ceira e do Corvo a cortarem o varisco elevado do *Maciço Marginal de Coimbra* (Biot, 1949; Daveau, 1985). É Gaia (*Geia* se assim a chamarem) que por ali anda em luxuriosos requebros com *Úrano* seu par e sob o insolente olhar do seu filho *Cronos*, o de tortuosos pensamentos (Hesíodo, *in* R. Ferreira, 2008). E nós, neste acomodado jeito, criaturas dum Prometeu oleiro, afadigamo-nos por razões que conformem tão telúricas paisagens (Fig. 1- A/B).

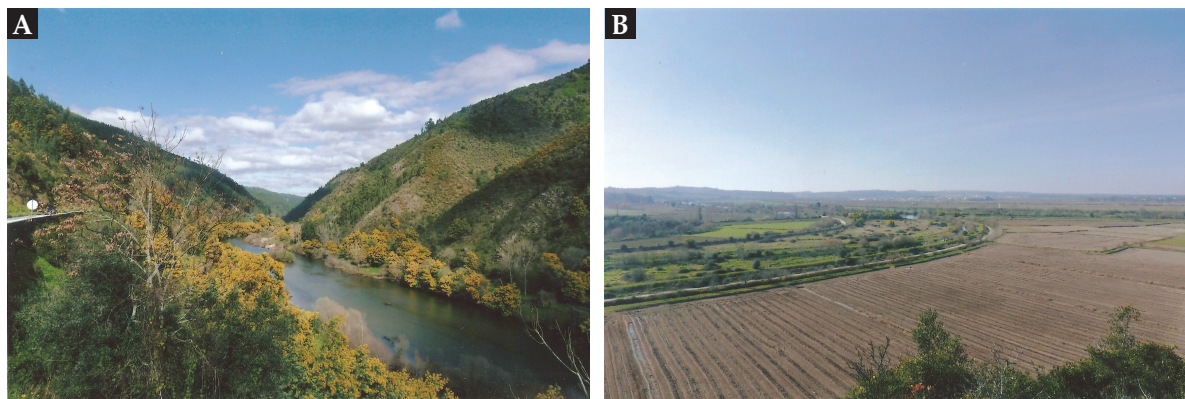


Figura 1.

O vale do Rio Mondego (A- A montante da Foz do Caneiro; B- O campo da Ereira olhado de Santa Eulália ou Olaia).

O Mondego parido no *Maciço Central* de mãe granítica faz-se grande afeiçoando um sistema polifásico de expressão exorreica. E o Rio toma conta, senhor que se julga, de todo o espaço da sua “plataforma”, do planalto que desce para SW no modo da estrutura do substrato que o suporta (Fig. 2). E daqui abrem-se possibilidades a mondegos a ditarem uma hierarquização onde a transitoriedade se faz realidade perceptível, como narrativa não verificável por definição (*pseudociência*). O Dão ter sido um mondego que, afeito à falha de Penacova, se casou com outro que, para SW, corria saído da curva larga de Celorico, da avizinhada Nave.

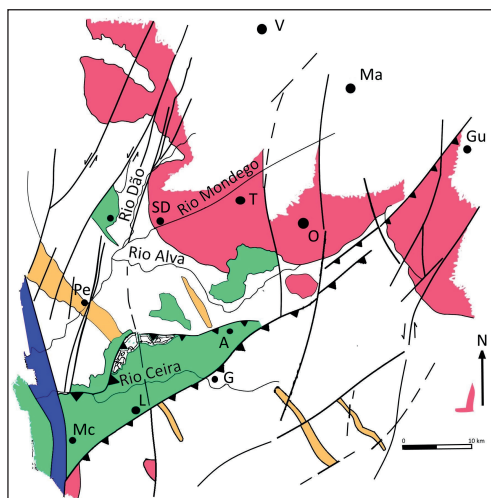


Figura 2.

Os espaços do “planalto” do Mondego na região do Espinhal-Coja-Caramulo (simplificado de Sequeira, *et al.*, 1997, fig.2). V-Viseu; Ma-Mangualde; Gu-Guarda; SD-Santa Comba Dão; Mo-Mortágua; T-Tábua; O-Oliveira do hospital; A-Arganil; g-Góis; L-Lousã; MC-Miranda do Corvo; Pe-Penacova. Cores: vermelho-granitóides; verde-depósitos meso-cenozóicos; azul-unidades do Complexo Cristalofílico Pê superior-Devónico/Carbónico; branco-unidades xisto-grauváquicas; castanho-unidades paleozóicas.

O Mondego que, afluente do Ceira foi, por alturas onde hoje se geometriza a Rebordosa, agarrada por um “ímpetuoso” (?) proto-Mondego que cortava o *Maciço Marginal* seguindo, talvez ainda assim o seja, um acidente que desequilibra a *superfície culminante da Aveleira-Carvalho* (Fig. 3). Finalmente e neste embalar, um Corvo que sendo do Ceira, se fez dono do Dueça que era do Nabão para o Tejo. E se o Corvo só a montante de Miranda se faz Dueça, também o Alva, de aconchegados meandros, só a jusante da Ponte das Três Entradas se faz rio.

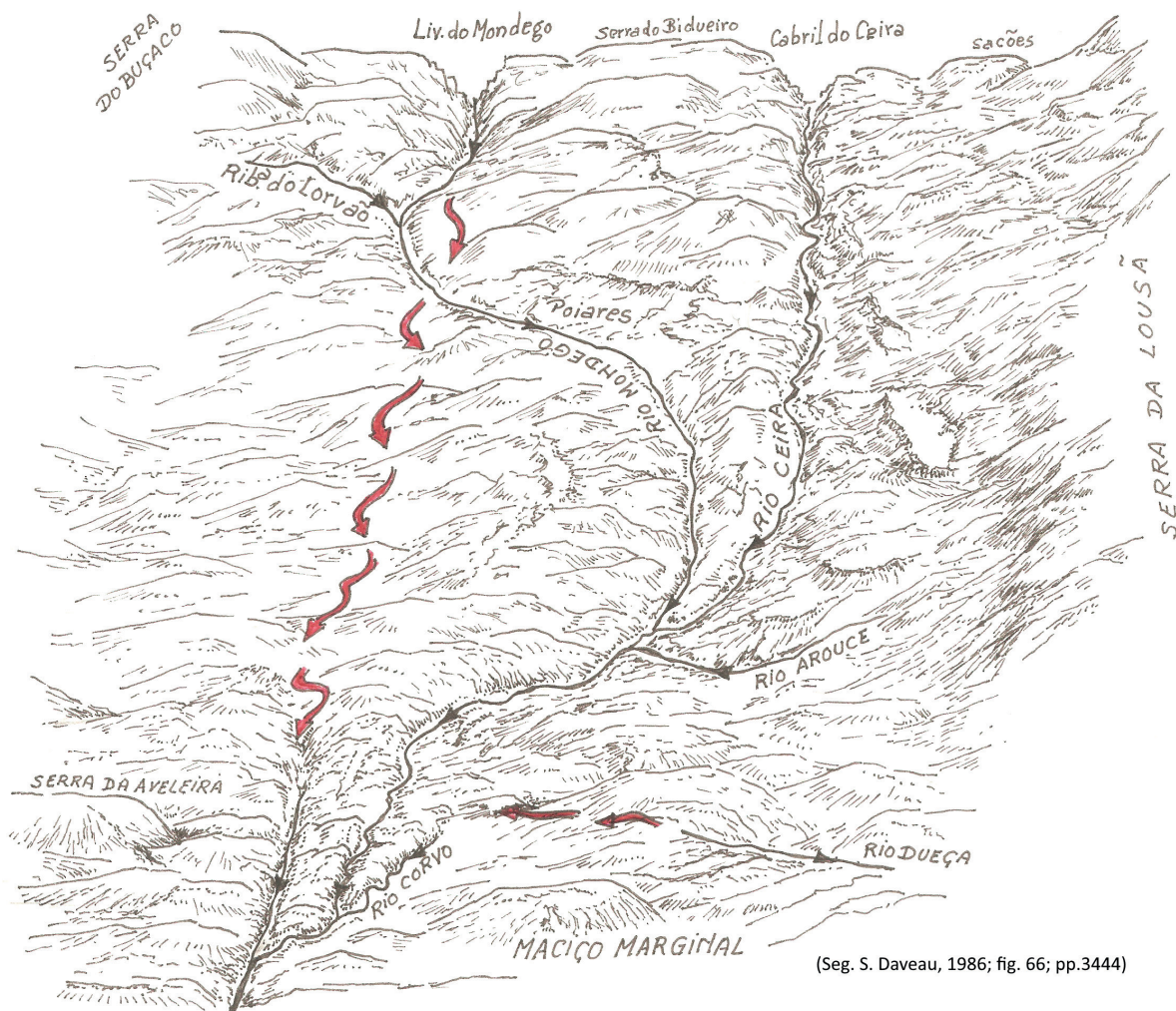


Figura 3.

A construção do mito: O Mondego afluente do Ceira (cf. Daveau, 1985/86, p. 344).

Mas isto são linhas que entendemos ao recapitular o todo que temos por apreendido em cada passo onde as ideias encontraram força de afirmação. Foi B. Ferreira que, para o “Norte da Beira”, nos afirmou ... as mais antigas superfícies de erosão não deixam em saliência mais do que relevos pouco extensos, constituídos por rochas siliciosas particularmente duras, quase sempre de natureza quartzítica. Só a mais recente fase de aplanamento, que talvez date do Pliocénico superior ou do Quaternário antigo, contribui de modo decisivo para evidenciar as durezas diferentes entre as duas principais categorias de rochas do maciço antigo: granitos e xistos

(1980, pp. 59/60). Outro tanto se tem demonstrado para o espaço da hierarquização do Mondego – mais do que o contraste lítico é a estrutura que comanda a fisionomia do relevo e nos conduz a olhar a *orientação local da rede de fraturas a condicionar o traçado dos meandros* (S. Daveau, 1986, pp. 365/66).

E neste embrulhar de razões não abandonamos possibilidades de juízos em modelos como o da *etchplanação*, da dupla aplanção de Budel (1973), ou tão só duma *exumação* simples, sobretudo no contraste de relevos ligados às cristas quartzíticas (Fig. 4). Também não podemos abandonar sobretudo no amadurecimento do tempo, o julgamento das aplicações do modelo *bio-rexistásico* de Erhart (1956). Todos guardam possibilidades que se constituem, aqui e ali, no correr de erudições, como razões de realidades – *Um dos grandes problemas de interpretação probabilista não dá sentido à distinção entre passado e futuro* (Prigogini & Stengers, 1988, p.106). E por aqui adivinhamos os campos por onde se espalham incapacidades ou míticas capacidades de elevação racional, dando ao mito sentido de narrativa para explicação duma realidade em toda a sua complexidade (não vamos julgar o *geomito* que tem ganho razões para história da geologia e, de entre os quais sobressaiam o da Atlântida e o do Dilúvio, talvez arrançados duma única razão).



Figura 4.

A brecha gliptogénica no encosto dos quartzitos armoricanos (pedogenização ferralítica); Serra da Atalhada.

Na fisiografia do *Maciço Marginal de Coimbra*, como bem demonstrou S. Daveau (*ob. cit.*), ressalta o *nível* (superfície) da *Serra da Vila*. Ela aparece no comando dum intervalo tido como do final do Pliocénico, início do Quaternário; do Vilafranquiano como foi hábito apontar. Discutível no acerto das leituras, a verdade é que, por ela, tem sido marcado um sentido de mudança, sobretudo para norte da ribeira do Resmungão, pelo sopé ocidental da Serra do Buçaco onde rechãs, que se conjugam num declinar para quadrantes ocidentais, guardam antigas rañas e depósitos de antigos litorais (S. Daveau, *ob. cit.*;

pp. 295/306, fig. 53; Dinis, P. A., 2004; Dinis, P.A. & Soares, A. F., 2007). E foi por aqui que passou a hipótese de Nery Delgado (1895/98) dos *blocos erráticos* que, tomados por enxurradas que desciam de frentes glaciares a oriente, se espalharam pela *Orla*. Teixeira (1954) retoma o tema e chamou-lhes de *pseudo-erráticos*, sem que daí surgisse outra novidade que não o de apagar qualquer hipótese de glaciário mais para ocidente da Serra da Estrela e deitar a possibilidade de autoctonia para alguns dos blocos espalhados entre o Mondego e o Vouga (Soares, A. F.; 1966). A caracterização dos *Conglomerados de Gordos*, suporte parcial das *Areias de Arazêde* (Soares *ob. cit.*) e a análise mais cuidada de Dinis (2004), ao considerar estas unidades em equivalência com as *Areias e Conglomerados de Carqueijo*, levanta-nos a hipótese de identidade da sua *Plataforma de Carqueijo* na orla litoral, com a *Superfície da Serra da Vila* desenhada no *Maciço Antigo*.

*

Chegado aqui, em *meu barco de bimba!* / *Dos meus sonhos de menino:* / ... (Carlos Gouveia, 1972), assaltam-me lembranças de amizades e ensinamentos de indesejadas imagens que de mim não sairão: a do Cónego Manuel Póvoa dos Reis; a dos professores Alfredo Fernandes Martins, José Custódio de Moraes, Gaspar Soares de Carvalho e J. Manuel Faria. Outros foram mestres e amigos, companheiros de andanças, inventores e refazedores de ideias. E, se dos primeiros guardo os olhos que me emprestaram, destes, do Júlio Fonseca Marques, do Lúcio Cunha, do Portugal Ferreira, do Rogério Rocha, do António Sequeira e tantos outros que da memória teimam em não sair, guardo lembranças de conversas por caminhos onde a imaginação nos empurrava. E não vou esquecer que o ser humano tem, provavelmente, tanta necessidade de sonho como de realidade (F. Jacob, 1985, p. 137). Se a Geografia é um todo onde a Geologia chega a ganhar excelência, esta, a Geologia, aprendeu a andar apoiada na leitura das paisagens, nas razões dos geógrafos. E neste vagar, chamam-me a repetir uma ideia de O. Ribeiro, por onde, no seu jeito, se levanta ironia: *É provável que as construções megalíticas ascendam a um passado comunitário por toda a parte batido pelo individualismo dos nossos dias* (1961, p. 41). E tudo assim se tem feito neste País aberto ao ar do Atlântico e ao bálsamo do Mediterrâneo onde, a uma *civilização do granito* se encosta outra do *barro* (O. Ribeiro, *ob. cit.*, p. 30).

Ao voltar às ideias sobre o *nível da Serra da Vila* (definida, para sul do Mondego, a partir dos 300 m de altitude), não posso abandonar outras que se fazem pelo julgamento da(s) superfície(s) culminante(s), sobretudo quando deparamos com acidentes a levantarem possibilidades de razões de inconvergência. *Todo o problema supõe dados. Os dados são o que não é o problema ... para que o pensamento actue tem de haver um problema diante de nós e para que haja um problema tem de haver dados* (Ortega Y Gasset, 2016, pp. 102/03). É certo, mas sempre andaré pelo “senso comum” que a *grande luta do intelectual que envelheceu é aguentar-se vivo, mas em recato, naquilo por que foi vivo*. Mas é uma luta inglória, acrescentamos nós o que se lê em Vergílio Ferreira (*ob. cit.*, p. 123).

Para entendermos a fisionomia do Baixo Mondego, a sua realidade geomorfológica tal como a construímos, temos, por exigência ao procedimento científico, de mergulhar num todo donde ninguém excluirá a Geologia do seu espaço, o idear dum seu geossistema. A forma que faz viver a paisagem guarda razões onde, pela continência dum espaço, se conjugam processos e o tempo neles implícitos. Esta a dimensão geostórica, o caminho para as paleogeografias. Do mapa da Fig. 5 (*in* Campar *et al.*, 1990) assaltam-nos projecções de contrastes levantados pelas naturezas das unidades aflorantes e pelas fracturações que as afrontam. A nascente e como temos referido está a rede do encosto com o Maciço ante-Mesozoico; ou seja, o domínio tectoestratigráfico (= tectonoestratigráfico) da Zona de Ossa Morena

(Pereira, 1987; Chaminé *et al.* 2000; 2013) e cujo significado geomorfológico tem vindo a ganhar nova feição com, e entre outros, os estudos de Araújo *et al.* (2003 e Teixeira *et al.* 2005). Mas, seja como for, quando referimos o nível da Serra da Vila, este só ganha dimensão na minuciosa análise S. Daveau (1972; 1976; 1985/86), seguida, de perto pela de Dinis (2004). O significado da(s) superfície(s) culminante(s) no Maciço Marginal surge no confronto da Serra da Aveleira – Roxo (535 ± 15 m) da margem direita do Mondego, com a da Serra do Carvalho (450 ± 30 m) da margem esquerda. Caso se trate de retalhos equivalentes, como olhar o desencontro, com 70 a 90 m?

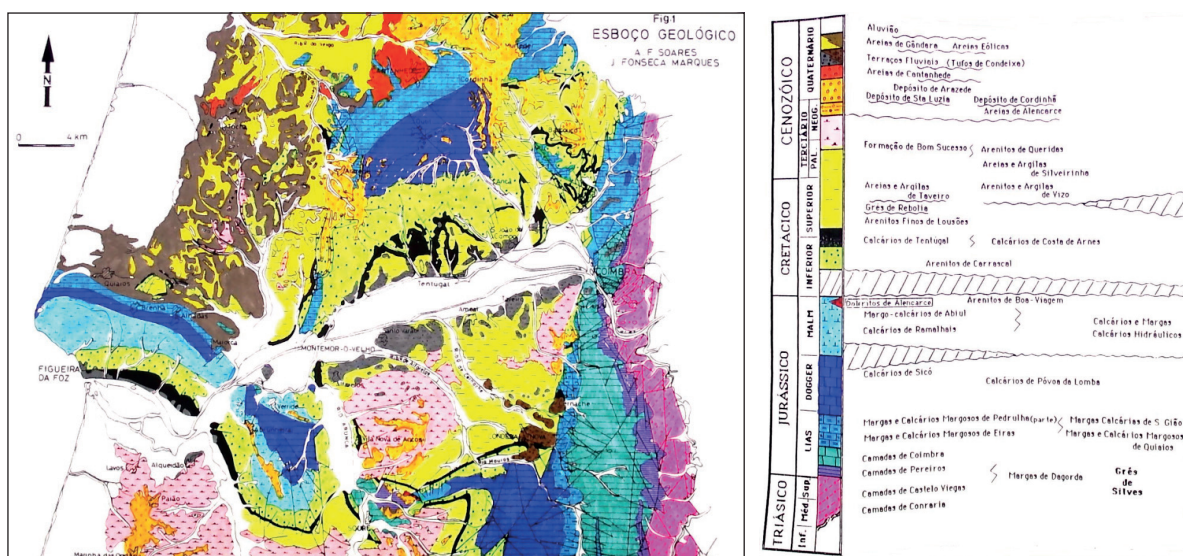


Figura 5.

Mapa geológico do Baixo Mondego (in Almeida, A.C. et al., 1989).

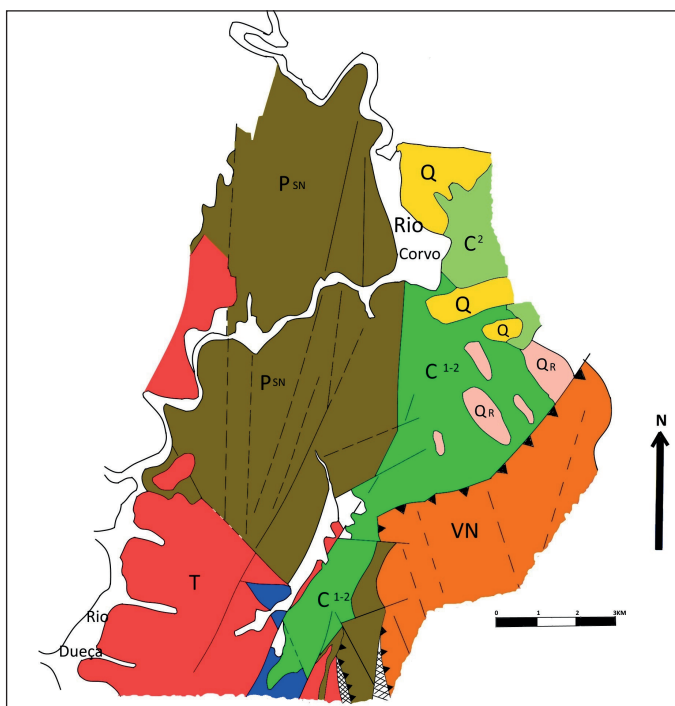
O desconhecimento do arranjo estrutural e a possibilidade de extensão para as serras calcareas do Rabaçal (332 m), Monte de Vez (512 m), Sicó (639 m) e Alvaiazere (618 m), conduz-nos a julgar não só o significado da “abertura” do Rio na Portela (fig. 6) como complexidade do *horst* do Maciço Marginal, aqui exemplificado pela depressão da Tola onde se instalou o Dueça (Fig. 7).



Figura 6.

O rio Mondego na Portela. O perfil da Serra da Aveleira-Roxo.

Figura 7.
A “Depressão da Tola (seg. Mapa Geológico folha 19D; Coimbra-Lousã; 2005). PSN – Proterozoico superior, série negra; jVN – Granito de Vila Nova; T-Grupo de Silves (Triásico-Hetangiano); J-Liásico; C1-2 – Form. de Lomba de Alveite; C2- Form. de Buçaco; QR – Conglomerado de Roçaio; Q – Conglomerado de Lousã-Serpins; Q – Quartzitos.



Penso chegado um tempo de proclamar de Umberto Eco a ideia de que o *romance histórico é filho duma poética bastante consciente de si própria e questiona-se continuamente sobre a sua estrutura e a sua função* (ob. cit., p. 74). Tudo se modifica, a ruralidade ganha outras formas, nem novas nem velhas, apenas outras razões que nós procuramos para os nossos quadros paleogeográficos, ideias onde se perfilam, no arranjo dum romance histórico, imagens do humano. E aqui não resistimos, não tanto pelo lirismo, mais pela força que deu à ideia, F. Martins: *O casal é anfíbio: ele embarcado, ela em terra; o barco conhecido pelo nome dele, a casa com a firma dela* (1940; p. 113).

Como tem sido nossa opinião, a homologia da fácies conduz-nos à possibilidade dum rearranjo tecto-sedimentar da Etapa VIII (Tortoniano superior – Pliocénico) de Cunha (Soares, 1993) e consequente afirmação da descontinuidade com que Dinis (2004) individualizou os dois ciclos da sua *Formação de Aguada*. Não olvidamos que, por aqui, escorrem interpretações tanto dum Calabriano, como dum Vilafranquiano em Portugal (Carvalho, 1949, 1950, 1951; Teixeira, 1979; Teixeira & Zbyszewski; 1951, 1954; Zbyszewski; 1949, 1958).

Voltando à Aveleira-Roxo que, declinando para sul, para o Mondego, também o faz para noroeste pela Fontinheira e Serra Grande (436 ± 20 m), desenhando um largo arco aberto para poente, entre o Rio a sul e a ribeira do Resmungão a norte. Constitui-se assim o patamar elevado da escadaria que formata aqui o *horst* do *Maciço Marginal de Coimbra*. Só na Serra do Carvalho, saltado que foi o Mondego para sul, vamos encontrar, ligado a elevação que desce dos 336 m, no cruzamento da estrada que, da cumeada serve S. Frutuoso, depósitos de vertente polifásicos e dirigidos para o valeiro do Salgueirinho (Fig. 8). Eles ligam-se a um sistema de falhas que para o lado do Mondego, condicionam rochas básicas a conjugarem-se na antiga mina do Zorro.

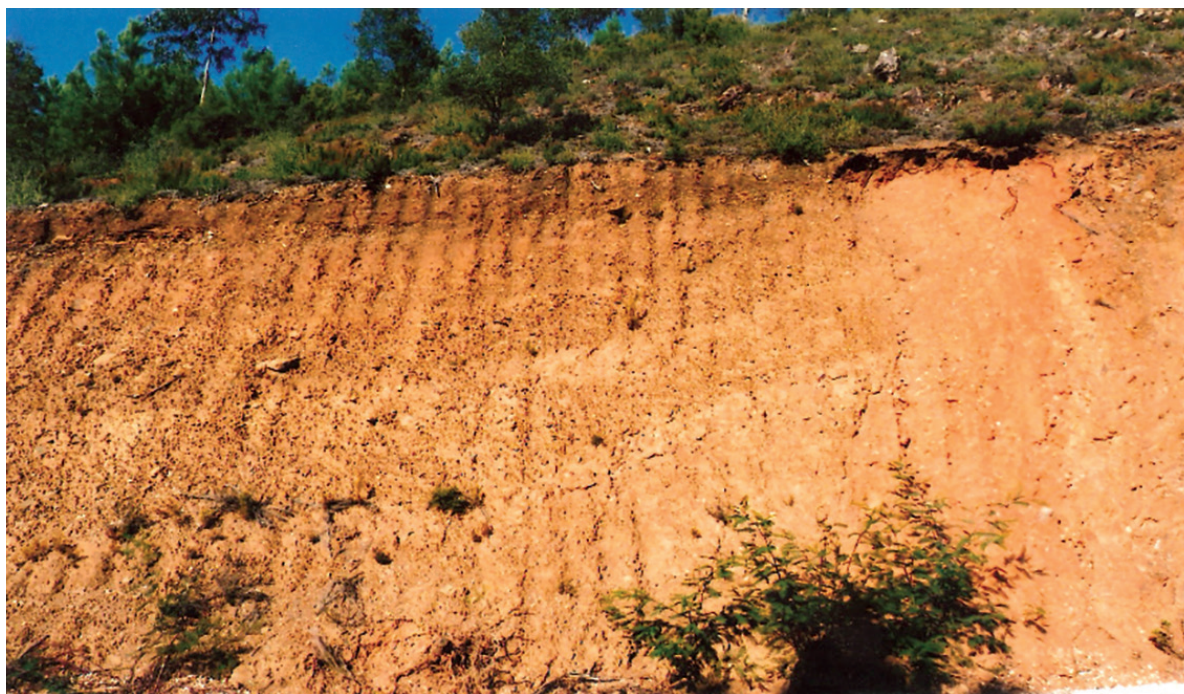


Figura 8.
O “depósito” da Serra da Vila (?) – estrada do Carvalho para S. Frutuoso.

Para ocidente do arco da Aveleira nada doutro se vê que valeiros alargados com milhais e algumas hortas e interflúvios arredondados a separá-los. Depois, quando tudo passa a pinhal, deparamos com pequenas rechãs nuas no degrau do Dianteiro-Carapineira (290-320 m), estendido ao Luzouro, Cova do Ouro e Rocha Velha, já mais baixos, na ronda dos 235-250 m. Mas aqui já tropeçamos em retalhos de depósitos peliculares (tapetes de calhaus) que se continuam para a margem direita do Resmungão, pela Mata do Maxial (230 ± 40 m) e Bostelim-Canavial (228-220 m). Na lógica de alguns geógrafos, este é o degrau por onde se figura, passado que foi o *corredor da Figueira do Lorvão*, o nível da Serra da Vila a norte do Mondego. E, como tudo parece apontar, se figurou uma efetiva drenagem para ocidente, sob comando de uma paleogeografia donde se evidenciou a rutura a norte da superfície culminante do Buçaco (cf. modelo de Daveau, *ob. cit.*, fig. 49, p. 298). Então não julgamos despiciendo, pois caminha na mesma ideia o quadro dos escoamentos (torrenciais?) aventados na proposição de Dinis (2004, fig. 7.1, p. 224). E é por aqui que se perfilam depósitos que Dinis liga ao segundo ciclo deposicional da sua formação de Aguada (*ob. cit.*, p. 323).

Contudo, bom será ter presente, não ser com o Dianteiro-Espinhaço do Cão que se fecha o horizonte serrano de Coimbra (Fig. 9). Este vem ao perímetro urbano, quase ao limite do soco varisco com o Mesozoico. São cabeços, interflúvios algo arredondados que vão descaindo de cotas próximas dos 200 m, para outras no intervalo dos 150 ± 20 m. Estão ali, no primeiro plano do anfiteatro e a conservarem restos de depósitos heterométricos, polimíticos e a apontarem, localmente, decréscimos granulométricos para poente. Destes, a norte do Rio, destacamos os do Alto dos Cinco Reis (125 ± 140 m), Alto do Balanço (124-130 m) e, sobretudo, o tão referido do Logo de Deus (134-150 m).

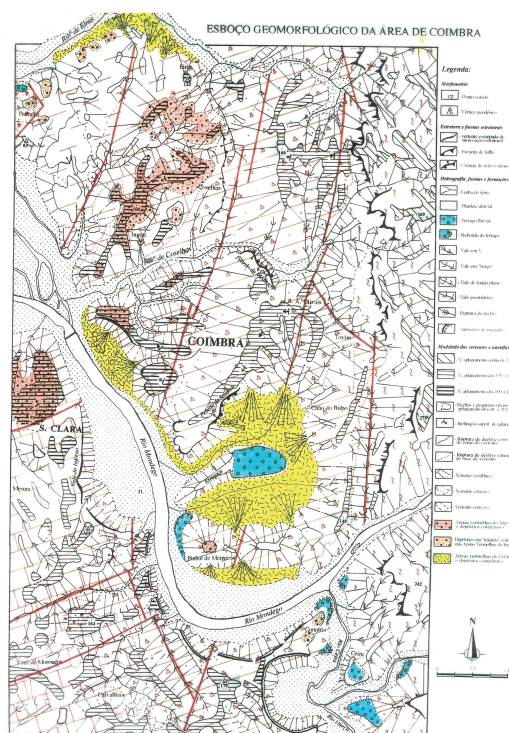


Figura 9.
Mapa geomorfológico de Coimbra (*in* Cunha *et al.*, 1996).

Para sul do Mondego, talvez porque se fizeram de marcos com Ribeiro & Patrício (1943), Carvalho (1948) e Birot (1949), referimos os depósitos da Cruz de Morouços (Complexo da Cruz de Morouços) a 196-210 m e o do Picoto a 176-190 m. A homologia da fácies ditam-nos vontades de aproximação cronológica, mas nada há que a isso nos conduza. O da Cruz de Morouços, assente quer na formação cretácica da Figueira da Foz (Aptiano? – Cenomaniano), quer em arcossarenitos imaturos que, em descontinuidade, sucedem à trilogia da formação de Antanhol, equivalente ao grupo de Barracão (Soares *et al.*, 2007, Fig. 10). Esta é a razão porque temos olhado estes depósitos na equivalência com os da Serra da Vila, como foi proposição de Daveau (*ob. cit.*, p. 319).

Um pouco mais para sul, desenhada em unidades do Grupo de Silves, define-se a chamada *Plataforma de Almalaguês*, declinando para NE, na solicitação do rio Corvo (Dueça). Se uma evolução de raiz cársica pode ser invocada, a verdade que dela retiramos é dum espaço onde a erosividade diferenciada de unidades areno-conglomeráticas, se afronta num jogo de fraturas essencialmente meridianas, conformando um mosaico de aplanções que dos 210-220 m a sul de Almalaguês, descem aos 110-120 m para norte, na Abelheira. Para ocidente, ao entrarmos nas unidades carbonatadas do Grupo de Coimbra, as cotas sobem para 250-270 m, decrescendo daí para ocidente. Ao encosto nascente desta unidade, consequente com falha que segue de perto o traçado da EN110 (v. *Carta Geológica de Portugal*, folha 19D, Coimbra-Lousã; Dep. Geologia, INETI, esc. 1/50000; 2005), alinham-se alvéolos de fundos mais ou menos aplanados e abertos na Formação de Pereiros, como são os de Chão de Lamas e Rio de Galinhas.



Figura 10.

Falha de Coimbra (Antanhol). Contacto da form. de Trouxemil (Cenomaniano superior) com a form. de Antanhol (Pliocénico). FT – form. de Trouxemil; FA – form. de Antanhol.

IV

Foi ao regressar a casa que me lembrei de Michaux e pensei desenhar Cronos – *a árvore não se interessa pelo delírio do pássaro* (1999, p. 223). O pássaro que pretendeu desenhar o rosto desta cidade onde se fez prisioneiro é que se interessou pelo continuado delírio da cidade. Olhem (Fig. 11) como se arrancam formas ditadas na conjugação duma rede de fraturas (Fig. 12).

Coimbra afeiçoa-se ao ondular dessas formas que não se apagam. Como já aqui referi e sempre foi meu modo de olhar, o Mondego não é de Coimbra, esta é que pertence ao Rio. É o comando de antigas linhas de água que afeiçoam a topografia que a pouco mais vai que os 150 a 180 m. Destas e pelo que a urbanização delas tirou, está a torrente dos Banhos (Reais), por onde se abriu a Avenida Sá da Bandeira. A Baixinha, onde se encostou o Arrabalde medieval, fora de muros, ergue-se do cone coluvial por onde se viu aberta a runa, talvez com caminho para o possível paúl que existiu junto ao desaparecido convento de S. Domingos (sobre o Arrabalde e o traçado da runa na continuação do ribeiro dos Banhos v. J. de Alarcão, 2008). Para norte, passadas as “lombas ruivas” de Montarroio, o alto da Conchada e Montes Claros, desce-se para o Vale Meão, afluente da margem esquerda da ribeira de Coselhas que foi atravessada pela Ponte das Águas Maias (Figueiredo, 1996). Mas de todas, é a ribeira de Eiras a que ganha dimensão e sobe a rasgar os degraus do anfiteatro serrano. Para sul, passado Celas, Santo António dos Olivais, S. Sebastião e o Alto do Trovão, desce-se para as ribeiras da Arregaça e das Flores, individualizadas pela Lomba



Figura 11.
Coimbra: no horizonte o perfil da Serra da Aveleira-Roxo.

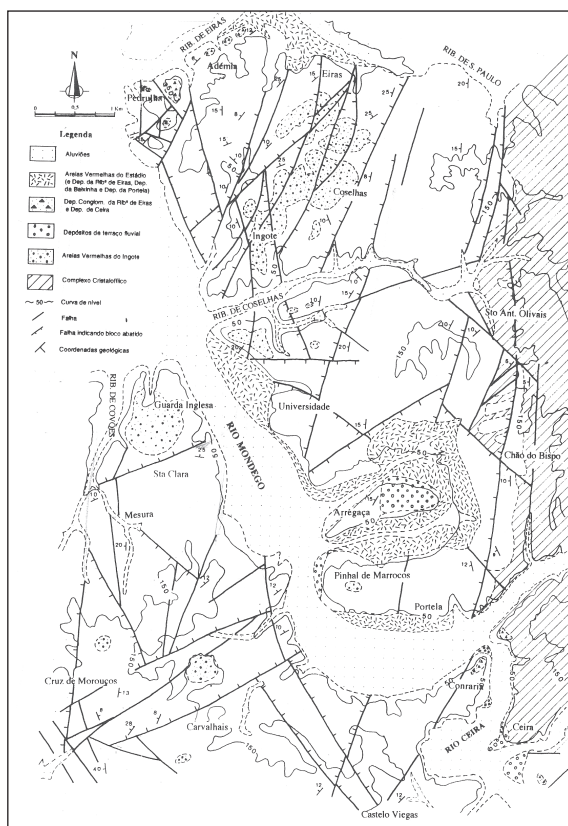


Figura 12.
Mapa estrutural de Coimbra.

da Arregaça que, na descida para nascente, suporta o Calhabé. É com o traçado destas duas linhas de água, no capricho das formas, que Moraes (1950) formalizou o “meandro do Calhabé”, forma bem singular no arrumo do Mondego (Soares *et al.*, 1989, 1996; Soares, 1990), pouco adiante da Portela.

Contudo, o que sempre prendeu o olhar a Coimbra (Fig. 13) tem sido a sua Alta, a Medina (Almedina), o burgo que se elevou dentro de muralhas, no morro que tomou forma de ferradura com o arroio que, descendo a rua das Covas (rua Borges Carneiro), alagava águas pela espalda da Sé Velha e fazia-se, assim o julgamos, tumultuosa a descer o Quebra-Costas e a lançar-se por onde, na muralha, se fez aberta a Porta de Almedina. Se a colina, para sul, se fez do rei com a Alcáçova e depois do saber com a Universidade, a do norte, que suportou a monumentalidade da *civitas Aeminium* (J. Alarcão, *ob. cit.*), é bem diferente, mais labiríntica e aconchegante.



Figura 13.

Coimbra: “o burgo que se elevou dentro de muralhas”.

A pedra amarela, tão reutilizada, foi arrancada intramuros e corresponde aos calcários dolomíticos da formação de Coimbra. Só mais tarde se fez o uso dos calcários da formação de S. Miguel, arrancada fora de muros. Ambas são unidades sinemurianas do Grupo de Coimbra. Na base de alguns dos arcos do Aqueduto de S. Sebastião e no criptopórtico que acrescenta valia romana ao Museu Nacional Machado de Castro, usaram-se blocos aparelhados de arcosarenito grosseiro e esbranquiçado da formação de Castelo Viegas (do Grupo de Silves), arrançados ali mesmo ou, quem sabe, do escarpado ao fundo do Jardim Botânico, frente à Avenida Emídio Navarro e vencido pela Ladeira do Batista. Do calcário mais homogêneo, de natureza grumosa e dócil ao cinzel, a Pedra de Ançã, só a partir do século XV se deu mais uso ao abrir-se a luminosidade do gótico com os trabalhos, entre outros, de João de Ruão, Diogo Pires-o-Velho, Diogo Pires-o-Novo e Nicolau Chanterène. Coimbra e muitas vilas e lugares do Baixo Mondego, pela razão que crescia a par da maçaroca (Revolução do Milho, entrado nos campos vindo da Guiné) ganharam monumentalidade com “casas de alguém”: *Não me prendem à terra quaisquer laços de propriedade; não tenho eira nem beira, seja na feroz planície aluvial, seja nas chãs do planalto da bacia média, seja nas chapadas e alturas serranas que vertem para o Mondego e seus afluentes. Proletário intelectual que sou, a minha lavra é outra ...* (F. Martins, 1984, p. 5).

*

Nota que sempre se salienta da morfologia de Coimbra e que se inscreve no lado romântico do seu folclore, fazem-no os penedos, desníveis que ganharam forma no Grupo de Silves e fama na paisagem e no uso – o Penedo da Meditação e aquele outro da Saudade, e na margem esquerda do Rio, a Lapa dos Esteios. Do Penedo da Saudade para oriente, pela cumeada onde se fez a Avenida Dias da Silva,

chega-se ao Tovim e toma-se, para Sul, o degrau de Chão do Bispo, Portela da Cobiça e Areeiro que, no colo de S. João, verga a sul pelo Alto da Serra e Pinhal de Marrocos. Estamos na margem direita do Rio, na ansa da Portela do Mondego (Quinta da Portela) que o rio desenha para tomar o norte e deixar-nos no remate de Moraes ao traço do seu “meandro do Calhabé”.

Se tomarmos atenção ao depósito (terraço) que se alonga na confluência do Ceira com o Mondego (Fig. 14), descrevendo um arco esbatido a cerca de 40 m acima do leito maior do Ceira e a apontar as Carvalhosas – Alto de S. João na margem direita do Mondego, como a procurar o alongamento para poente, segundo a ribeira das Flores. E se assim está, logo se nos levanta a ideia de mimetismo para o “meandro do Calhabé”. A fração grosseira, os calhaus de quartzo e quartzito e ainda aqueles do “terraço do Calhabé” e do vestíbulo da ribeira das Flores, lembram-nos o que observamos nos Conglomerados de Chã do Freixo e no Cume e que tínhamos como terminados por alturas de Segade. Na margem esquerda do Mondego, pela Várzea, a jusante da Lapa dos Esteios, há calhaus de igual porte, dispersos e que se organizam no terraço que suporta o Mosteiro de Santa Clara-a-Velha e que, na margem direita, no encosto ao Pinhal de Marrocos, entram no “terraço da Boavista”. Se a este todo adicionarmos o depósito conglomerático imaturo da rua José Dias Ferreira, com imbricação a marcar possibilidade de escoamento para NW e a heterogeneidade de corpos líticos da zona vestibular da ribeira, onde areias médias a finas, maduras e ricas em grãos de quartzo redondos e foscos, se conjugam heterométricos, apaga-se-nos, por instantes o significado do desenho do “meandro do Calhabé”, ficando desentendida a razão das areias grosseiras com fácies fluvial e que, em S. José, estão recobertas pelas “areias vermelhas do Estádio”, adição de leques que nasceram dos corpos aflorantes do “Grés de Silves”.



Figura 14.
O depósito de “terraço” do Ceira, na margem direita do Rio, na ligação à A13.

Em suma, o envolvimento das ideias deixa-nos em aberto o jogo das equivalências dos depósitos. E se, no quadro que procuramos esboçar, fizermos as *Areias vermelhas do Ingote*, que temos pensado como equivalentes dos *Conglomerados do Roçao* (Soares & Marques, 2003; Soares *et al.*; 2007) conjugarem-se a uma outra paleo-razão, o problema poderá ganhar a dimensão donde não se apagará a evolução dum “proto-Mondego” a romper o *Maciço Marginal* e a roubar o Mondego ao Ceira. O que sucede é a simples transposição do tempo para outra possibilidade. *Agora o mar tem litoral, o leito acolhe o rio, mesmo cheio, / ‘as torrentes descem e vêem-se despontar os montes’*. (Metamorfoses de Ovídio, in R. Ferreira, *ob. cit.*, p. 86).

V

Hoje há quem tome a Geologia para fundamento metodológico ao estudo das ciências humanas, do “espírito”. Ainda que este não retenha o sentido epistemológico da Geologia, a verdade é que o conhecimento tende a esbater-se, apagando o sentido de fronteira. E por aqui, pouco a pouco, fui convencendo-me do conhecimento ser um todo onde viajam ideias libertas de constrangimentos. Como foi opinião de O. Ribeiro, para lá do *que nas Ciências Humanas há de comum a toda a Ciência, elas possuem ainda outra face; constituem um renovo, ao calor de anseios, angústias e perplexidades do nosso tempo, dos ideais do velho Humanismo; servir, pela reflexão, as aspirações e as necessidades mais profundas do Homem. Por outras palavras, elas são também uma “arte” da compreensão humana, à qual se não pode chegar apenas pelos caminhos claros e serenos da razão, mas por uma ampla e não raro dolorosa abertura do espírito, em que caibam, ao mesmo tempo, a generosidade, a tolerância e uma corajosa intransigência, a respeito que se atributa à verdade e o amor que inspiram aos espíritos ávidos de justiça os “humilhados e ofendidos”. Servindo o puro desejo do saber, não podem esquecer estes “deserdados” de todas as sociedades, umas vezes mantidos na miséria e na ignorância, outras oprimidos e privados dos supremos bens do homem: a liberdade e a esperança* (1970, p. 108). Como seria bom haver outras práticas de mais ajustadas pedagogias.

Mas pensemos em Lévi-Strauss ao conduzir o seu estruturalismo e a ideia de uma pressuposta crise humanista, tal como se encontra em Córdón & Martínez (2016, p. 749). A realidade, enquanto construção, guarda o seu lugar de unidade e adquire a dinâmica necessária à aproximação do real, sem daqui resultar qualquer entendimento estruturante.

Não vamos atender ao *aluvião* que dita ao Mondego ser ele um rio de areia, pois disso, do muito que se tem feito, pouco sabemos das preocupações que sempre têm crescido pelos gabinetes dos especialistas. Corridas que estão as obras, já há quem reclame novos arranjos, suficientes ao ganho do apostado. Mas vamos olhar os campos e as suas almargens, pois deles muitas cresceram para darmos conta das suas formas e entendermos das suas evoluções. E não vamos arrumar a ideia de Ortega e Gasset: *Uma verdade pode ser muito exacta e, contudo, ser muito pouco verdade* (2016, p. 94).

Foi com Orlando Ribeiro que nos ficou uma primeira tentativa de coerente arrumo dos terraços do seu Mondego baixo, expurgadas as aparências ditas por crivagens naturais (calhaus de cabeços), como nos parece ser o chamado terraço da Quinta da Quada, 53 m acima do leito maior do rio e a NE de Lares, sobre unidade gresosa do Malm. De igual modo teremos de julgar a despredagem de almargens para entendermos os arrumos de pedras a levantarem possibilidades de antigos terraços (Ribeiro & Patrício, 1943). A estas possibilidades de mimetismos, juntamos as acumulações temporárias (metastáveis) ligadas a processos naturais e/ou antrópicos e modeladores das vertentes (*depósitos em trânsito*, gravitacionais). Estes são mais frequentes nas vertentes dos cabeços modelados em corpos arenosos de fraca coerência, como os que

compõem as paisagens do Baixo Mondego. Contudo, quando lidas como coluvionares, estes poderão entrar, como apontou Daveau (1983), na categoria dos terraços. Não será o caso dos depósitos de vertente do Cabo Mondego (Soares *et al.*, 1993), nem tão pouco os do Maciço de Sicó descritos em Cunha (1990), ou os vermelhos acastanhados, imaturos que, a diversas estadas (*Depósitos de Moinhos*) denunciam evoluções ainda não coordenadas. Estão ainda neste grupo os leques de deslizamentos da Serra do Carvalho e presos a rechãs dos 200-250 m e que recobrem, o que pensamos serem restos dos depósitos do *nível da Serra da Vila*.

Barbosa (*et al.*, 1988) cartografou, na folha de Cantanhede (19-A; esc. 1/50000; *Serv. Geol. Portugal*), areias que, pela conjugação de processos genéticos, chamou de *Areias hidro-eólicas*, fazendo-lhes corresponder, no todo ou em parte, as de Cavaleiros-Mourellos, Tentúgal e Gândara (Carvalho, 1964; Soares, 1966). Sejam o que delas entendermos, serão sempre corpos reordenados, por vezes com evidentes marcas de transformações edafogenéticas. É este o caso do corpo negro hidromórfico da Lagoa Negra e cuja associação palinológica faz pensar num tempo do Plistocénico médio (Pais & Barbosa, 1988).

Mas quando olhamos para o Baixo Mondego não são os depósitos que nos atraem o olhar; é a sua geometria, o plural duma forma conduzida por ações estruturais (Fig. 15). Por isso ele apresenta-se composto por campos que ganharam expressão no rejogo estrutural e o terão aproximado dum tempo indeterminado, talvez no ajustamento do singular *depósito do Farol*, a cerca de 90-98 m de cota na Serra da Boa Viagem (Soares *et al.*, 2007).

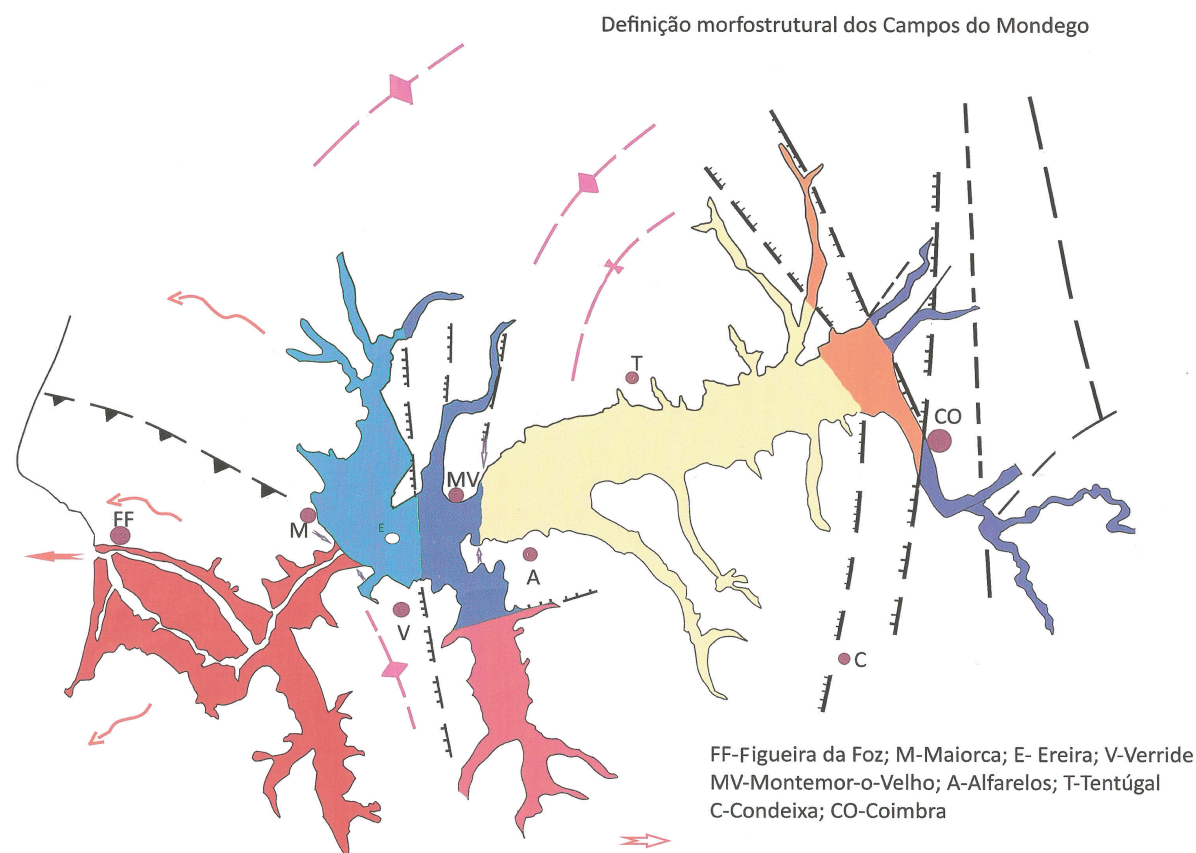


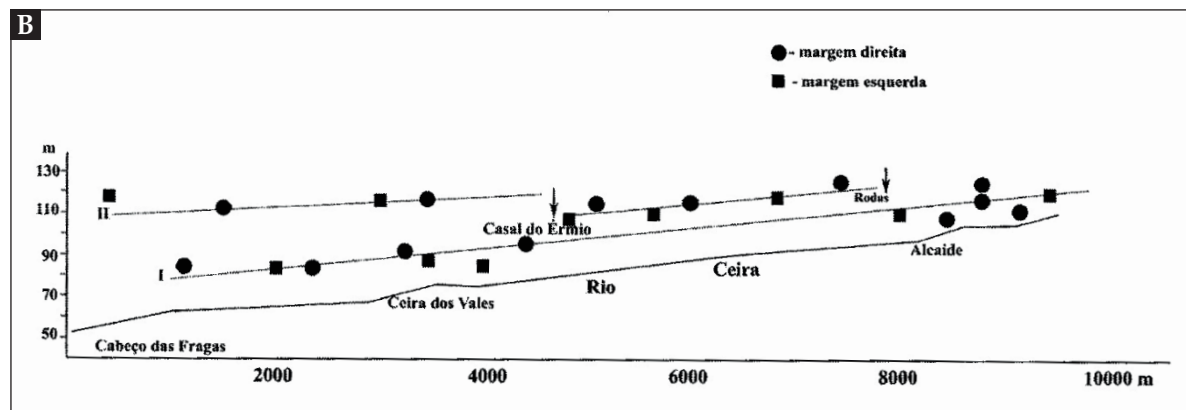
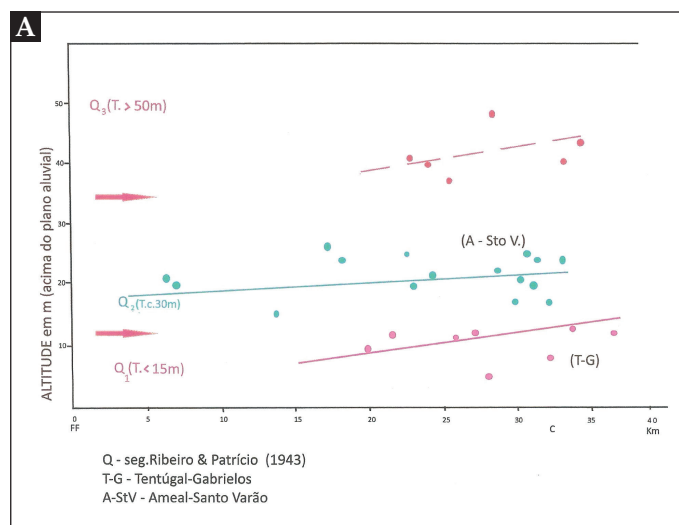
Figura 15.
O Baixo Mondego – definição dos espaços morfoestruturais.

Esta é uma hipótese por onde, ainda hoje, procuro razões para uma verdade. As idades referidas por Cunha (*in* Soares *et al.*, 2010) parecem balizar episódios em espaços estruturalmente diferenciados: (1) a c. 200 Ka (OIS 7) para o topo do “terraço de Tentúgal-Gabrielos”, na região de Tentúgal; (2) a c. de 100 Ka (OIS 5) para o topo do depósito em Armazéns, talvez correlativos do *Depósito de Vila Verde*, na margem direita do estuário. Neste entendimento e para um intervalo de 100 Ka (!), o que de importante se terá feito no desenho do Baixo Mondego? No quadro da transformação climática eemiana (Schackleton, *et al.*, 2003) ter-se-ão conjugado revoluções diapióricas (Soure e Ereira, sem invocarmos a Mata do Urso) e consequentes rejogos das falhas de Quiaios e do Arunca-Montemor-Palhaça? Terá sido este o tempo da abertura da “garganta de Lares” e organização da Goleta? Ai como chego a Michaux: *Somos sempre três nesta galera. Dois para fazer conversa e eu para remar* (*ob. cit.*, p. 98).

Como já aqui afirmámos, as *ideias* valem o que valem, pois ainda não conhecemos marcadores suscetíveis de sustentarem a conversa e as equivalências que temos avançado (Soares, 2000, p. 50) carecem sustentação. A abertura da Goleta, sem adiantarmos um tempo, poderá associar-se a uma hipótese de epigenia sobre antiga superfície litoral (Daveau, 2004, p. 164)?

Na Fig. 16 adiantamos a ordem dos terraços do Baixo Mondego em Ribeiro & Patrício (*ob. cit.*) e adicionamos, para entendimento de uma abrangência, aquela dos terraços do Ceira (Soares & Marques, 2004;

Figura 16.
A) Os “terraços” do Mondego – fases fundamentais;
FF-Figueira da Foz; C-Coimbra. B) Os “terraços” do
Ceira entre Cabril e Alcaperna/Ponte.



Figs. 5 e 7, pp. 149 e 152). Contudo, não vamos esquecer que tudo quanto julgamos saber das frentes atlântidas da Ibéria, seguem, de perto, a ideia de B. Ferreira: (...) *é inegável a influência da tectónica na distribuição e no escalonamento dos terraços e os conservados actualmente são testemunho empobrecido das fases de agração e incisão tornando o registo fluvial “pouco sensível” às alterações climáticas* (ob. cit., p. 68). Ideia menos radical encontramos-a em Dinis & Soares (2007), ao admitirem ter Portugal uma localização geográfica relevante para o entendimento das variações climáticas durante o final do Cenozoico (considerando o Quaternário como período), sem deixarem de reconhecer o significado das transformações que perspectivam acertos neotectónicos como nos apresentam Ribeiro (1984; 2002); Cabral (1995), Ribeiro et al. (1996) e Granja (1999), (Soares et al., 2010, p. 502).

Tais ideias não inviabilizam a necessidade de se reconhecer a importância duma “medida” capaz de se constituir como nexos no seio dum geossistema complexo, onde, cada unidade, porque singular, apenas guardará notícia duma possibilidade local de variação e não da abrangência dum estado de equilíbrio, por definição dinâmico (Soares et al., 2010, p. 503), dum “nível de base” diferenciador do “fluxo sedimentar”. Ou seja, como apontaram Makarova et al. (...) *o aluvião é tido como um tipo de sedimento continental, cuja estrutura revela, dum modo ajustado, diferentes graus de movimentação tectónica e variações climáticas* (2011, p. 450). Esta ideia projeta o reconhecimento de quatro fases dinâmicas na organização dos depósitos, em especial dos grandes rios europeus e asiáticos. Mas ela pouco ou nada tem a ver com os resultados das fases no modelo de Trevisan (1949/50), onde nos parece ganhar significado o julgamento de Zbyszewski (1946) para os depósitos de Alpiarça e ainda a projeção das razões que hoje se vão alinhando para uma nova ordem dos terraços do Tejo (Martins et al., 1992, 1999, 2008, 2013, 2015; Cunha et al., 2000, 2004, 2008). Com tudo que sabemos, não deixamos de apontar o desconhecimento que temos quanto a uma proposição coerente para a evolução das redes exorreicas portuguesas.

E se pelo que temos ideado se faz história dum rio cujo estuário tanto se alagou para sul, como se encostou mais a norte, desenhando molhe pelos calcários cretácicos onde adormece o que foi o forte de S. Catarina; ora raso ora fundo em Santa Olaia, depois em Maiorca, talvez subindo mesmo a Coimbra, o Mondego, num tempo ainda mais recuado, não sei quando (!), talvez no tempo em que o mar traçou a plataforma de abrasão do cimo da Boa Viagem, à cota atual do Farol, terá demandado pela Fôja a norte, a linha que hoje se tem por Quiaios (Fig. 17). A Boa Viagem era então um promontório, ou ilha, alongada para norte. E não vou adiante pois *valorizo, sem jactância, a independência intelectual dos outros para querer convencê-los em questões importantes* (Popper, ob. cit., 118).

*

Das unidades quaternárias do Baixo Mondego, sobretudo no encosto ao Maciço de Sicó, a sul, temos os Tufos de Condeixa (Costa, 1853; Choffat, 1895; Mendes, 1974) que, por tudo que dele temos visto,

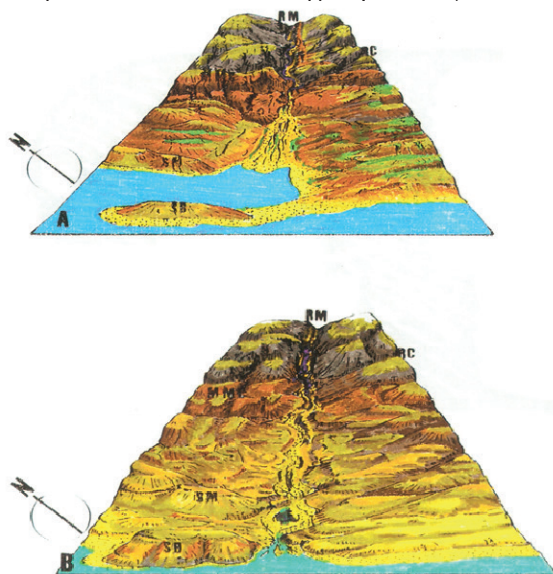


Figura 17.

O “mito” da foz do Mondego por Quiaios. A Boa Viagem na construção da plataforma de abrasão do Cabo Mondego – Depósito fossilífero do Farol (90-98 m de altitude, Soares et al., 2007). RM-Rio Mondego; RC-Rio Ceira; MMC-Macisso Marginal de Coimbra; SM-Serra de Montemor; SB-Serra da Boa Viagem; E-Eireira.

nos parecem traduzir um complexo arranjo de fácies carbonatadas, conglomerática para a base, em rio de Mouros, junto a Conimbriga, a pelítica (por vezes oncolítica) em Condeixa-a-Nova e Eira Pedrinha (Soares *et al.*, 1997). Polifásicos, pensamos que se estenderão, talvez mais além do Siciliano II (Mindel) da interpretação de Cardoso (1993), até um tempo bem atual. As datações obtidas de amostras das fácies travertínicas de Condeixa-a-Velha, ainda que não conclusivas, levam-nos a pensar num tempo mais velho que os 400 Ka (não além do milhão de anos) e não mais nova, para aquela fácies, que 26.71 ± 11 Ka. Talvez pela simpatia dos números, levantamos uma possível equivalência com os Tufos de Santiago do Cacém, com idades de 329 ± 10 Ka (U-Th) e/ou 383 ± 80 Ka (ESR), conforme Gaida & Radtke (1983).

E porque pensamos em tufos calcários e tufização, não deixamos de referir os de Ançã, os aluvionares do rio Anços, sobretudo na Redinha, bem como os do ressalto de Bera e da Serra da Boa Viagem, em valeiro que desce a Quiaios.

VI

De tudo quanto queria contar, só com outra paciência o poderia fazer. Ricoeur preferia falar de *produção* melhor que de *criação* histórica: *A ideia de novidade absoluta é impensável. Só pode haver novo em rutura com antigo: existe o pré-regrado antes de nós, que nós desregramos para regressarmos de outra maneira. Mas isso não é uma situação de génese ... primeiro dia da criação* (Ricoeur & Castoriadis, 2016, p. 44). Creio

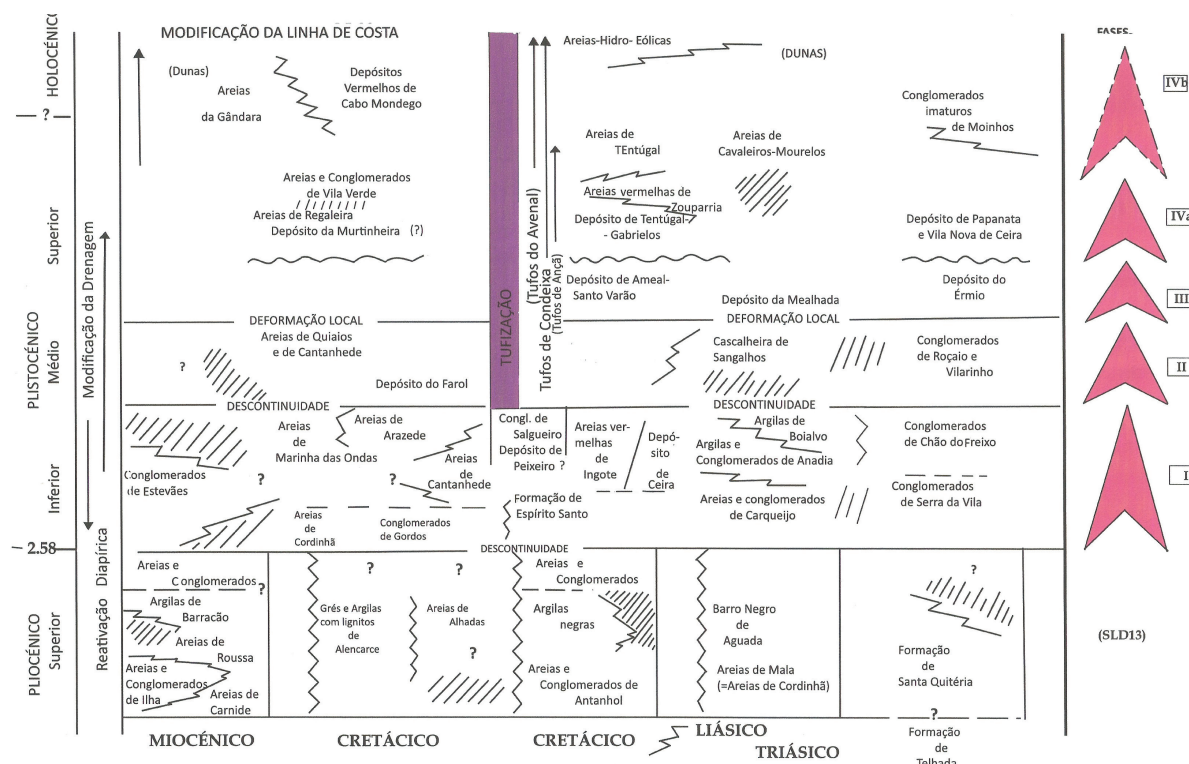


Figura 18.

As fases de organização do Baixo Mondego.

que nunca aceitaremos, por impossibilidade construtiva, uma ideia como absoluta e mesmo que a façamos de verdade, sabemos que outra haverá “mais” verdadeira. O conhecimento é isto mesmo, construir sobre o construído. Esta, onde estamos, é a *Casa* onde toda a ideia ganha e perde razão e a isso chamamos progredir. Ao fechar deixamos o quadro, mil vezes retocado, porque nele fez vida uma história do Baixo Mondego (fig. 18). Com ele, agradeço a paciência com que me ouviram: *O poema tece-se de tempo / jamais pode ser produzido / in vitro* (J. Melo, 2016; *Arte poética* 88, p. 14).

BIBLIOGRAFIA

- Alarcão, J. de (2008) – *Coimbra: a montagem do cenário urbano*. Imp. Univ. Coimbra.
- Araújo, M. A.; Gomes, A. A.; Chaminé, H. I.; Fonseca, P. E.; Gama Pereira, L. C. & Pinto de Jesus, A. (2003) – “Geomorfologia e geologia regional do setor de Porto-Espinho (W de Portugal) Implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar Cenozoica.” *Cad. Lab. Xeol. Laxe, A Coruna*, v. 28, pp. 79-105.
- Barbosa, B., Ferreira Soares, A., Rocha, R. B., Manuppella, G. & Henriques, M. H. (1988) – “Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Folha 19 -A Cantanhede.” *Serv. Geol. Port.*; Lisboa, pp. 1-46, 1 fig.
- Biro, P. (1939) – “Remarques sur la morphologie du Haut-Portugal entre le Tage et le Douro.” *Bull. Ass. Géographes Français*; n.º 1222; pp. 104-112.
- Biro, P. (1949) – “Les surfaces d’érosion au Portugal Central et Septentrional.” *Rap. Comm. Cart. Surf. Appl.*; Lisbonne, pp. 9-116.
- Budel (1973) – “The Climatic Geomorphic Systems. In E. Derbyshire (ed.) Climatic Geomorphology.” MacMillan London, pp. 104-130.
- Cabral, J. (1995) – “Neotectónica em Portugal Continental.” *Mem. Inst. Geol. Mineiro*; n.º 3, pp. 26.
- Carvalho, G. S. de (1948) – “Depósitos detríticos pliocénicos dos arredores de Coimbra.” *Rev. Fac. Ciências Univ. Coimbra*; vol. XVIII, pp. 34-58. Coimbra.
- Carvalho, G. S. de (1949) – “Les dépôts des terraces et la paléogeographie du Pliocène dans la bordure meso-cénozoïque occidentale du Portugal.” *Rev. Fac. Ciências Univ. Coimbra*; vol. XIX. Coimbra.
- Carvalho, G. S. de (1950) – “Contribuição para a interpretação da origem dos depósitos plio-plistocénicos da Orla Meso-Cenozoica ocidental (região entre Vouga e Mondego).” *Mem. Notícias*, Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra; n.º 28; pp. 26-48. Coimbra.
- Carvalho, G. S. de (1964) – “Areias da Gândara (Portugal), uma formação eólica quaternária”, *Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências, Univ. Porto*; n.º LXXXII, 4.º s, p. 32. Porto.
- Chaminé, H. I. (2000) – “Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho – Albergaria-a-Velha (zona de Ossa Morena): Implicações geodinâmicas” *Diss. Dout.*; Univ. Porto, pp. 497.
- Chaminé, H. I.; Gama Pereira, L. C.; Fonseca, P. E.; Moço, L. P.; Fernandes, J. P., Rocha, F. T.; Flores, D.; Pinto de Jesus, A.; Gomes, C.; Andrade, A. A. S.; Araújo, A. (2013) – “Tectonostratigraphy of Middle and Upper Palaeozoic black shales from the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo shear zone (W Portugal): new perspectives on the Iberian Massif.” *Geobios* 36, pp. 649-663.
- Chaminé, H. I.; Moço, L. P.; Fernandes, J. P.; Delgado, H.; Rocha, F. Fonseca, P. E.; Gomes, C.; Lemos de Sousa, M. J. & Ribeiro, A. (2000) – “Clay mineralogy organic metamorphism and palynology of black shales from Albergaria-a-Velha region (NW of Portugal)”, *Proc. First Latin-American Clay Conf. Extr. Abstr. A. Portuguesa Argilas.*, 2, pp. 57-63. Funchal (Madeira).
- Cortês, J. (1987) – *Portugal. A Terra e o Homem*. Imp. Nac.-Casa da Moeda. Lisboa.
- Cordón, J. M. N. & Martínez, T. C. (2016) – *História da Filosofia. Dos Pré-Socráticos à Filosofia Contemporânea*. Edições 70.
- Costa, A. M. (1924) – “Ançã: Um lago quaternário.” *Com. Serv. Geol. Portugal*; t. XV, pp. 34-41. Lisboa.
- Cunha, L. (1990) – “As serras calcárias de Condeixa-Sicó-Alvaiázere.” *Inst. Nac. Inv. Científica. Geografia Física*. Lisboa.
- Cunha, P. P. (1992) – “Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra.” Coimbra.
- Cunha, P. P. (1999) – “Unidades litostratigráficas do Terciário na região de Miranda do Corvo-Viseu (Bacia do Mondego, Portugal).” *Com. Inst. Geol. Mineiro*, t. 86, pp. 143-196. Lisboa.
- Cunha, P. P. & Martins, A. A. (2000) – “Transição do enchimento terciário para o encaixe fluvial quaternário na área de Vila Velha de Ródão (Sector NE da Bacia do Baixo Tejo).” *Ciências da Terra (UNL)*, vol. 14. Lisboa.
- Cunha, P. P. & Martins, A. A. (2001) – “Encaixe fluvial quaternário na área de Vila Velha de Ródão (Sector NE da Bacia do Baixo Tejo).” V Reun. Quaternário Ibérico. *Actas*. Lisboa.

- Cunha, P. P. & Martins, A. A. (2004) – “Principais aspetos geomorfológicos de Portugal Central, sua relação com o registo sedimentar e a importância do controlo tectónico.” *Geomorfologia do Noroeste da Península Ibérica*. Fac. Letras; Univ. Porto; pp. 155-182.
- Cunha, L.; Almeida, M.; Neves, M. J.; Dimuccio, L. A. & Aubry, Th. (2006) – “Contributo da sequência cultural pleistocénico-holocénico para a compreensão da génese e evolução do canhão fluvio-cársico do Vale das Buracas.” *Publ. A. Port. Geomorfólogos*; vol. 3, pp. 69-75.
- Daveau, S. (1972) – “Evolução geomorfológica da bacia da Lousã.” *C. Est. Geográficos*, vol. 38, Univ. Lisboa (pol.).
- Daveau, S. (1976) – “Le bassin de Lousã. Évolution sédimentologique, tectonique et morphologiques.” *Mem. Notícias*. Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, n.º 82, pp. 95-115. Coimbra.
- Daveau, S. (col. P. Birot & O. Ribeiro) (1985-1986) – “Les bassins de Lousã et Arganil. Recherches géomorphologiques et sédimentologiques sur le Massif Ancien et sa couverture à l’Est de Coimbra” (2 vols.). *Mem. C. Est. Geográficos*; n.º 8, pp. 1-450. Lisboa.
- Daveau, S. (2004) – “A Cordilheira Central.” In: *O Relevo de Portugal*, cap. VI; Grandes Unidades Regionais (org. M. Feio & S. Daveau). *A. Port. Geomorfólogos*, vol. II, pp. 175-196.
- Delgado, N. (1895/98) – “Note sur l’existence d’anciens glaciers dans le vallée du Mondego.” *Com. Serv. Geol. Portugal*; vol. 3, pp. 55-83. Lisboa.
- Dinis, P. A. (2004) – “Evolução pliocénica e quaternária do vale do Cértima.” *Diss. Dout. Univ. Coimbra*; 351 pp. (pol.).
- Dinis, P. A. & Soares, A. F. (2007) – “Controlling factors on clay mineral assemblages insights from facies analysis of Pliocene to Pleistocene coastal margin in deposits; Western Portugal.” *Geológica Acta*; vol. 5, n.º 2, pp. 117-192.
- Ferreira, A. de B. (1980) – “Surfaces d’aplanissement et tectonique récente dans le Nord de la Beira (Portugal).” *Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Physique*; v. 22, n.º 1, pp. 51-62.
- Ferreira, R. J. (2008) – “Mitos das Origens. Rios e Raízes.” APEC, Col. Fluir Perene, n.º 1.
- Ferreira, V. (2013) – *Obra Completa. Pensar*. Quetzal Editores. Lisboa.
- Figueiredo, A. C. B. (1996) – *Coimbra: Antiga e Moderna*. Livraria Ferreira. Lisboa.
- Ferlinghetti, C. (2016) – *A Poesia como Arte Insurgente*. Relógio d’Água. Lisboa.
- Gouveia, C. (1972) – *Utânha Wátua. Poemas*. Eds. Conviviums. Benguela.
- Granja, H. (1999) – “Evidence for late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climate control in the coastal zone of northwest Portugal.” *Geol. Misenbouw* 77 (3/4).
- Hemingway, E. (2005) – *As verdes colinas de África*. Livros do Brasil. Lisboa.
- Jacob, F. (1985) – *O Jogo dos Possíveis: ensaio sobre a diversidade do mundo vivo* (tr. Y. Archer). Gradiva Publs. Lda. Lisboa.
- Lyell, Ch. (1997) – *Principles of Geology*. Penguin Classics. Penguin Books. London.
- Makarova, N. V.; Makarov, V. I.; Postolenko, G. A. & Akinin, B. C. (2011) – “Alluvium: Implications for Stratigraphy and Correlations of Quaternary Sediments.” *Str. Geol. Correlation*, vol. 19, n.º 4, pp. 450-471.
- Martins, A. F. (1940) – “O esforço do homem na bacia do Mondego. Ensaio geográfico.” Coimbra.
- Martins, A. F. (1984) – “Em prol dos Campos do Mondego.” *Cad. Geografia*. Inst. Est. Geográficos; N.º 3, pp. 3-19.
- Martins, A. & Barbosa, B. P. (1992) – “Planaltos do nordeste da Bacia Terciária do Tejo (Portugal).” IV Cong. Ibérico Geografia, p. 119, Porto.
- Martins, A. (1999) – “Caracterização morfotectónica e morfossedimentar da Bacia do Baixo Tejo (Pliocénico. Quaternário).” *Diss. Dout.*, Univ. Évora (n. p.), 500 pp.
- Melo, J. (2016) – *Polis. Poiesis*. Editorial Caminho. Alfragide.
- Michaux, H. (1999) – *Antologia* (tr. M. Vale de Gato). Relógio d’Água.
- Morais, J. C. (1950) – “Geohidrogeologia da região de Coimbra.” *Mem. Notícias*. Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, n.º 27, pp. 1-12. Coimbra.
- Neruda, P. (2008) – *Livro das Perguntas* (tr. Albano Martins). Campo das Letras. Eds S. A. Porto.
- Ortega & Gasset (2016) – *A Rebelião das Massas*. Relógio d’Água. Lisboa.
- Ortega & Gasset (2016) – *O que é a Filosofia?* (tr. José Bento). Livros Cotovia. Lisboa.
- Pais, J. & Barbosa, B. (1988) – “Análise polínica de argilas da Lagoa Negra.” *Ciências da Terra (UNL)*; vol. 10. Lisboa.
- Pereira, L. C. G. (1982) – “Tipologia e evolução da sutura entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona de Ossa Morena no sector entre Alvaizere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central).” Coimbra.
- Prigogine, I. (1996) – *La fin des certitudes. Temps chaos et les lois de la nature*. Ed. Odile Jacob. Paris.

- Popper, K. R. (1999) – *A Vida é Aprendizagem: Epistemologia evolutiva e sociedade aberta*. Edições 70. Lisboa.
- Ribeiro, A. (1984) – “Néotectonique du Portugal.” Livro Hom. Orlando Ribeiro, C. Est. Geográficos, 1.º vol., pp. 173-182. Lisboa.
- Ribeiro, O., Patrício, A. (1943) – “Nótula sobre os terraços do Mondego nos arredores de Coimbra.” *Ass. Port. Prog.??? Ciências*, 4.º Congr.; t. 4, pp. 248-410.
- Ribeiro, O. (1970) – *Variações sobre temas de Ciência*. Livraria Sá da Costa Editora. Lisboa.
- Ribeiro, O. (1981) – *A colonização de Angola e o seu fracasso*. Est. Portugueses, Imprensa Nacional – Casa da Moeda. Lisboa.
- Ricoeur, P. & Castoriadis, C. (2016) – *Diálogo sobre a História e o Imaginário Social*. (tr. G. Marcelo e H. Barros). Edições 70.
- Shackleton, N. J., Backman, J. & Zimmerman, H. (1984) – “Oxygen –isotope calibration on the onset of ice-rafting in DSDP site 552A: history of glaciation in the North Atlantic region.” *Nature*, n.º 307, pp. 620-633.
- Shakespeare, W. (2016) – *As Lições de Vida de William Shakespeare* (tr. Inês Pedrosa). Dom Quixote. Alfragide.
- Soares, A. F. (1966) – “Estudo das formações pós-jurássicas da região de entre Sargento-Mor e Montemor-o-Velho (Margem direita do rio Mondego).” *Revista Fac. Ciências Univ. Coimbra*, vol. XL. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, n.º 62, pp.1-343, 59 fig., est. I-XII, quadros I-XVIII, 1 esboço geol., 1 carta geol.
- Soares, A. F., Cunha, L. & Marques, J. F. (2004) – “Depósitos quaternários do Baixo Mondego. Tentativa de coordenação morfo-genética.” *Actas II Reun. Quaternário Ibérico*.
- Soares, A. F. (1990) – *Apontamentos sobre a geologia de Coimbra*. Livro de Hom. Carlos Romariz. Geol. Económica e Aplicada, Lisboa, pp. 310-331.
- Soares, A. F. (2000) – “As unidades pliocénicas e quaternárias no espaço do Baixo Mondego (uma perspectiva de ordem).” *Estudos Quaternário*, R. A. Port. Est. Quaternário, Braga, n.º 2, pp. 7-17, 4 fig., 1 quadro.
- Soares, A. F., Cunha, L., Marques, J. F., Almeida, A. C. & Lapa, M. L. R. (1993) – “Depósitos de vertente no Cabo Mondego. Integração no modelo evolutivo do Quaternário do Baixo Mondego.” *Actas 3.ª Reunião Quaternário Ibérico*, Coimbra, pp. 199-208, 5 fig.
- Soares, A. F., Callapez, P. M. & Marques, J. F. (2007) – “The Farol Deposit (Depósito do Farol). A Pleistocene beach deposit from Cape Mondego (Figueira da Foz, West Central Portugal).” *Ciências Terra* (UNL), Lisboa, n.º 16, pp. 163-173, 8 fig., 1 pl.
- Soares, A. F. & Marques, J. F. (2004) – “O Quaternário da Bacia da Lousã. Algumas ideias.” *In Araújo, M. A. & Gomes, A. (Eds.), Geomorfologia do Noroeste da Península Ibérica*, Fac. Letras Univ. Porto, pp. 183-203.
- Teixeira C. (1954) – “Significado geológico dos blocos pseudo-erráticos na orla litoral do Centro do ...” *Mem. Academia Ciências de Lisboa*; Cl. Ciências, 6, pp. 451-468.
- Teixeira C. (1979) – “O Plio-Plistocénico de Portugal.” *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. 65; pp. 35-46. Lisboa.
- Teixeira, S. B.; Gaspar, P.; & Rosa, M. (2005) – “Holocene sea-level; index point on the Quarteira coast (Algarve, Portugal).” *In Freitas & Drago (eds). Proc. Coastal Hope 2005, Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*. Lisboa.
- Teixeira, C. & Zbyszewski, G. (1951) – “Note sur le Pliocene de la région à l'Ouest de Pombal.” *Com. Serv. Geol. Portugal*, v. 32. Lisboa.
- Teixeira, C. & Zbyszewski, G. (1954) – “Contribution à l'étude du litoral Pliocène au Portugal.” *Actas Congr. Geol. International*, CRXIX.
- Trevisan, L. (1950) – “Genèse des terraces fluviales en relation avec les cycles climatiques.” *C. R. Congr. Int. Geogr. Lisbonne*, 1949, v. II, pp. 511-528.
- Umberto Eco (2016) – *Obra Aberta* (trad. J. R. Narciso Furtado), Relógio d'Água. Lisboa.
- Zbyszewski, G. (1949) – “Contribution à la connaissance du Pliocène Portugais.” *Com. Serv. Geol. Portugal*, vol. 30. Lisboa.
- Zbyszewski, G. (1958) – “Le Quaternaire du Portugal.” *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. XIII, fs. I-II. Porto.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 16 DE FEVEREIRO DE 2017)

Alimentação dos frades no Convento de Jesus

Escavações na Academia das Ciências de Lisboa, Datação, Vertebrados

MIGUEL TELLES ANTUNES¹

ABSTRACT

This paper concerns animal remnants from human food waste accumulated in the sewage system at the Jesus monastery (Franciscan Third Order) building, later (1834) granted to the Lisbon Academy of Sciences. It provides further data that improve our knowledge, previously based on the excavations held at the Cloister, providing a glimpse on the fauna and on feeding aspects of the Community. One C14 age on an associated wood sample gave 150 ± 35 years BP. There are several time spans compatible with this result, whose maximum-minimum values are between 1765 and 1835 AD. All seems correlative of the important building work that was carried on after the great 1755 Lisbon earthquake.

The main part of the food supply shows the predominance in numbers of cattle relatively to sheep and pigs, the disproportion being still greater in weight. The approximate age of pig killings was before or shortly after 2 years except for one ca. 3 ½ years old individual, i.e. since piglets of about 6 months, or animals more than 10 months old to about 3 years in age. There are also some young sheep and cattle.

The general, intensive bone fragmentation indicates use in boiled or stewed cooking, profiting as much as possible of the nourishing matters, and not to steaks, grilled or roasted parts.

Environmental conditions were not in favor of intensive cattle and sheep breeding, but otherwise of the breeding of pig and poultry. The use of head parts is uncommon, that of trunk being maximal, feeble that of the fore legs, and important that of the rear legs and feet.

The high frequency of rats and mice explains that of gnawed bones. It may be related to that of predators as cat, perhaps dog, and rather large snake (*Molpolon monspeliensis*).

The monastic community was large enough to justify cattle slaughtering, even if this community inhabited in urban conditions. Pig consummation would expectably predominate.

Bird bones along with egg-shell fragments show the predominance of chicken, as well as the presence of pigeon. Bones do not reveal fire exposure. They could have been used for chicken soup, commonly consumed by sick (and other) people.

Some fish species were identified, along with many indeterminate fish remnants. Bones are rather well preserved, suggesting predominance of boiling and grilling over frying.

There are several mollusk species, in part edible. Other ones were used for production of decorative objects.

¹ Académico de Número; Director do Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa
E-mail: migueltellesantunes@gmail.com

Modifications are common. In part they resulted from human action through slaughtering and cooking: cut by large knife, chopper or knife, rarely by saw. Carpus and tarsus bones suggest dishes of “mão de vaca” (hand and feet) type.

The role of hunting is a minor one. There are some remnants of rabbit, maybe wild in part, hare, partridge and pigeon.

All in all, the nourishing was mainly a modest one with predominance of use of quite poor parts.

RESUMO

O presente estudo dá conta de restos de animais em detritos alimentares depositados em caneiros no Convento de Jesus. Fornece dados adicionais aos das escavações no Claustro, dando uma imagem da fauna e de aspectos da alimentação da comunidade. Determinação de idade C14 de madeira associada deu 150 ± 35 anos BP. Há vários intervalos compatíveis com a análise, com extremos entre 1765 e 1835 AD. Parecem corresponder a obras pós-terramoto.

A repartição numérica das espécies que constituíam o essencial da alimentação mostra predomínio de bovinos sobre ovinos e porcinos, com desproporção ainda maior em termos ponderais. Idade aproximada aquando do abate: porcos, antes dos 2 ou pouco após os 2 anos, um com ca. 3 ½ anos. Porcos desde aproximadamente 6 meses, ou com mais de 10 meses até ca. de 3 anos. Há pouco carneiro juvenil.

Em geral, intensa fragmentação aponta para cozidos ou guisados, com máximo aproveitamento de matéria alimentar, e não para grelhados, bifos ou nacos assados, sobretudo no espeto.

O contexto não permitiria criação intensa de bovinos e ovinos. Era possível a de porco e de galináceos. É fraco o aproveitamento da cabeça, máximo o do tronco, fraco o do membro anterior, importante o da perna e do pé.

A elevada frequência de rodelas atribuíveis a ratazanas e ratinhos explica a de roedores. Estes podem estar relacionados com predadores: gato, possível cão e cobra-rateira.

A comunidade era assaz numerosa para justificar abate de bovinos, ainda que habitasse fora do meio urbano, em que predominaria o consumo de porco.

A amostragem de aves ilustra predomínio de galináceos, conjugada com casca de ovo, além de um resto de pombo. Os ossos não revelam exposição a fogo. Serviriam, nomeadamente, em canjas, com frequência ministradas a doentes e outros.

Há diversas espécies de peixes e numerosos restos indeterminados. O bom estado dos ossos indica prevalência de cozidos e assados, sendo menor o papel da fritura.

Ocorrem moluscos utilizáveis na alimentação e para produção de objectos decorativos.

Verificam-se modificações devidas a acção humana, por abate, desmanche de carcaças ou culinária: destacam-se marcas de corte por facão, cutelo ou faca, raramente de serra. Ossos do carpo e do tarso sugerem cozinhados do tipo “mão de vaca”.

O contributo da caça é irrelevante. São raros os indícios de coelho, talvez em parte bravio, lebre, perdiz e pombo.

Em suma, predominava alimentação modesta, maioritariamente o consumo de partes pobres.

NOTAS PRELIMINARES

O edifício do Convento de Jesus da Ordem Terceira foi outorgado à Real Academia das Ciências em 1834. A construção vinha a decorrer desde finais do séc. XVI na área dita dos “Cardaes”. O Convento situava-se em área de urbanização no seguimento da do Bairro Alto. Havia amplos espaços abertos. Intervenções sucessivas foram alterando a estrutura, depois afetada pelo Terramoto.

Terremoto: acontecimento terrível, teve consequências para o Convento. Os espaços disponíveis nas sepulturas foram aproveitados para inumação anárquica de restos esparsos de vítimas; não de corpos em conexão. Mais de 300 indivíduos só na área escavada na ala Sul, alguns milhares no total. Da sepultura 133, escavada depois na ala Norte, saíram os esqueletos da “Maria de Lisboa”, uma criancinha e parte de um homem abatido à espadeirada.

Desabamentos, fogo, acção das águas, violência, houve de tudo. Em contraste com uma serena laguna tropical que aí existiu há vinte e poucos milhões de anos, protegida do mar aberto por barreiras de corais, havia áreas em parte emersas frequentadas por animais desde esquilos a rinocerontes, e por crocodilos (Antunes & Mein, 2012).

Entretanto, infiltrações de águas quase inutilizaram salas dos pisos inferiores, chegando a assumir proporções de inundação, de que resultaram importantes perdas de livros.

Procurando soluções, foram empreendidas pesquisas acerca de uma das prováveis origens dos problemas enunciados: o desconhecido sistema de esgotos, construído e modificado ao longo dos séculos, com realce para a reconstrução após 1755.

O sistema de esgotos era fundamental para o saneamento básico (Antunes, 2010) de um conjunto edificado que era suporte de atividades religiosas, de saúde e Ensino. Estavam em causa comunidades que chegavam a exceder uma centena de membros residentes, de que era necessário assegurar abastecimento de água, crucial numa área como a dos “Cardaes”, caracterizada por plantas indicativas de secura. Havia que prover a drenagem de águas residuais e detritos, e eliminar águas pluviais.

Daí a implantação de uma imponente cisterna, concluída em 1725, e de uma rede de esgotos. Continuaram a prestar serviço aquando da segunda História do sítio, após a sua outorga, em 1834, à Real Academia das Ciências.

Punham-se problemas em torno de uma condicionante *sine qua non*, o abastecimento de água, escassa em Lisboa. Viabilizaram o Convento e continuaram a prestar serviço aquando da segunda História do sítio, após a outorga à Real Academia das Ciências, em 1834.

Poucos se dão conta do esforço da Academia para resolver tais problemas. Entre outros, a confrangedora situação de áreas afectadas pelas águas, incluindo o Instituto de Lexicologia, com milhares de livros ensopados e carregados de fungos. Pensou-se em infiltrações oriundas da cisterna, apesar da excelente construção que resistiu ao megassismo. Instalou-se uma bomba imersa para a drenar; mas as infiltrações prosseguiram.

A situação requeria novas pesquisas, empreendidas pela ACL e cometidas ao Técnico, João Costa, desde 2013. Foram descobertos, recuperados e desobstruídos vários caneiros. Progrediu o reconhecimento da sua implantação, desde os maiores, onde pode circular uma pessoa a pé.

Pareceria assunto menor tratar de caneiros. Puro engano. Além do papel essencial na conservação das edificações, são preciosa fonte de informação.

Os caneiros foram bem construídos. A ligação entre elementos era conseguida com massa de areão, provavelmente das imediações do Seixal ou Coima, misturado com cal queimada e gordura animal. Séculos de circulação iam removendo a cal e libertando areia, o que facilitava a percolação e fragilizava as paredes, que iam ruindo. Daí, as inundações.

O espólio revelou-se particularmente interessante por fornecer dados acerca da alimentação, complementares das escavações na ala sul do claustro (*Memórias da ACL*, 2006-2007).

A situação requeria novas pesquisas, empreendidas pela ACL e cometidas ao Técnico, João Costa, entre 2013 e 2014. Foram descobertos, recuperados e desobstruídos vários caneiros. Além do papel essencial, até na conservação das edificações, constituem preciosa fonte de informação.

O caneiro principal estava exposto aquando da visita de D. Carlos, com João Franco, à construção do Liceu de Passos Manuel na antiga cerca do Convento, em Julho de 1907 (fig.). O reconhecimento da implantação dos caneiros progrediu. Os maiores, onde pode circular uma pessoa a pé, estavam entupidos com 80 cm de espessura de guano, removido em três carradas de camioneta. Outros menores foram expostos na área das cozinhas e refeitório. Tinham abobadilhas de tijolo-burro, fundo e paredes em placas de calcário. Na área contígua à Igreja, o caneiro das capelas mortuárias continha numerosos frascos de medicamentos e uma moeda de 5 escudos de 1980.

Outro caneiro, menor, na sala 2 do Museu (como se veio a verificar, relacionado com a oficina de ferreiro aí descoberta), revelou louças portuguesas e orientais, vidros do séc. XVIII e restos alimentares – ossos e conchas. Estava entupido com detritos que, por capilaridade, provocavam subida de águas.

O espólio revelou-se particularmente interessante por fornecer dados acerca da alimentação da comunidade, complementares dos que advieram das escavações na ala sul do claustro (cf. *Memórias da ACL*, 2006-2007).

O transporte de materiais de construção civil para Lisboa, o principal mercado, evoca as fragatas que enxameavam o Tejo e transportavam produtos agrícolas, areias e os apreciados tijolos e telhas de Palença, grande fábrica a poente de onde hoje está a Ponte.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo do material arqueozoológico proveniente do caneiro descoberto na Sala do Museu durante a reposição do piso original, em lajedo de calcário, é relevante. Primeiro, porque dá informação acerca da alimentação da comunidade que então habitava o Convento e de alguns aspectos da sua economia.

Foram removidos metros cúbicos do enchimento, a lavar e crivar para obter pequenos objectos e restos de animais. Apenas foram limpos os macrorrestos, o que distorce a amostragem em favor das peças maiores. É numerosa a documentação referente a comensais/predadores.

O estudo arqueozoológico foi efectuado por nós. Recorremos a literatura referente a Portugal (Saldanha, 1995 e outra; Guerreiro & Rainer, 2000; Bruyne, 2003) e, para vertebrados, à nossa osteoteca. O estudo de moluscos e coraliários é da autoria de Pedro Callapez, esperando-se que seja publicado mais tarde.

As inter-relações de abundância relativa entre as espécies baseiam-se na contagem das peças determináveis. É característica geral a fragmentação.

Quando haja percussão, ocorrem fracturas espiraladas ou fracturas cominutivas com esquirolas; – outras marcas são produzidas por animais: comensais, sobretudo ratazana e, aparentemente, também ratinho, ou domésticos, com realce para o cão. Não são expectáveis actuações de carnívoros não-domésticos. Enfim, foram observadas marcas mal definidas, talvez produzidas por incisivos humanos.

Ainda acerca de modificações, pouca é a relevância de alterações por fogo.

Outra abordagem assenta no peso, visto que o peso do esqueleto é grosseiramente proporcional ao dos animais correspondentes. Não pudemos determinar o *MNI* (*Minimal Number of Individuals*) v. Reitz & Wing (2001: 223). Podemos, outrossim, basear-nos nos *NISP* (*Number of Identified Specimens*).

Tentaremos avaliar as proporções numéricas entre as principais espécies e ponderá-las. Considerá-mos, de maneira imprecisa dadas as grandes margens de variação ponderal e por estarem em causa raças antigas, pesos hipotéticos de 200 kg para bovinos, 70 para suínos e 30 para ovinos. É óbvio o predomínio dos mamíferos de maior porte (Tabela 2).

DATAÇÃO

Outro problema põe-se quanto à datação. Ao edifício conventual havia sido acrescentado o edifício da magnífica Biblioteca, inaugurada pelos Príncipes D. João (futuro D. João VI) e esposa, D. Carlota Joaquina, em 1795. O assentamento das lajes calcárias que constituíam o primitivo pavimento está relacionado com a instalação e exploração de uma forja. As obras requeriam a implantação de pequenos tocos de madeira para acertar o nivelamento; como é óbvio, a madeira é mais antiga, supomos que pouco mais do que as obras da Biblioteca.

Uma amostra de madeira foi submetida a datação ^{14}C no C2TN7 INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO/ UNIVERSIDADE DE LISBOA por Pedro Valério e Maria de Fátima Araújo. Eis os resultados:

Ref. do Laboratório	Ref. da Amostra	Tipo	$\Delta^{13}\text{C}$ (‰)	Idade (anos BP)	Data calibrada
Sac – 3021	AC	Madeira	-25	150 ± 35	*

“* Ao calibrar a data obtida, fazendo uso do programa CALIB 7.0.0 (STUIVER e REIMER, 1993, *Radiocarbon*, 35, 213-230) e com base na curva IntCal13 (REIMER *et al.*, *Radiocarbon*, 55 (4), 2013, pp. 1869-1887), obtêm-se os seguintes intervalos:

Para 1 sigma:

1670-1695 cal AD (0.178269): 1726-1779 cal AD (0.393201):
1798-1813 cal AD (0.108073): 1837-1843 cal AD (0.028297):
1852-1868 cal AD (0.092717): 1873-1876 cal AD (0.010791):
1918-1943 cal AD (0.188652).

Para 2 sigma:

1667-1712 cal AD (0.175999): 1716-1783 cal AD (0.316294):
1796-1891 cal AD (0.333411): 1909-1949 cal AD (174296).

Sacavém, 01 de Julho de 2015

Notas: BP (Before Present) refere-se ao ano de 1950 (ano zero) e aplica-se às datas convencionais de radiocarbono. Cal BC e cal AD referem-se a datas calibradas por dendrocronologia. Em todas as publicações onde se mencione a idade deverá citar-se a referência Sac -3021. O intervalo de confiança associado à data corresponde aos erros estatísticos e de outro tipo cometidos na medição do teor em Carbono14 da amostra.”

Como se vê, há vários intervalos compatíveis com a análise. Os extremos situam-se em 1765 e 1835 AD. Parecem correlativos de obras pós-terramoto e do desenvolvimento do plano de construções patrocinado por Joseph Mayne, Manoel do Cenáculo e outros.

RESULTADOS

Apresentamos, além dos resultados C¹⁴ os do estudo faunístico, nas Tabelas 1 e 2. Referem-se ao enchimento do caneiro da Sala 2 do Museu da ACL, Dezembro de 2014. Temos em conta dados referentes às colheitas noutros caneiros e às prévias escavações no Claustro.

Indicam-se números de restos.

A associação de invertebrados é curiosa por, em parte significativa, serem desprovidos de valor na alimentação humana. Alguns moluscos serviam para criar objectos artísticos com requintada ornamentação. Há exemplos excelentes, provavelmente produzidos no Convento.

A lista de vertebrados total é como segue, após triagem das terras do caneiro da Sala 2 do Museu (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1
Lista de vertebrados do caneiro da Sala 2

Mamíferos ($\Sigma = 182$)	Nome vulgar/ n.º de restos ($\Sigma = 207$)
? <i>Canis familiaris</i> L. (só roidela)	Cão/ -
<i>Felis domestica</i> L.	Gato/ 3+?1
<i>Rattus norvegicus</i> L.	Ratazana/ 3
? <i>Mus spretus</i> L. (só roidela)	Ratinho/ -
<i>Oryctolagus cuniculus</i> (L.)	Coelho/ 1
<i>Lepus capensis</i> L.	Lebre/ 1
<i>Sus domesticus</i> L.	Porco/ 22
<i>Bos taurus</i> L.	Boi, vitelo/ 89
<i>Ovis aries</i> L.	Carneiro/ 30
9 pequenos + 173 grandes = 182	+ 32 indeterminados = 182
Aves ($\Sigma = 18$)	
<i>Gallus gallus</i> L.	Galo, galinha, frango, ovo / 14
<i>Allectoris rufa</i> (L.)	Perdiz/ 2
<i>Columba livia</i> (L.)	Pombo/ 1
Pequena ave indeterminada (úmero completo)	?/ 1
Répteis ($\Sigma = 18$)	
<i>Malpolon monspessulanus</i> (Hermann)	Cobra-rateira
Peixes ($\Sigma = 1$)	
<i>Trigla</i> sp.	Ruivo/ 2
Outros Teleósteos	- / 7
$\Sigma = 210$	Total $\Sigma = 210$

É óbvio o predomínio dos mamíferos de maior porte (Tabela 2).

TABELA 2
Mamíferos do caneiro da Sala 2, n.º de peças identificadas, %

Nome vulgar / Espécies	N.º	%
Gato – <i>Felis domestica</i>	4	2.7
Ratazana – <i>Rattus norvegicus</i>	2	1.3
Coelho – <i>Oryctolagus cuniculus</i>	1	0.7
Lebre – <i>Lepus capensis</i>	1	0.7
Porco – <i>Sus domesticus</i>	22	14.8
Boi, vitelo – <i>Bos taurus</i>	89	59.7
Ovinos – <i>Ovis aries</i>	30	20.1
Total / Percentagens Σ =	149	100.0 %

O essencial do fornecimento de proteínas era conseguido graças ao aproveitamento minucioso de bovinos, com restos reduzidos a fragmentos de costelas e ossos dos membros, quase sem nada do esqueleto cefálico. Perfazem cerca de 60% em número de peças e muito mais em peso.

No concernente a peixes, há dados adicionais referentes ao caneiro principal, a par dos conhecidos nas escavações do claustro (Tabela 3).

TABELA 3
Peixes do caneiro principal

<i>Alosa alosa</i> L.	sável
<i>Sparus aurata</i> L.	dourada
<i>Pagrus pagrus</i> (L.)	pargo
? <i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich)	? besugo
? <i>Argyrosomus regius</i> (Asso)	? corvina
<i>Trigla</i> sp.	ruivo
	teleósteos indeterminados

DADOS QUANTITATIVOS

Obtivemos dados quantitativos acerca do número de peças das espécies predominantes e localização anatômica (Tabela 4).

TABELA 4
Número de peças das espécies predominantes e localização anatômica

Segmentos anatómicos		Bovinos	Ovinos	Suínos	Σ
Esqueleto cefálico	/ ossicone, fragm.	-	2	Não têm	9
	/ ossos periféricos indeterminados	3	1	-	
	/ maxilas, dentes	-	-	3*	
Esq. axial	/ vértebras	9	4	1	46
	/ costelas	15	9	8	
Esqueleto apendicular anterior	/ omoplata	-	-	1	13
	/ úmero	-	1	1	
	/ rádio	-	2	3	
	/ ulna	-	-	-	
	/ carpo	5	-	-	
	/ metacarpo	-	-	-	
Esqueleto apendicular posterior	/ coxal	2	2	-	32
	/ fémur	8	2	1	
	/ tíbia	4	7	1	
	/ fíbula	-	-	-	
	/ tarso	5	-	-	
	/ metatarso	-	-	-	
Total: N= 100**		51 / 51 %	30 / 30 %	19 / 19%	100
/ Percentagem 100 %					

* P³ – P⁴ esquerdos; I inferior esquerdo; C inferior esquerdo. ** Por mera coincidência, o número indicado é mesmo de 100.

Enfim, apresentamos a repartição aproximada de fragmentos de segmentos anatómicos atribuídos a *Bos taurus* (Tabela 5):

TABELA 5
Repartição por segmentos anatómicos de *Bos taurus*, canino da Sala 2

<i>Bos taurus</i>	N.º de fragmentos	%
Ossos cranianos indeterminados	22	1.8
Vértebras	72	5.8
Costelas	219	17.6
Ossos do membro anterior	53	4.3
Ossos do membro posterior	480	38.6
Indeterminados, mas de <i>Bos</i>	123	9.9
Totais Σ =	969	78.0
Outros indeterminados (<i>Sus</i> , <i>Bos</i> , <i>Ovis</i>)	275	22.1
Totais $\Sigma \Sigma$ =	1244	100.1

Predominam fragmentos de costelas e, sobretudo, de ossos do membro posterior. Destacam-se os do tarso e metatarso, resistentes e difíceis de cortar com faca pesada ou facão. A desproporção ponderal excede a desproporção numérica, o que está relacionado com os pesos individuais atribuíveis a bovinos, ovinos e suínos. Saliente-se que se trata apenas de uma aproximação, pois os pesos reais são muito variáveis, condicionados pela idade, raça, características da criação e estado de nutrição.

Predominam bovinos. Por outro lado, o número de ovinos excede o de suínos. Apesar de a seguir aos bovinos surgirem os ovinos, a relação ponderal é a inversa devido ao maior peso individual do porco (v. Fig. 1).

OUTROS

Os mamíferos menores estão pouco representados: coelho, talvez doméstico, a par da lebre, denotando certo luxo ou algum evento especial. Então, existia uma cerca com espaços susceptíveis de albergar fauna, como se viu pelas escavações do Claustro e pela presença de cobra-rateira, *Malpolon monspessulanus* (Antunes, 2006/2007: 225) (Maravalhas & Soares, 2017: 280-285). A lebre poderia frequentar a área, muito menos urbanizada do que hoje.

O contributo das aves resume-se à galinha e à escassa perdiz, para a qual serviriam as considerações a propósito da lebre.

São comuns teleósteos, dentre os quais o ruivo (*Trigla* sp.). Foi este o contributo da pesca e do peixe do mar interior, o “estuário” do Tejo, que deveriam representar papel alimentar importante. No Claustro foram obtidos peixes, sendo de realçar o sável (*Alosa alosa*), hoje impossível em tal escala pela rarefacção devida à poluição e às barragens.

É fraca a representação dos *Sparidae* (dourada, pargo, etc.) ou do robalo. Os restos colhidos no Claustro podem ser detritos alimentares sem transporte significativo, que tenderia a destruí-los, mas antes restos de refeições *in loco*.

MODIFICAÇÕES

O material exhibe modificações devidas a acção humana: marcas de corte, algumas atribuíveis a raspagem ao descarnar, e fracturas em espiral resultantes de impacte de facão ou cutelo pesados. Outras devem-se a animais, como numerosíssimas rodelas de ratazana. É concludente a comparação com marcas de *Rattus norvegicus* ao tentarem penetrar num contentor de plástico (Fig.).

É de salientar a analogia com marcas de roedor imprimindo os pares de incisivos (v. Reitz & Wing, 2001, fig. 5.12). São raras as marcas de cão.

LISTAS DAS PEÇAS IDENTIFICADAS

Sus (porco)

ESQUELETO CEFÁLICO/ DENTIÇÃO

Dentição superior – Incisivo¹ direito, raiz incompleta, faceta de abrasão, adulto; – Canino superior esquerdo, com faceta de abrasão, partido pela base da coroa, de pequenas dimensões, indivíduo jovem;

– P⁴ esquerdo com um pedaço de maxilar, abrasão avançada, adulto; – M¹ esquerdo, completo com as raízes, abrasão muito avançada, adulto; – M² esquerdo, sem raízes, ligeira abrasão só no lofo mesial, subadulto com 1.5 a 2 anos (I.A.Silver, 1971: 298-299, *Old data*) (P⁴, M¹ e M² parecem do mesmo indivíduo); – M² esquerdo, sem raízes, abrasão avançada, adulto.

Dentição inferior – I₁ esquerdo, faceta de abrasão incipiente, subadulto; – I₂ direito, leves vestígios de abrasão, subadulto (2,5 a 3 anos, idem, *Old data*); – P₁ direito com faceta de abrasão, adulto?; – M₃ direito, germe, resta o talónido, subadulto <3 anos. Fragmentos dentários não identificados: 3 de incisivos, 4 de pós-caninos.

Número mínimo de indivíduos: NMI= 2, um adulto e um subadulto, pelo menos.

ESQUELETO APENDICULAR

– Coxal esquerdo (fragmento de ísquio), cortado, roído; – Tíbia esquerda, porção proximal de diáfise, osso juvenil; – Tíbia esquerda, epífise distal, juvenil quase adulto, <2 anos (Silver, idem: 286); – Metápodo lateral (2 ou 5, lado indeterminado), epífise distal, 2 a pouco mais anos, subadulto.

N.º total de restos de *Sus*: $\Sigma = 21$, NMI= 2.

O número de restos é limitado. É provável que lhe pertençam pequenos fragmentos ósseos misturados com carneiro. Predominam restos dentários, o que não sucede com *Bos* e *Ovis*. Não parece sustentável que o aproveitamento do porco incidisse mais na cabeça do que nos outros casos.

Bos (boi, vitelo)

ESQUELETO CEFÁLICO (nada)

ESQUELETO AXIAL

– Três vértebras incompletas, cortadas; Cervical 3, osso juvenil; Dorsal posterior sem epífise, juvenil; Lombar (5?), sem epífise, juvenil; – Três fragmentos vertebrais, cortados, com roidelas.

ESQUELETO APENDICULAR

Membro anterior – Úmero esquerdo, extremidade distal cortada, com roidela de animal muito maior que ratazana, opostos, com incisivos superiores e inferiores, cão?; – Escafóide direito, com roidela; – Capitato-trapezóides esquerdo e direito, incompletos, cortados, um com roidelas de ratazana, outro com superfície articular estalada, possivelmente submetida a fogo; – Pisiformes, esquerdo cortado e direito completo, ambos com roidela de ratazana; – 3.^a falange da mão, algo incompleta, parece juvenil.

Membro posterior – Dois maleolares direitos, com roidelas, um deles completo; – Astrágalo(s) esquerdo(s), três fragmentos sem conexão, cortados, um estalado (submetido a fogo?); – Astrágalo direito, cortado a cerca de metade em sentido longitudinal, com marcas de corte e perdas de matéria; – Calcâneo esquerdo, fragmento com a superfície articular do processo lateral (interno) para o osso maleolar, corte, roidela de ratazana; – Cubo-escafóide esquerdo, com marcas de tentativas de corte na parte inferior, intensa roidela por ratazana; – Cubo-escafóide direito, incompleto, marcas de corte, sem roidela.

Fragmentos não identificados – Quatro atribuíveis a *Bos*, um com marcas de corte e de roidela de animal maior que ratazana (cão?).

N.º total de restos de *Bos*: $\Sigma = 26$. A amostragem poderia ser compatível entre si, o que não permite determinar o NMI. Está representado, pelo menos, um subadulto, < 5 anos.

***Ovis* (carneiro)**

ESQUELETO CEFÁLICO (nada)

ESQUELETO AXIAL

– Vértebra cervical, cortada, juvenil, mostrando parte da superfície da cartilagem de conjugação para a epífise, corpo fundido com o arco neural (>3 a 6 meses), corpo não fundido com a epífise <5 anos (Silver, idem: 285) – possível subadulto; – duas cervicais, cortadas, uma muito roída por ratazanas; – Arco neural incompleto de 1.ª vértebra lombar; – Fragmento de vértebra de posição indeterminada, marcas de corte e roidela de ratazana; – quatro fragmentos de costelas (osso parece juvenil).

ESQUELETO APENDICULAR

Membro anterior – Omoplata esquerda, fragmento, cortes (faca); – Úmero direito, porção distal, marcas de corte, sem roidela; – Rádio esquerdo, porção proximal, corte, epífise proximal soldada <> mais de 10 meses; – Rádios esquerdo e direito com epífises distais completas, <3 anos; – Cúbito esquerdo, porção olecraniana, corte, roidela de ratazana, sobretudo na borda de um buraco talvez de mordidela de cão; – Escafoide esquerdo, completo; – Piramidal esquerdo; – Unciforme esquerdo, talvez compatível com os dois ossos precedentes.

Membro posterior – Fémur direito, porção proximal sem epífises <> menos de 2,5 a 3 anos, juvenil, corte, sem roidela; – Fémur esquerdo, porção de diáfise, juvenil, corte espectacular (**aparentemente serrado**), excelentes marcas de roidela de ratazana; – Tíbia direita, porção proximal sem epífise (<de 3 a 3.5 anos) (Silver, idem: 286), osso juvenil reduzido à periferia, marcas de corte, sem roidela; – Tíbia esquerda, porção distal sem epífise (menos de 1.5 a 2 anos) (ibidem), corte na extremidade proximal, fractura moderna; – Calcâneo esquerdo, extremidade proximal (*tuber calcis*), mutilada, aparentemente juvenil mas epífise soldada (> 2,5 a 3 anos) (ibidem), escassas impressões de mordidela de ratazana; – lote de Cuboscafoídes, 2 direitos e 3 esquerdos, completos, dos quais um pouco maior que os demais; **NMI = 3.**

Ossos indeterminados – osso do carpo ou tarso, indeterminado; – Falange I incompleta, sem epífise proximal, juvenil, cortada; – Falange I, fragmento da extremidade distal; – Falange II sem epífise proximal, juvenil.

N.º total de restos de *Ovis*: $\Sigma = 32$. NMI= 3. Predominam restos de subadulto.

IDADE DOS ANIMAIS AQUANDO DO ABATE

Alguns espécimes fornecem indicações acerca da idade à morte.

Suínos: Fragmento de maxilar esquerdo com P³– P⁴ e parte dos alvéolos de P² e M¹; canino inferior esquerdo e incisivo inferior, pré-molares com pouco desgaste, dentição lacteal substituída pouco antes; a erupção de P³, a mesma de P⁴, é de 12 a 16 meses, ou de 2 anos antigamente (Silver, 1971: 298-299, *Table G*), a idade pouco ultrapassaria os 2 anos; – porção de rádio direito com epífise distal soldada; sinostose

recente (soldadura cerca dos 3 ½ anos – Silver, 1971: 285, *Table A*); – tibia esquerda, porção de diáfise sem epífise distal, não soldada.

Bovinos: restos de 4 epífises vertebrais, mais uma com o corpo soldado a uma epífise (fusão cerca dos 5 anos – Silver, 1971: 285, *Table A*); – porção de calcâneo direito com o *tuber calcis*, cerca de 3 a 3 ½ anos (Silver, 1971: 286, *Table A continued*).

Ovinos: fragmento vertebral com corpo e epífises soldadas há pouco, 3 a 6 meses (Silver, 1971: 285, *Table A*); fragmento com parte da arcada e uma epífise soldada há pouco, mesmo significado; neurapófise com parte do corpo, ainda com superfície para a epífise, representando um estágio algo anterior; – porção distal de úmero esquerdo, epífise distal soldada, > 10 meses (Silver, idem: 285, *Table A*); – rádio esquerdo, porção distal, epífise soldada há pouco, ca. de 3 anos (Silver, idem: 285, *Table A*); – rádio direito, epífise distal, <ca. de 3 anos (ibidem); – fragmento proximal de fémur esquerdo sem epífises, 2 ½ a 3 anos (Silver, 1971: 286, *Table A continued*); – fragmento distal de tibia esquerda com superfície para a epífise distal, <1 ½ a 2 anos (Silver, idem: 286, *Table A continued*).

Deixando de lado lebre e perdiz, constata-se haver menos borrego e porco, com fraco aproveitamento da cabeça (Tabela 6).

TABELA 6
Número de peças das espécies predominantes e localização anatômica

Segmentos anatómicos	Bovinos	Ovinos	Suínos	Σ
Esqueleto cefálico / ossicone, fragm. / ossos periféricos indeterminados. / maxilas, dentes	- 3 -	2 1 -	Não têm - 3*	9
Esq. axial / vértebras / costelas	9 15	4 9	1 8	46
Esqueleto apendicular anterior / omoplata / úmero / rádio / ulna / carpo / metacarpo	- - - - 5 -	- 1 2 - - -	1 1 3 - - -	13
Esqueleto apendicular posterior / coxal / fémur / tibia / fíbula / tarso / metatarso	2 8 4 - 5 -	2 2 7 - - -	- 1 1 - - -	32
Total: N= 100** / Percentagem 100 %	51 / 51 %	30 / 30 %	19 / 19 %	100

* P³ – P⁴ esquerdos; I inferior esquerdo; C inferior esquerdo. ** Por coincidência, o número indicado é mesmo de 100.

Somatório de restos acima indicados das espécies referidas: – esqueleto cefálico, 9; – esqueleto axial, 46; – esqueleto apendicular anterior, 13; – esqueleto apendicular posterior, 32.

REPARTIÇÃO PONDERAL

Vejam os a repartição ponderal dos restos ósseos das espécies mais comuns do Caneiro da Sala 2 (Tabela 7 e Fig. 1); o pequeno número de restos das espécies de menores corpulência e peso torna irrelevante qualquer tentativa similar para estas.

Os resultados valem o que valem, pois muitos fragmentos são de identificação problemática. Resta analisar os dados ponderais (Tabela 7 e Fig. 1).

TABELA 7
Proporções ponderais das espécies predominantes, caneiro da Sala 2

Espécie, N.º, %	Peso (g)	Percentagens (%) em peso
<i>Ovis aries</i> N= 30 30.0 %	107	8.8
<i>Sus domesticus</i> N= 19 19.0 %	134	11.1
<i>Bos taurus</i> N= 51 51.0 %	971	80.1
Totais Σ = 100 100.0 %	Total Σ = 1212 g	Total Total Σ = 100.0 %

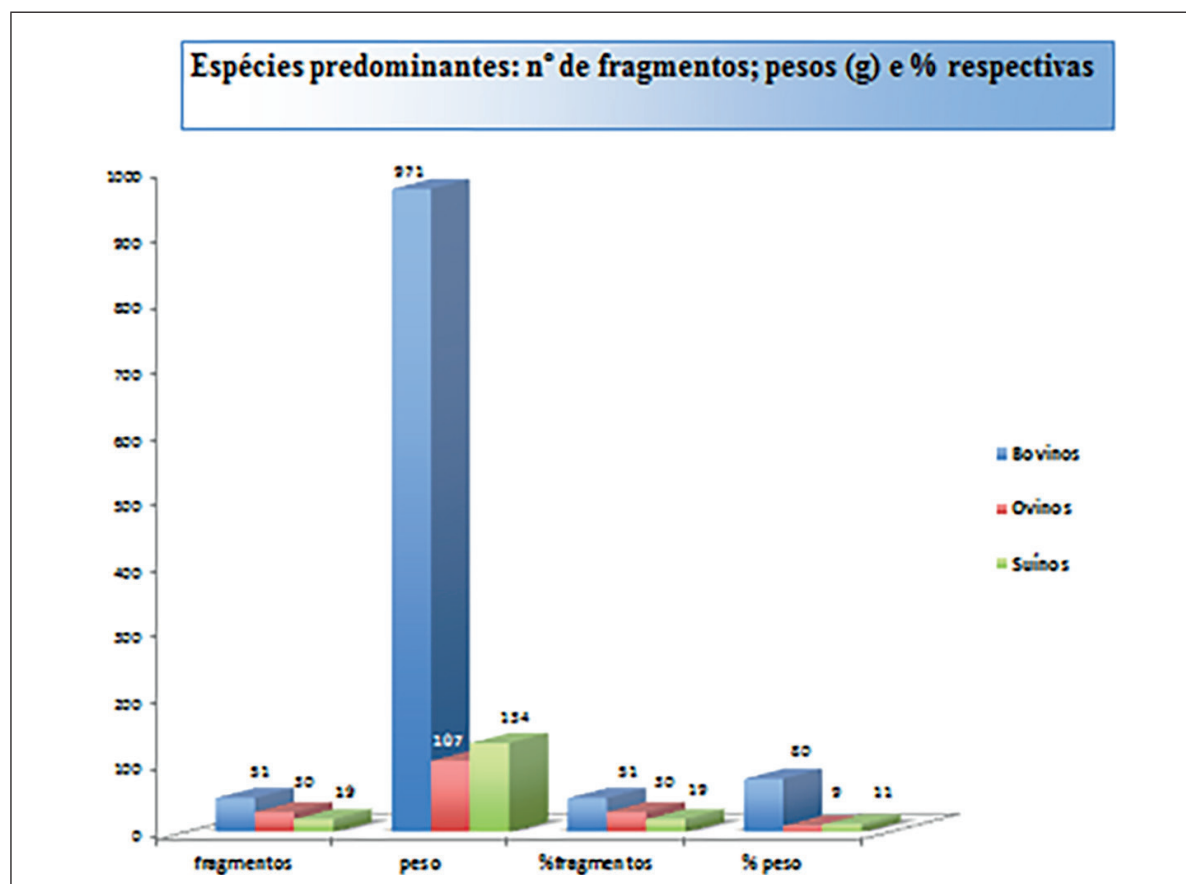


Figura 1.

ACL, Museu, Sala 2, caneiro: percentagens numéricas e ponderais de restos de cozinha/espécies predominantes, baseadas nos restos identificados (NISP) das espécies predominantes.

A desproporção ponderal excede a desproporção numérica, o que está relacionado com os pesos individuais atribuíveis a bovinos, ovinos e suínos. Saliente-se que se trata apenas de uma aproximação, pois os pesos reais são muito variáveis, até porque condicionados pela idade, raça, características da criação e estado de nutrição.

Predominam bovinos. Por outro lado, o número de ovinos excede o de suínos. Apesar de a seguir aos bovinos surgirem os ovinos, a relação ponderal é a inversa devido ao maior peso individual do porco.

MODIFICAÇÕES

O material exhibe modificações: devido a acção humana, são frequentes marcas de corte, algumas atribuíveis a raspagem ao descarnar, há fracturas em espiral resultantes de impacte de facão ou cutelo pesados; devido a animais- incluindo numerosíssimas rodelas de ratazana que chegam a modificar muito a morfologia de fragmentos ósseos. É concludente a comparação com marcas de *Rattus norvegicus* ao tentarem penetrar num contentor de lixo, de plástico (Fig. 2).

É de salientar a estreita analogia com as marcas de roedor ao imprimir os pares de incisivos (v. Reitz & Wing, 2001, fig. 5.12). São raras as marcas de cão, não muito grande.

CONCLUSÕES

O presente estudo dá conta de restos de animais provenientes sobretudo de detritos alimentares depositados num caneiro há pouco descoberto no edifício do antigo Convento de Jesus, desde 1834 outorgado à Academia das Ciências de Lisboa. Fornece dados complementares aos proporcionados pelas escavações realizadas no Claustro, dando uma imagem mais completa da fauna representada e, em especial, de aspectos da alimentação da comunidade monástica. Determinação de idade C14 de madeira associada deu 150 ± 35 anos BP. Há vários intervalos compatíveis com a análise, com extremos entre 1765 e 1835 AD. Parecem correlativos de obras pós-terramoto.

Assim, a repartição numérica relativa das espécies que constituíam o essencial da alimentação mostra predomínio de gado bovino sobre ovino e porcino, por esta ordem. A desproporção é ainda maior em termos ponderais; a escassa diferença entre ovinos e suínos inverte-se em peso, devido ao maior peso individual dos porcos. À semelhança de outros casos, estão ausentes os Equídeos.

Foi possível determinar a idade aproximada aquando do abate. Alguns porcos foram abatidos antes dos 2 ou pouco após os 2 anos, outro com uns 3 ½ anos. Eram aproveitados suínos juvenis desde uns 6 meses, ou com mais de 10 meses até ca. de 3 anos. É um contexto quase sem leitões nem vitelos, e com pouco carneiro juvenil.

A determinação do sexo não foi tentada por falta de peças cranianas e ossos coxais. Excepção, um canino inferior de porco macho adulto. É certo, há fragmentos de ossicones de *Ovis*, mas os chifres podem ocorrer em ambos os sexos.

Em geral, intensa fragmentação aponta para cozidos ou guisados, com máximo aproveitamento de matéria alimentar, e não para grelhados, bifes ou nacos assados, sobretudo no espeto.

O contexto ambiental não permitiria criação intensa de bovinos e ovinos. Era possível a de algum porco, então corrente em meios urbanos, bem como de galináceos. É fraco o aproveitamento da cabeça, máximo o do tronco, fraco o do membro anterior, importante o da perna e do pé.

Caneiros inçados de ratazanas e ratinhos explicam a frequência de roidela e podem estar relacionados com predadores: gato, possível cão e cobra-rateira (encontrada no Claustro).

A estrutura do abastecimento recorda a coexistência de associações diversas na Gália romana (Chaix & Ménial, 2001: 162-163): o espectro reconhecido é semelhante ao das *villae* onde a população era suficiente para justificar abate de bovinos. Tudo parece conforme com uma comunidade assaz numerosa, fora do meio urbano. Neste, predominaria o consumo de porco, que tinha a vantagem de aproveitar sobejos e lixos.

A escassa amostragem de aves ilustra predomínio de galináceos, conjugada com o achado pouco comum de casca de ovo além de, pela primeira vez, um resto de pombo. Os ossos não revelam exposição a fogo. Serviriam, nomeadamente, em canjas, ministradas a doentes e outros. Uma minoria de ossos maiores deve pertencer ao sexo masculino, mesmo na falta dos esporões.

A representação de peixes revela diversas espécies e numerosos restos indeterminados. O consumo, essencial em jejum, sobretudo na Quaresma, é difícil de avaliar. O bom estado dos ossos indica prevalência de cozidos e assados, sendo menor o papel da fritura.

Ocorrem moluscos utilizáveis na alimentação, a par de outros para fabrico artesanal, no Convento, de quadros e outros objectos decorativos.

Verificam-se modificações, em parte devidas a acção humana por abate, desmanche de carcaças ou acções culinárias: destacam-se marcas de corte por instrumento pesado, facão, cutelo ou faca, sendo infrequentes as marcas de serra. Ossos do carpo e do tarso sugerem aproveitamento em cozinhados do tipo “mão de vaca”.

O contributo da caça é irrelevante, traduzindo algum luxo limitado ou oferta a alguém. São raros os indícios: coelho, talvez em parte bravio, lebre, perdiz e pombo.

Em suma, predominava alimentação modesta onde predominava consumo de partes pobres, rareando as melhores.

REFERÊNCIAS

- Antunes, Miguel Telles (2006-2007 publ. 2011) – “Vítimas do Terramoto de 1755 e o Convento de Jesus” (Academia das Ciências de Lisboa) – Tentativa de síntese. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa/ Classe de Ciências*, XLIII/ Volume II, Lisboa 2006-2007: 213-241 pp.
- Antunes, Miguel Telles (2010) – História antiga e Património da Academia das Ciências de Lisboa. *Instituto dos Museus e da Conservação MUSEOLOGIA.PT#4.2010. Dossiê/ Museus de Ciência*: 166-185 pp.
- Antunes, Miguel Telles & Mein, Pierre (2012) – “A new lower miocene small mammals site at the cloister of the Lisbon Academy of Sciences and mammalian immigration into westernmost Europe.” *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 25 (3-4): 209-217 pp.
- Bruyne, R. H. de (2003) – *The Complete Encyclopedia of SHELLS*. REBO Publishers, Lisse. 336 pp.
- Chaix, L. & Ménial, P. (2001) – *Archéozoologie/ Les animaux et l'archéologie*. Éditions errance, Paris. 239 pp.
- Guerreiro, A. & Reiner, F. (2000) – *Moluscos marinhos da Ilha de S. Vicente (Arquipélago de Cabo Verde)*. Ed. Câmara Municipal de Oeiras – Gabinete de Comunicação. 279 pp.
- Lavocat, R. (Directeur) (1966) – *Atlas de Préhistoire/ Tome III/ “FAUNES ET FLORES PRÉHISTORIQUES DE L'EUROPE MOC-CIDENTALE.”* Éditions N. Boubée et C^{ie}, Paris. 486+3 pp.

- Maravalhas, Ernestino & Soares, Albano (2017) – Anfíbios e Répteis de Portugal / *Amphibians and Reptiles of Portugal*. Coordenação científica *Scientific coordination* Rudolf Malkmus & Armando Loureiro. BOOKY Publisher/ Quercus. 280-285 pp.
- Pales, L. & Lambert, Ch. (1971) – “Atlas ostéologique pour servir à l’identification des MAMMIFÈRES DU QUATERNAIRE I. Les membres/ CARNIVORES.” *Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris. 48 estampas.
- Idem (1971) – Idem. “I. Les membres/ HERBIVORES.” Idem. 84 estampas.
- Idem (1981) – Idem. “II. Tête – Rachis/ Ceintures scapulaire et pelvienne/ CARNIVORES/ HOMME.” Idem. 77 estampas.
- Idem (1981) – Idem. “II. Tête – Rachis/ Ceintures scapulaire et pelvienne/ HERBIVORES.” Idem. 177 estampas.
- Reitz, E. J. & Wing, E. S. (2001, reprinted) – “Zooarchaeology”. *Cambridge Manuals in Archaeology*. 455 pp.
- Saldanha, L. (1995) – *Fauna Submarina Atlântica: Portugal Continental, Açores e Madeira* (Edição revista e aumentada). Publicações Europa-América. 364 pp.
- Schmid, E. (1972) – *Atlas of Animal Bones for Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists: Knochenatlas für Prähistoriker, Archäologen und Quartärgeologen*. Elsevier Publishing Company/ Amsterdam – London – New York. 159 pp.
- Silver, I. A. (1971, reprinted) – 26 The Ageing of Domestic Animals. *Science in Archaeology/a survey of progress and research*. Revised and enlarged edition/edited by Don Brothwell and Eric Higgs with a foreword by Grahame Clark: 283-302.
- [19 artigos apresentados no Colóquio em 26 e 27 de Fevereiro de 2007, incluídos no volume correspondente, impresso em Fevereiro de 2011 – *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa/ Classe de Ciências/ Tomo XLIII/ Volume II, Lisboa 2006-2007*: 456 pp.]

AGRADECIMENTOS

Deixamos aqui a expressão do nosso agradecimento a todos quanto nos deram apoio, nomeadamente a João Costa e a Paulo Alexandre Correia.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 2 DE MARÇO DE 2017)

ESCAVAÇÕES NOS CANEIROS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA (2014)

APÊNDICE Moluscos e Coraliários

Por

PEDRO CALLAPEZ

Departamento de Geociências/ Faculdade de Ciências e Tecnologia/ Universidade de Coimbra

A – Espécies marinhas – Tejo

1	<i>Flexopecten flexuosus</i>	1 V + 1 FV
	<i>Ruditapes decussata</i>	4 VE + 2 FVE + 1 VD + 7 F
	<i>Sepia officinalis</i>	2 F↑ + 1 F↓
	<i>Pteria hirundo</i>	1 articulado + 1 FVE v + 1 F
5	<i>Pinna pectinata</i>	10 F↑ + 8 F↓ (≈ 3 valvas)
	<i>Bittium reticulatum</i>	10 + 1 F
	<i>Cerastoderma edule</i>	70 F + 7 VE + 7 VD
	<i>Parvicardium exiguum</i>	2 VE + 1 VD
	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	1 VE
10	<i>Acanthocardia aculeata</i>	1 F↑ + 3 F↓
	<i>Chlamys varius</i>	1 F + 1 FVE
	<i>Nucula nucleus</i>	1 VE
	<i>Osilinus lineatus</i>	1
	<i>Patella ulyssiponensis</i>	1 F
15	<i>Ocenebra erinacea</i>	1 + 1 F
	<i>Littorina littorea</i>	3 + 1 F
	<i>Hinia servaini</i>	2
	<i>Hinia pygmaea</i>	1
	<i>Hinia reticulata</i>	6 + 1 F
20	<i>Mytilus edulis</i>	31 F c + 2 VE + 5 VD
	<i>Ostrea edulis</i>	1 VD + 1 FVE↑ + 2 F
	<i>Ostreola stentina</i>	3 VD + 2 VE + 3 F
	<i>Corbula gibba</i>	2 VD
	<i>Panopaea?glycymeris</i>	1 F
25	<i>Lutraria lutraria</i>	1 FVE + 1 F

	<i>Anomia epipphium</i>	2 FVD↑ + 1 FVE↑ + 2 VE
	<i>Ervilia castanea</i>	1 FVE
	<i>Loripes lacteus</i>	1 VD
	<i>Laevicardium norvegicum</i>	1 VE↓
30	<i>Callista chione</i>	3 F
	<i>Spisula solida</i>	2 VE + 1 FVD + 3 F
	Fragms. indeterminados de <i>O. steatina</i> e <i>O. edulis</i>	43↓
	? <i>Glycymeris glycymeris</i>	2 F
	<i>Glycymeris</i> cf. <i>violascens</i>	1 V

B – Espécies terrestres locais

35	<i>Rumina decollata</i>	1 + 1 F
	<i>Oxychillus cellarius</i>	2
	<i>Cepaea nemoralis</i>	1 F espiro + 4 F
	<i>Cornu espersa</i>	5 F

C – Espécies fósseis (Miocénico)

	<i>Crassostrea</i> sp.	3 F
40	“ <i>Ostrea</i> ” sp.	6 F

D – Espécies exóticas marinhas

	<i>Anadara</i> sp.	1 VD
	<i>Bulla ampula</i>	2 F do mesmo espécime
	<i>Glycymeris</i> sp.	5 V
	<i>Tonna</i> sp.	2 P
45	<i>Chama</i> sp. (sobre alga calcária + <i>Petricola</i>)	5 V
	<i>Petricola</i> sp.	1 (articulado)
	<i>Oliva</i> sp.	1
	<i>Donax</i> sp.	1 VE
	<i>Nerita</i> sp.	1
50	<i>Arca</i> sp.	1
	? <i>Barbatia</i> sp.	1 F

CLASSE DE CIÊNCIAS

	<i>Rapana</i> sp.	1 F↓
	<i>Siphonaria</i> sp.	1 F
	Veneridae gen. sp. ind. A	1 F
55	Veneridae gen. sp. ind. B	1 F
	Veneridae gen. sp. ind. C	1 F

E – Bivalve exótico de água doce

57	Unionídeo gen. sp. indet.	1 F
----	---------------------------	-----

F – Corais (Portugal)

58	<i>Dendrophyllia ramea</i>	3 F↑
----	----------------------------	------

G – Corais (espécies exóticas)

59-64	6 espécies exóticas	N.º total de exemplares: 15
-------	---------------------	-----------------------------

Lisboa (ACL), 19 de Novembro de 2015

O Acordo de Paris e a Geoengenharia

FILIPPE DUARTE SANTOS¹

1 – A HISTÓRIA DO ACORDO DE PARIS

No final da década de 1970 a comunidade científica e os governos de alguns países mais desenvolvidos reconheceram a necessidade de intensificar o desenvolvimento da investigação sobre o clima no quadro de programas internacionais. Após a Conferência Mundial do Clima realizada em Genebra, no ano de 1979, o International Council of Scientific Unions (ICSU) e a World Meteorological Organization (WMO) lançaram o World Climate Research Program (WCRP). As preocupações sobre as consequências do aumento da concentração atmosférica dos gases com efeito de estufa (GEE) tornaram-se mais generalizadas no seio de várias Agências das Nações Unidas e em 1985 por iniciativa do ICSU, WMO e do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) realizou-se em Villach, na Áustria, a “International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts” (WMO, 1986).

A conferência e os documentos científicos que a sustentaram foram preparados por um conjunto de cientistas empenhados na problemática do clima, entre os quais se destacou Bert Bolin, professor de meteorologia na Universidade de Estocolmo de 1961 a 1990. Com ela deu-se um ponto de viragem na perceção governamental e pública da problemática das alterações climáticas. Como é natural e previsível, os cientistas presentes insistiram fortemente na necessidade de intensificar o esforço de investigação embora adotando uma posição moderadamente ativista sobre a gravidade do problema face aos conhecimentos já adquiridos e à necessidade de lhe dar respostas adequadas.

Nos anos e décadas seguintes, a questão das alterações climáticas tornou-se um tópico frequente nos meios de comunicação social e passou a integrar a agenda das preocupações dos movimentos ambientalistas. Uma das razões que despoletou um interesse crescente foram as sucessivas ondas de calor e secas que se verificaram em vários pontos do globo e em particular nos E.U.A. no ano de 1988. Foi nesse ano, em 9 de Maio, que o cientista James Hansen, então diretor do Goddard Institute for Space Studies da NASA, foi chamado a fazer uma intervenção no Subcomité dos Transportes do Senado dos EUA sobre a onda de calor que tinha afetado o país. Nessa intervenção que ficou célebre James Hansen afirmou que as ondas de calor mais frequentes resultavam das alterações climáticas e que se não se diminuíssem as emissões antropogénicas de GEE as consequências da mudança do clima seriam progressivamente mais gravosas (Figura 1).

Contudo a nível mundial, o número de cientistas que se dedicavam a esta problemática era apenas da ordem das poucas dezenas e estavam dispersos em várias áreas da ciência. Era necessário focar as investigações e promover a cooperação interdisciplinar para poder responder às questões que se

¹ Universidade de Lisboa (ce3c.ciencias.ulisboa.pt)

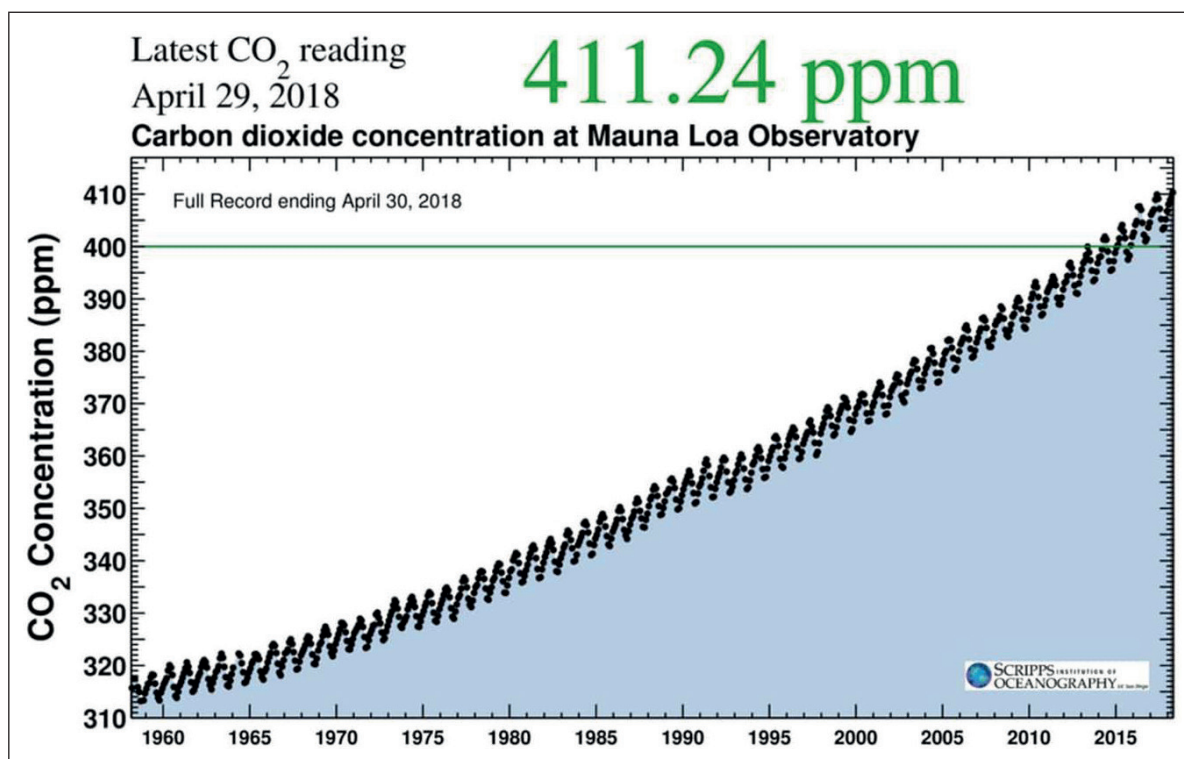


Figura 1.

colocavam no caminho para a negociação e regulamentação política internacional de controlo da interferência humana sobre o clima. Incentivados por estas preocupações a WMO e a UNEP criaram em 1988 o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) com o objetivo de promover uma avaliação científica, técnica e socioeconómica da problemática das alterações climáticas numa base objetiva, integrada e transparente.

Em 1992 na Cimeira da Terra do Rio de Janeiro é apresentada a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) que entrou em vigor em 1994 e que atualmente está ratificada por 197 países membros das Nações Unidas. O seu principal objetivo é evitar uma interferência antropogénica perigosa sobre o sistema climático por meio de medidas de redução das emissões de GEE, designadas genericamente por mitigação, que estabilizem a concentração atmosférica destes gases. Porém, a CQNUAC não define aquilo que se deve considerar uma interferência perigosa, não estabelece compromissos quantificados de redução de emissões, nem prazos para os atingir.

Apesar da grande credibilidade do conjunto de cientistas e do exigente escrutínio exercido pelos representantes governamentais na elaboração do segundo relatório do IPCC, as suas conclusões foram bastante contestadas, sobretudo em alguns meios financeiros e económicos ligados à indústria do carvão, petróleo e gás natural. Contudo, nos artigos sobre alterações climáticas publicados em revistas científicas com sistema de arbitragem a partir de meados da década de 1990 tornou-se consensual que algumas atividades humanas estão a interferir com o sistema climático (Oreskes, 2004). Em 1997, na Terceira Conferência das Partes (COP 3) da CQNUAC, realizada em Quioto, adotou-se o Protocolo de Quioto que

estabeleceu uma redução obrigatória das emissões de GEE de 5 % no período de cumprimento 2008-2012, relativamente a 1990, para o conjunto dos países desenvolvidos. Após longas negociações, o Protocolo de Quioto entrou em vigor a 16 de Fevereiro de 2005.

Passados 10 anos, no dia 30 de novembro de 2015 assistiu-se em Paris à reunião do maior número de Chefes de Estado jamais atingido numa cimeira do clima para dar início à COP 21 das Nações Unidas. Nos seus discursos muitos consideraram que esta era a última oportunidade de conseguir um acordo que evite uma mudança climática antropogénica profundamente gravosa para a humanidade. O então Presidente da França François Hollande admitiu que está em causa “o futuro do planeta e da vida”. Estiveram presentes os presidentes Barack Obama dos EUA, Xi Jinping da China e Vladimir V. Putin da Rússia e o Primeiro-Ministro Narendra Modi da Índia, entre muitos outros.

A Conferência de Paris culminou 20 anos de negociações sobre o clima no âmbito das Nações Unidas. Enquanto no passado os EUA e a China, os dois países com o maior volume de emissões de gases com efeito de estufa, negociavam como adversários, em 2015 apresentaram-se como aliados no combate à mudança climática e incentivaram os outros países a chegar a um acordo, depois de já terem anunciado um acordo bilateral de mitigação em 2014.

Um dos principais obstáculos para atingir o consenso é o ponto de vista do conjunto de países em desenvolvimento, liderados pela Índia, que se recusam a limitar o seu crescimento económico, atualmente alicerçado no consumo intensivo de combustíveis fósseis, para resolver um problema que foi gerado por outros países. Narendra Modi defendeu que os países pobres têm o direito de emitir dióxido de carbono para desenvolver as economias, embora reconheça que já estão a sentir os efeitos adversos das alterações climáticas. Modi procurou condicionar a redução das emissões da Índia e dos países menos desenvolvidos à concretização da proposta, já feita na COP 15, realizada em Copenhaga, de os países mais desenvolvidos providenciarem a partir de 2020 uma ajuda financeira anual de 100 milhares de milhões de dólares para incentivar a mitigação e a adaptação nesses seus países. Por outro lado, os EUA recusaram-se a que o acordo de Paris fosse vinculativo em termos do direito internacional porque nesse caso teria de ser submetido ao Congresso, onde os Republicanos certamente o chumbariam. Apesar das dificuldades, houve em Paris um consenso generalizado de que a humanidade está confrontada com um problema grave que é urgente resolver.

O Acordo de Paris foi finalmente alcançado a 12 de dezembro de 2015 na COP 21 do clima e constituiu um passo importante no sentido de descarbonizar a economia mundial. Um dos principais objetivos incluídos no Acordo de Paris é a limitação do aumento da temperatura média global da atmosfera bem abaixo de 2° C, relativamente aos valores pré-industriais, e continuar os esforços para que seja inferior a 1,5° C (Figura 2). Pela primeira vez, 185 países apresentaram contribuições nacionais voluntárias de mitigação (INDC – Intended National Determined Contributions) antes do início da COP 21. São objetivos indicativos e não obrigatórios de redução de emissões de GEE e o seu conjunto aponta para um aumento de temperatura entre 3° C e 4° C em lugar de 2° C. Porém, o Acordo prevê uma revisão das CDN (Contribuições Determinadas Nacionalmente) (National Determined Contributions (NDC)) todos os 5 anos, o primeiro dos quais será em 2020 (Figura 3). Estabelecer as diretrizes de como se irá implementar o Acordo de Paris, ou seja, aprovar o chamado “Paris Rulebook”, será um dos principais objetivos da COP 24 que se realizará em Katowice na Polónia de 3 a 14 de dezembro de 2018. Por outro lado, espera-se transmitir nas conclusões da conferência um sinal claro que os países envolvidos no Acordo

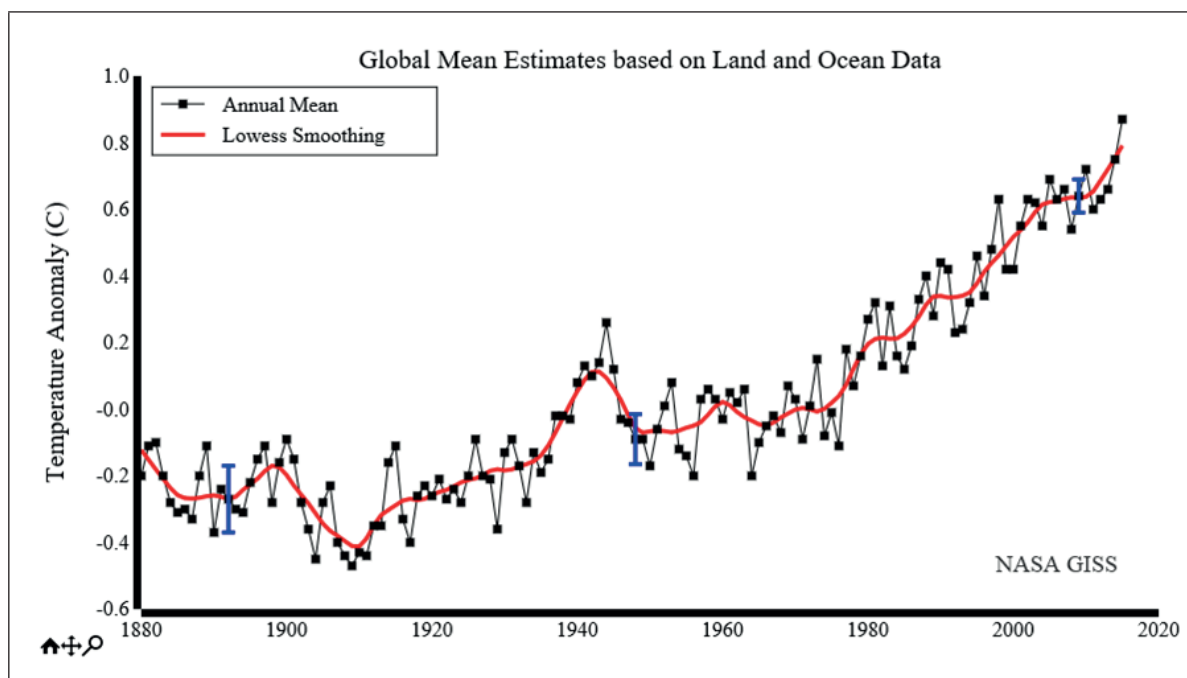


Figura 2.

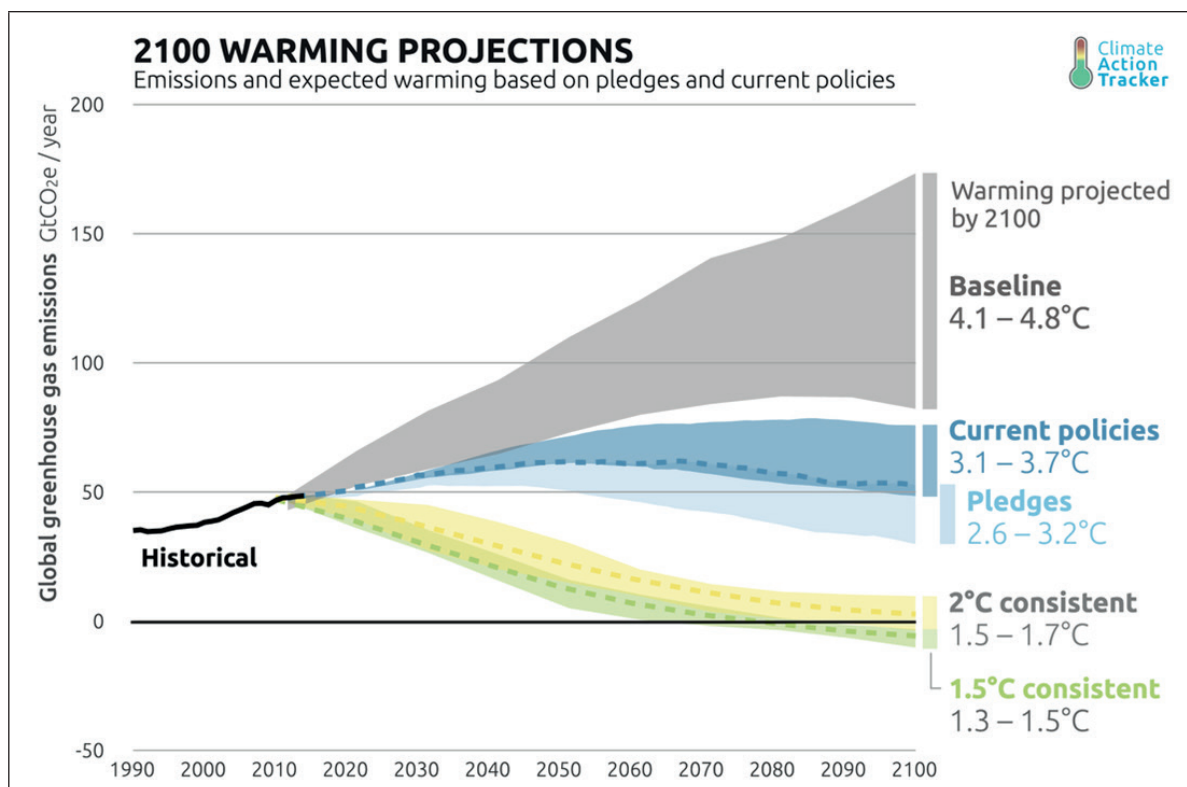


Figura 3.

vão efetivamente aumentar os seus compromissos de mitigação que irão apresentar em 2020. Finalmente será necessário sinalizar que vai ser disponibilizado o financiamento necessário a ajudar os países menos desenvolvidos na mitigação e adaptação das alterações climáticas.

As responsabilidades comuns, mas diferenciadas entre países relativamente às alterações climáticas, foi um dos temas em que foi mais difícil chegar a consenso na COP 21. Para saldar a “dívida climática”, os países mais desenvolvidos renovaram a promessa de financiar a mitigação e a adaptação nos países menos desenvolvidos com um financiamento anual de 100 milhares de milhões de dólares a partir de 2020. Este financiamento ainda não está garantido.

O Acordo não estabelece nem refere a necessidade de se estabelecer um preço para o CO₂ emitido para a atmosfera, conforme preconizado por muitos, em particular por empresários de diversos setores económicos, entre os quais se destaca a energia, incluindo algumas petrolíferas. Tal não foi possível devido à oposição de alguns países que são grandes produtores de petróleo designadamente a Arábia Saudita e a Venezuela. Atualmente, vários países no mundo atribuem um preço às emissões de CO₂, o que pode depois ser usado para pôr em prática uma taxa sobre o carbono.

Com o Acordo de Paris desbloqueou-se o impasse das negociações sobre o clima nas Nações Unidas que se arrastava há mais de 20 anos. Agora é necessário manter a ambição e garantir a transparência e a fiabilidade do processo de mitigação para evitar os *free riders*. O desafio mantém-se gigante, tal como há 20 anos, mas agora há uma maior consciência universal da urgência do problema e da necessidade de o resolver. Tal, porém, não significa de modo nenhum que vá ser resolvido a tempo de se evitar uma interferência antropogénica sobre o clima, perigosa para a humanidade.

O Acordo de Paris entrou formalmente em vigor a 4 de novembro de 2016 e atualmente dos 197 países membros da CQNUAC 184 assinaram o Acordo. No dia 1 de junho de 2017, o Presidente dos EUA anunciou a sua intenção de retirar o país do Acordo, embora segundo o articulado tal só venha a ter efeito em 4 de novembro de 2020, quatro anos após o Acordo ser adotado nesse país, data que se situa um dia depois das eleições presidenciais de 2020. Em resposta à saída dos EUA, muitos países reafirmaram o seu compromisso de cumprir o Acordo.

Em 8 de outubro de 2018, o IPCC publicou um extenso relatório (IPCC, 2018) no qual se defende que é ainda possível limitar o aquecimento global a 1,5° C, relativamente ao período pré-industrial, e que isso diminuiria significativamente os impactos graves implícitos num aumento de 2°C. Para conseguir ficar abaixo dos 1,5° C é necessário deixar de usar combustíveis fósseis à escala global e efetuar uma transição energética rápida para as energias renováveis. Em particular é necessário deixar de utilizar carvão na geração de eletricidade em todos os países do mundo. Porém, não há sinais de decrescimento do uso do carvão que permitam acreditar que tal irá ser possível. No ano de 2017, a produção e consumo mundiais de carvão cresceu depois de dois anos consecutivos de decrescimento. O carvão continua a ser a principal fonte primária de energia no mundo para a geração de eletricidade. Esta situação mantém-se apesar do preço das energias renováveis, especialmente a solar e eólica, ser competitivo com a energia dos combustíveis fósseis. Vamos ter no futuro uma descontinuação do uso do carvão mas muitas empresas produtoras continuam a beneficiar de subsídios governamentais e procuram desesperadamente aumentar o mercado do carvão para manter os lucros, na expectativa de que ele se irá inevitavelmente reduzir no futuro. Por outro lado, a exploração e o uso dos combustíveis fósseis, especialmente o carvão nas centrais térmicas, provoca poluição atmosférica, que se estima causar anualmente 4 a 7 milhões de

mortes prematuras a nível mundial. Nem o risco das alterações climáticas, nem o risco para a saúde humana demovem os governos e as empresas de explorar e usar ou exportar os combustíveis fósseis que se encontram nos territórios dos respetivos países. Embora os países produtores reconheçam esses riscos e alguns deles tenham programas ambiciosos de mitigação das alterações climáticas, continuam a explorar os combustíveis fósseis para promover o crescimento do seu PIB e assim potenciar o poder de compra e a prosperidade económica dos seus cidadãos.

2 – AS DIFICULDADES DE CUMPRIR O ACORDO DE PARIS E A GEOENGENHARIA

Tornou-se praticamente impossível cumprir o limite de 2° C do Acordo de Paris e por maioria de razão de cumprir o limiar dos 1,5° C. Uma das razões que permite fundamentar esta afirmação é o investimento planeado para os próximos dez anos de cerca de 7,2 milhões de milhões de dólares americanos em centrais termoelétricas, a maioria das quais a carvão e gás natural (Pfeiffer, 2018). Apesar destes factos há países que estão a levar a sério o compromisso de contribuir para o cumprimento do Acordo de Paris. É o caso da União Europeia (UE) que anunciou em 28 de novembro de 2018 a intenção de levar os Estados Membros a anularem as suas emissões de GEE em 2050. Trata-se de um objetivo muito ambicioso que é possível ser cumprido mas exige uma forte mobilização social. Note-se porém que, apesar do mérito de a UE efetuar uma transição energética em pouco mais de 30 anos, tal não assegura o cumprimento do Acordo de Paris dado que as emissões da UE representam apenas cerca de 10% das emissões globais. Para cumprir o Acordo de Paris é necessário que todos os países do mundo, ou pelo menos os que em conjunto são responsáveis por mais de 80% das emissões de GEE, realizem uma transição energética na qual deixam de consumir combustíveis fósseis. A probabilidade de tal acontecer é muito pequena.

Será possível que a humanidade, armada da sua poderosa convicção de que a ciência e a tecnologia conseguem resolver todos os problemas que constituem obstáculos ao crescimento económico e ao aumento do bem-estar humano, vai permitir que a temperatura média global da atmosfera tenha um aumento superior a 2° C, ou seja entre 3° e 5° C, ou mais ainda, acompanhado de todas as consequências gravosas que isso irá ter, especialmente para as populações mais vulneráveis? Se isso acontecesse seria o descrédito do mito do poder praticamente ilimitado da tecnologia.

Realmente há uma solução alternativa, ou seja, um *technological fix*, designado geoengenharia, ou a engenharia do clima (IPCC, 2012; NAS, 2015; NAS, 2015a). Já em 20 de julho de 2009, a Sociedade Americana de Meteorologia aprovou uma declaração política sobre a geoengenharia do sistema Terra (AMS, 2009), na qual define três estratégias proativas para reduzir os riscos das alterações climáticas: 1) mitigação; 2) adaptação e 3) geoengenharia, definida como a “manipulação deliberada dos aspetos físicos, químicos ou biológicos do sistema Terra”, com o objetivo de neutralizar as consequências das emissões crescentes de gases com efeito de estufa.

Em 1965, cerca de 45 anos antes, e também nos EUA, um relatório da Comissão Consultiva sobre Ciência do Presidente dos EUA reconhecia os riscos da alteração climática provocada pelas crescentes emissões globais de CO₂, provenientes da combustão dos combustíveis fósseis, e sugeria apenas como resposta a adoção de “alterações climáticas compensatórias” (“*countervailing climatic changes*”) capazes de contrariar e porventura anular os efeitos da primeira (PSAC, 1965). Concretamente sugeria dispersar no oceano partículas flutuantes e refletoras da radiação solar que aumentam o albedo da Terra em cerca

de 1% com um custo anual estimado em 500 milhões de dólares. Uma sugestão cheia de húbriis tecnológico, radiante de otimismo, ingênua, quase infantil. Verifica-se pois que nos EUA, desde o início da problemática do clima, a posição oficial e a que é dominante na opinião pública, tem sido a de considerar o uso dos combustíveis fósseis como um progresso inquestionável e inteiramente irreversível, que contribui poderosamente para o crescimento económico e é emblemático do poder do país. Realizar uma transição energética na qual se deixariam de usar os combustíveis fósseis para controlar a alteração climática seria uma afronta à livre iniciativa e uma ingerência inaceitável do Estado na indústria e no setor privado.

Há essencialmente dois tipos de geoengenharia do clima (Figura 4). Uma é a chamada Remoção do Dióxido de Carbono (RDC) (Carbon Dioxide Removal (CDR)) ou também emissões negativas, cujo objetivo é remover o CO_2 diretamente da atmosfera usando sumidouros naturais ou processos de engenharia química (IPCC, 2012). O outro tipo de geoengenharia é a chamada Gestão da Radiação Solar (GRS) (Solar Radiation Management (SRM)), ou também modificação do albedo, que consiste em modificar intencionalmente o balanço energético na atmosfera, ou seja, a quantidade de radiação solar que chega à superfície da Terra, de modo a reduzir ou anular alguns dos impactos físicos das alterações climáticas. Recentemente começa a falar-se de um terceiro tipo de geoengenharia nas regiões polares que procura atrasar por meio de grandes obras de engenharia o processo de fusão dos glaciares, das plataformas de gelo e dos campos de gelo, em especial na Antártida (Moore, 2018), para travar a subida do nível médio global do mar.

Os vários projetos de geoengenharia RDC têm provavelmente a capacidade de remover CO_2 à escala local em quantidades da ordem de milhões de toneladas, porém, separadamente ou cumulativamente, é muito pouco provável que tenham a capacidade de remover as gigatoneladas de carbono necessárias para atingir a neutralidade carbónica à escala global em tempo útil, ou seja, para não ultrapassar o limite

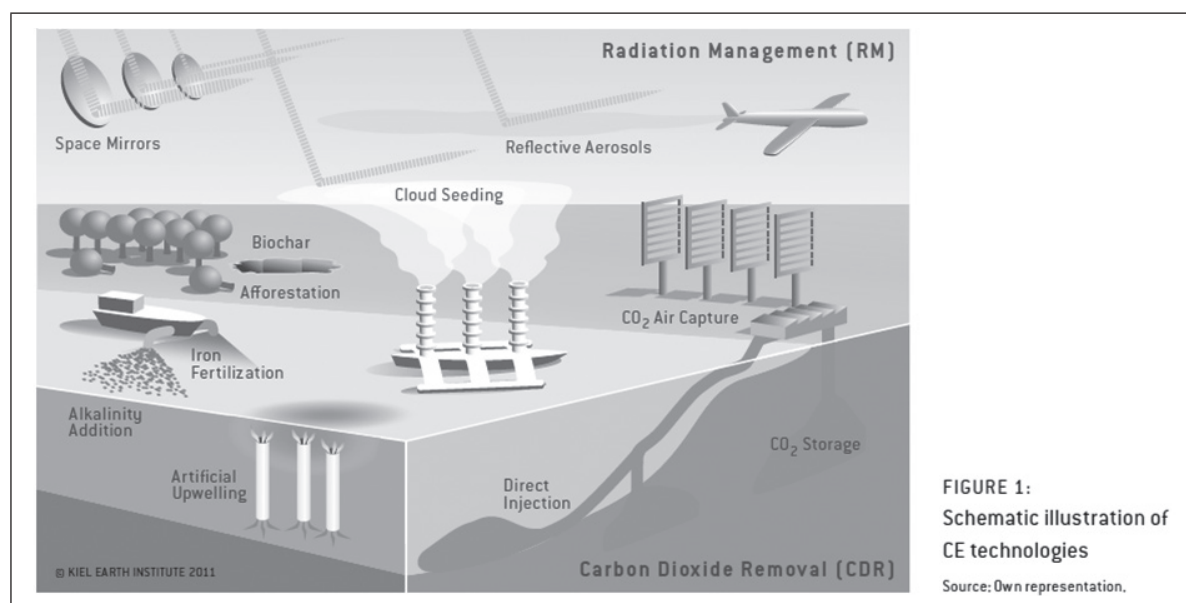


Figura 4.

de 2° C do Acordo de Paris (EASAC, 2018). Acresce que há incertezas significativas sobre a viabilidade tecnológica, económica e ambiental dos processos de RDC (Smith, 2016). No que respeita à questão económica uma estimativa de 2011 (House, 2011) avalia os custos totais envolvidos na captura direta de CO₂ do ar em 1000 dólares por tonelada. Tendo presente o valor das emissões anuais globais de CO₂ provenientes dos combustíveis fósseis e processos industriais, que atingiu 35,7 GtCO₂ em 2014, conclui-se que capturar anualmente uma fração significativa daquele valor é uma proposta financeiramente muito exigente e de exequibilidade problemática.

A geoengenharia de GRS interfere diretamente com o sistema climático com o objetivo de diminuir o aquecimento global sem ser necessário diminuir as emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa e, consequentemente, sem que seja necessário efetuar uma transição energética na qual se deixariam de usar os combustíveis fósseis. Trata-se de um *technological fix* que consiste essencialmente em aumentar a quantidade de energia radiativa solar refletida pela Terra. Teríamos assim um sistema climático onde o efeito de estufa atmosférico continuaria a intensificar-se mas que absorveria menos energia proveniente do Sol. As consequências a nível global, regional e local desta dupla interferência sobre o sistema Terra são naturalmente mais difíceis de modelar e projetar. Contudo, é evidente que a geoengenharia de GRS não resolve os efeitos sobre o sistema climático que resultam diretamente do aumento da concentração do CO₂ atmosférico, como é o caso da acidificação do oceano e dos impactos graves sobre os ecossistemas marinhos e costeiros e sobre as pescas.

O processo de geoengenharia GRS mais promissor do ponto de vista custo-eficácia, e que está a atrair maior investimento, é o lançamento de grandes quantidades de aerossóis de sulfatos na estratosfera por meio da injeção de percussores, tais como dióxido de enxofre (SO₂), sulfeto de hidrogénio (H₂S) e ácido sulfúrico (H₂SO₄) lançados de avião, de balão ou por artilharia (Rasch, 2008; Robock, 2009). Trata-se de simular o efeito de uma poderosa erupção vulcânica que, ao expelir grandes quantidades de cinzas e aerossóis, para a estratosfera, reflete a radiação solar, provoca um escurecimento global (*“global dimming”*) e baixa temporariamente a temperatura média da atmosfera à superfície. Um exemplo bem conhecido ocorrido na época histórica foi a gigantesca erupção do vulcão Tambora na Ilha de Sumbava na Indonésia que atingiu o seu máximo em 10 de abril de 1815. Estima-se que a erupção terá produzido um decréscimo da temperatura média global estimado entre 0,4° C a 0,7° C, embora os dados meteorológicos sejam muito escassos e afetados por uma elevada incerteza (Stothers, 1984). Na Europa o ano seguinte de 1816 ficou conhecido como o “ano sem verão” ou o “ano da pobreza” devido à destruição das culturas agrícolas provocando a “última grande crise de subsistência do mundo Ocidental” (Post, 1977). Recentemente, registou-se por meio de uma rede de observação meteorológica fiável e global, inexistente no tempo da erupção do Tambora, um decréscimo da temperatura média global da atmosfera de cerca de 0,5° C durante aproximadamente dois anos resultante da erupção do vulcão Pinatubo nas Filipinas em 15 de junho de 1991 (Parker, 1996).

Injetar aerossóis na estratosfera, para além de satisfazer o objetivo de aumentar o albedo da Terra, interfere de vários modos com o sistema climático. A visão simplista deste programa de interferência antropogénica é a de que, ao aumentar o albedo de forma controlada, apenas a temperatura média global da atmosfera à superfície se reduz de um valor previamente programado para compensar o aumento de temperatura provocado pela intensificação antropogénica do efeito de estufa num determinado horizonte temporal, relativamente ao período pré-industrial, por exemplo 2° C, e tudo o resto se mantém

inalterado. Não é assim porque obviamente trata-se de duas intervenções diferentes e consequentemente os seus efeitos não se anulam.

A injeção de aerossóis na estratosfera modifica a química da atmosfera e interfere sobre vários aspectos do sistema climático de uma forma diferente da que resulta da intensificação do efeito de estufa. Consequentemente, a segunda interferência compensa alguns dos efeitos da primeira, mas gera novos efeitos com consequências gravosas para a humanidade, tais como a redução do ozono estratosférico (Tilmes, 2008; Keith, 2016) e uma redução da precipitação média global, da ordem de 4,5%, que não é uniforme à superfície do globo. Por exemplo, prevê-se uma maior redução da precipitação das monções na África e na Ásia (Bala, 2008; Tilmes, 2013; Keller, 2014), essenciais à vida de milhares de milhões de pessoas. A injeção de aerossóis com enxofre na estratosfera terá também efeitos na produção agrícola, devido à diminuição da radiação solar, na poluição atmosférica, na produção de chuvas ácidas e na circulação geral da atmosfera.

No que respeita à agricultura um estudo recente analisou as consequências das injeções de sulfatos de aerossóis na estratosfera por comparação com os efeitos das erupções vulcânicas do El Chichón e do Monte Pinatubo na produção agrícola (Proctor, 2018), durante as quais a produtividade agrícola baixou. Embora se evitem as temperaturas muito elevadas, a diminuição da radiação solar direta e o aumento da radiação solar difusa baixa a produtividade tanto das plantas do tipo C3 como C4, embora mais nas últimas. Os efeitos são provavelmente ainda mais gravosos do que aqueles que se inferem de uma comparação com as erupções vulcânicas, porque os efeitos destas duram apenas dois a três anos enquanto a geoengenharia teria de ser um processo contínuo durante todo o tempo em que se continuar a usar combustíveis fósseis.

O físico David Keith lidera, juntamente com Lizzie Burn, o ambicioso Harvard Solar Engineering Research Program da Universidade de Harvard, financiado em parte por bilionários e fundações privadas, tais como Bill Gates e a William and Flora Hewlett Foundation. Nos últimos anos, Keith tem desenvolvido uma extensa argumentação (Keith, 2017) sobre as vantagens de fazer experiências de geoengenharia de aerossóis. Reconhece as dificuldades e os perigos da geoengenharia de GRS (SRM) com aerossóis mas argumenta que a “Terra está já tão transformada pelas ações humanas que se tornou efetivamente num artefacto humano” (“The Earth is already so transformed by human actions that it is, in effect, a human artifact”, Keith, 2010). Sendo assim é preferível utilizar a geoengenharia em lugar de correr o risco de não ser possível mitigar as atuais alterações climáticas. Presentemente lidera o projeto Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEX) que decorre de 2017 a 2024, com um orçamento de 20 milhões de dólares, e que irá lançar em 2018, na estratosfera, a cerca de 20km de altitude, sobre o World View Spaceport no Estado do Arizona, por meio de um balão, grandes quantidades de água, dióxido de enxofre e pó de carbonato de cálcio para formar aerossóis que formam neblinas, cujas propriedades e refletividade da radiação solar serão medidas.

Este tipo de experiência está proibido por uma moratória das experiências de geoengenharia aprovada em 29 de outubro de 2010, pelos 193 países membros da Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica (Etcgroup, 2010). Porém, os EUA recusaram-se a ratificar esta Convenção, e nesse país apenas é necessário reportar a experiência à NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Há muito pouca informação sobre a experiência SCoPEX, que aparentemente era para ter início em 2018, mas foi atrasada para o início de 2019 (Tollefson, 2018). Num artigo anterior (Dykema, 2014), os promotores defendem as vantagens de realizar a experiência e dão a entender que ela só será realizada

se o risco envolvido for avaliado por uma instituição independente e se a experiência conseguir ser financiada por uma agência pública.

Entretanto, a investigação e o número de artigos científicos sobre a geoengenharia dos aerossóis estratosféricos tem aumentado significativamente a torna da realização deste tipo de geoengenharia cada vez mais provável, apesar dos riscos colaterais que irá gerar. Um dos fatores que tende a aumentar a probabilidade desta geoengenharia é o seu custo relativamente baixo da ordem de 2,25 milhares de milhões por ano durante os primeiros 15 anos (Smith, 2018).

Uma das consequências do desenvolvimento da geoengenharia é desviar a atenção dos governantes e dos cidadãos para a necessidade de cumprir o Acordo de Paris por meio da descarbonização da economia mundial. A outra consequência é introduzir riscos adicionais potencialmente perigosos na forma como estamos a lidar à escala global com o problema das alterações climáticas.

REFERÊNCIAS

- AMS, 2009, “AMS Policy Statement on Geoengineering the Climate System”, American Meteorological Society, <http://www.umd.edu/ethics/resourcecenter/imx/legaldocs2/AMS>
- Bala, G., P. Duffy and K. Taylor, 2008, “Impact of geoengineering schemes on the global hydrological cycle”, *PNAS*, 105, p. 7664-7669, doi_10.1073_pnas.0711648105
- Dykema, John A., Keith, David W., Anderson, James G. and Weisenstein, Debra, 2014, Stratospheric controlled perturbation experiment: a small-scale experiment to improve understanding of the risks of solar geoengineering, *Phil. Trans. R. Soc. A*. 37220140059, <http://doi.org/10.1098/rsta.2014.0059>
- EASAC, 2018, “Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?”, European Academies Science Advisory Council, EASAC Policy Report 34
- Etgroup, 2010, “The geoengineering moratorium under the UN Convention on Biological Diversity”, Action Group on Erosion, Technology and Concentration
- House, K.Z., A: C. Badig, M. Ranjan, E. A. van Nierop, J. Wilcox, H. J. Herzog, 2011, “Economic and energetic analysis of capturing CO₂ from ambient air”, *Proceedings National Academy of Sciences*, 108: 20428-20433, doi: 10.1073/pnas.1012253108
- IPCC, 2012, “Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering”, [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, M. Mastrandrea (eds.)]. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, pp. 99.
- IPCC, 2018, “The Special Report on Global Warming of 1.5 °C”
- Keith, David W., Debra K. Weisenstein, John A. Dykema, and Frank N. Keutsch, 2016, “Stratospheric solar geoengineering without ozone loss”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113(52), 14910-14914. doi: 10.1073/pnas.1615572113
- Keith, David, 2017, “Toward a Responsible Solar Geoengineering Research Program”, *Issues in Science and Technology*, 33, 3
- Keith, David, 2010, “Engineering the Planet”, *In Climate Change Science and Policy* by S. Schneider and M. Mastrandrea, pp. 49. Washington DC: Island Press
- Keller David P., Elias Y. Feng and Andreas Oshlies, 2014, “Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario”, *Nature Communications*, 5:3304, DOI: 10.1038/ncomms4304
- Moore, John C., Rupert Gladstone, Thomas Zwinger and Michael Wolovick, 2018, “Geoengineer polar glaciers to slow sea-level rise”, *Nature*, 555(7696), 303-305, doi: 10.1038/d41586-018-03036-4.
- NAS, 2015, *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, National Academies of Sciences
- NAS, 2015a, *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*, National Academies of Sciences
- Oreskes, Naomi, 2004, Beyond the Ivory Tower: The Scientific Consensus on Climate Change, *Science*. 306 (5702): 1686. doi:10.1126/science.1103618
- Parker, D. E. *et al.*, 1996, “The impact of Mount Pinatubo on world-wide temperatures”, *International Journal of Climatology*, 16, 487-497

- Pfeiffer, Alexander, Cameron Hepburn, Adrien Vogt-Schilb, Ben Caldecott, 2018, "Committed emissions from existing and planned power plants and asset stranding required to meet the Paris Agreement", *Environmental Research Letters* 13, 054019, doi.org/10.1088/1748-9326/aabc5f
- Post J. D., 1977, *The last great subsistence crisis in the Western World*, Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Proctor, J., S. Hsiang, J. Burney, M. Burke, W. Schlenker, 2018, "Estimating global agricultural effects of geoengineering using volcanic eruptions", DOI: 10.1038/s41586-018-0417-3
- PSAC, 1965, "Restoring the Quality of Our Environment", Presidential Science Advisory Committee, Executive Office of the President, Washington DC
- Robock, A.; Marquardt, A.; Kravitz, B.; Stenchikov, G., 2009, "Benefits, risks, and costs of stratospheric geoengineering", *Geophysical Research Letters*, 36 (19): L19703, doi:10.1029/2009GL039209.
- Rasch P. J., Simone Tilmes, Richard P. Turco, Alan Robock, Luke Oman, Chih-Chieh (Jack) Chen, Georgiy L. Stenchikov, 2008, "An overview of geoengineering of climate using stratospheric sulphate aerosols", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366:4007–4037, doi: 10.1098/rsta.2008.0131.
- Smith, P., S. J. Davis, F. Creutzig *et al.*, 2016, "Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions", *Nature Climate Change* 6 (1), 42-50, DOI:10.1038/nclimate2870.
- Smith, W. and G. Wagner, 2018, "Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 years of deployment", *Environmental Research Letters* 13 (2018) 124001, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae98d>
- Stothers, Richard, B., 1984, "The great Tambora eruption in 1815 and its aftermath", *Science*, 224(4654), 1191-1198
- Tilmes, S., R. Muller, and R. Salawitch, 2008, "The sensitivity of polar ozone depletion to proposed geoengineering schemes", *Science*, 320, pp. 1201–1204, doi:10.1126/science.1153966.
- Tilmes, S., *et al.*, 2013, "The hydrological impact of geoengineering in the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (19) pp. 11,036-11,058, DOI: 10.1002/jgrd.50868
- Tollefson, J., 2018, "First sun-dimming experiment will test a way to cool Earth", *Nature*, 563, 613-615 (2018), doi: 10.1038/d41586-018-07533-4
- WMO, 1986, "Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts", Villach, 1985, WMO, n° 661.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 20 DE ABRIL DE 2017)

Conhecimento do Universo

Procura de Vida Extraterrestre

JOSÉ JOAQUIM PEREIRA OSÓRIO¹

RESUMO

Nesta comunicação será dada particular atenção a um domínio atualmente em grande desenvolvimento, a procura e a localização de planetas de outras estrelas, que não o nosso Sol, ou seja, eventuais planetas fora do Sistema Solar, **Exoplanetas**. Para isso, face à novidade deste domínio nas investigações sobre o Universo, será oportuno começar a apresentação com uma breve referência histórica à evolução do conhecimento da estrutura do Universo e do que hoje é mais aceite, depois dos grandes avanços tecnológicos das últimas décadas. Neste contexto, será ainda abordado o tema da eventual existência de vida noutras estruturas, tanto dentro como fora do Sistema Solar.

ABSTRACT

In this communication attention will be given to a subject in great development, the search and location of planets in stars other than our Sun, this is to say, possible planets outside the Solar System, **Exoplanets**. For this, by taking into account how recent is this field in research regarding the Universe, we will start by a brief historical summary of our knowledge about Universe structure and what is now well accepted after the great technological advances from the last decades. The final part of the presentation will be devoted to the eventual existence of life, both inside as well as outside the Solar System.

1. INTRODUÇÃO

A procura de planetas orbitando outras estrelas mais ou menos afastadas do Sol (**Exoplanetas**) é um domínio que muito se tem desenvolvido nos últimos anos, principalmente após a descoberta do primeiro em 1995. O objetivo principal é encontrar planetas semelhantes à Terra e que possam apresentar condições próprias para a existência de vida. Para isso, são utilizadas tanto observações terrestres como missões espaciais particularmente dedicadas.

Nesta comunicação será feito, inicialmente, um pequeno resumo da evolução do conhecimento do Universo até à colocação em órbita do primeiro Satélite da Terra, o que veio permitir o desenvolvimento de muitas e poderosas técnicas que trouxeram um rápido avanço neste domínio. Serão apresentados os modelos mais aceites na atualidade para a estrutura não só da Galáxia mas também de todo o Universo. Finalmente, serão apresentados e descritos os métodos desenvolvidos para a deteção de Exoplanetas e

¹ Professor Catedrático Jubilado da Faculdade de Ciências/Universidade do Porto (jposorio@fc.up.pt)

os resultados obtidos até agora tanto no número de objetos descobertos e sua localização relativamente à Estrela como algumas das suas possíveis características.

2. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO DO UNIVERSO

Embora o interesse no conhecimento científico do Universo remonte já à antiguidade, para o objetivo desta apresentação serão apenas recordados aqui os nomes mais significativos e as respetivas contribuições a partir do final do século XV.

Nicolau Copérnico (1473-1543), natural da Prússia, foi o astrónomo e matemático que recuperou, definitivamente, dos antigos gregos, a ideia do **Sistema Heliocêntrico**. Baseado nas medições de Hiparco e Ptolomeu, Copérnico apresentou o novo sistema no seu livro *As Revoluções dos Orbes Celestes* (1543). A Biblioteca Pública Municipal da cidade do Porto conserva duas raras edições quinhentistas desse livro.

Pedro Nunes (1502-1578), considerado um dos mais importantes matemáticos do século XVI, foi professor de Matemática e Astronomia, na universidade, cosmógrafo e, mais tarde, nomeado cosmógrafo-mor do Reino. Publicou, em 1537, vários textos de Astronomia. Posteriormente, no seu livro *De Crepusculis*, entre diferentes soluções para problemas astronómicos e matemáticos apresentou um pequeno instrumento para medir frações de grau que, em sua honra, ficou conhecido por **nónio**. Pedro Nunes terá sabido das ideias de Copérnico, mas apenas lhe fez uma pequena referência.

Tycho Brahe (1546-1601), astrónomo dinamarquês, era detentor do mais bem montado observatório da sua época. Descobriu uma Supernova em 1572, observou o grande cometa (1577) durante 74 dias, e realizou observações muito precisas das órbitas planetárias.

Galileu Galilei (1564-1642) foi matemático, astrónomo e inventor. Em 1609 construiu um telescópio com o qual realizou observações astronómicas que lhe permitiram importantes descobertas:

- A Via Láctea era constituída por uma infinidade de estrelas;
- 4 satélites de Júpiter;
- Montanhas da Lua;
- Manchas solares;
- Fases de Vénus.

A observação sistemática dos satélites de Júpiter, levaram-no a defender **o sistema heliocêntrico de Copérnico**.

Johannes Kepler (1571-1630) publicou, em 1609, uma das suas obras fundamentais, *Astronomia Nova*, como resultado das observações do planeta Marte. Reconhecendo variações dos movimentos de Marte e estudando os trabalhos de Brahe, chegou a uma conclusão que rompia com ideias até aí bem aceites: os movimentos dos planetas são elípticos e não, como se imaginava, circulares. Duas das três leis, que passaram a ser conhecidas pelo seu nome, foram publicadas em *Astronomia Nova*. A terceira encontra-se no livro *Harmonia do Mundo*, obra que, cinquenta anos depois, permitiu a Newton formular a lei da Gravitação Universal.

Isaac Newton (1643-1727) estabeleceu as três Leis que são hoje a base da Mecânica Newtoniana. Com base nelas fez a descrição quantitativa das órbitas dos corpos celestes e a formulação analítica das Leis de Kepler. Ao interessar-se por observações astronómicas, concluiu que um Telescópio Refrator, com

lentes, como Galileu havia utilizado, sofreria inevitavelmente de aberração cromática; resolveu esse problema desenvolvendo o Telescópio Reflector com a utilização de espelhos.

Edmond Halley (1656-1742) utilizou as leis de Newton para calcular órbitas de cometas. Descobriu que os cometas observados em 1531, 1607 e 1682 tinham órbitas muito similares, concluindo que esses e outros cometas não eram objetos novos, mas sim objetos que regressavam às regiões interiores do Sistema Solar. Assim, foi capaz de prever que no ano de 1758, após 76 anos da última aparição, um cometa cruzaria o Sistema Solar, o qual, em sua homenagem, passou a ser chamado Cometa Halley.

Edwin Powell Hubble (1889-1953) foi para Oxford estudar Direito, mas abandonou a advocacia em 1914 para integrar o grupo do Observatório Astronômico de Yerkes. Após a Primeira Guerra Mundial, em 1919, passou para o Observatório de Monte Wilson (1919-1953), em Washington. Com a descoberta de uma *cefeida*, estrela de luminosidade variável, em 1923, provou a existência de nebulosas extragalácticas. Usando um Telescópio de 100 polegadas de diâmetro, reconheceu, não só que havia um universo de galáxias, mas que o Universo estava em expansão, ao verificar que a velocidade de uma em relação a outra era proporcional à distância entre elas (Figura 1). A constante de proporcionalidade foi designada por *constante de Hubble* (1929). Até esta sua descoberta o Universo era considerado estático e restrito aos limites da Via Láctea.



Figura 1.
Galáxia

Observando as Galáxias, reconheceu-lhes diferentes formas, o que conduziu ao chamado diagrama de Hubble, com forma de diapasão, publicado em 1936 no seu *Realm of the Nebulae* (Figura 2).

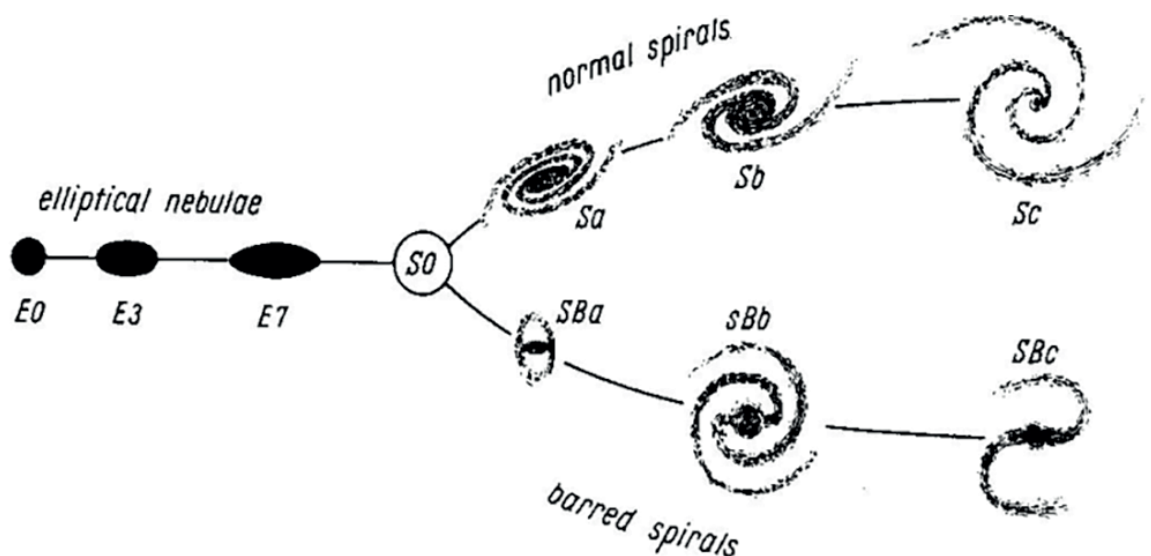


Figura 2.
Diagrama de Hubble

Em 1929, dois anos depois de Georges Lemaître ter proposto a teoria do *Big Bang*, Edwin Hubble mediu os desvios para o vermelho das riscas espectrais de um certo número de galáxias distantes. Mediu também as suas distâncias relativas através da grandeza aparente de uma Classe de Estrelas Variáveis Cefeidas em cada galáxia. Quando representou esses valores dos desvios para o vermelho relativamente às distâncias, ele reconheceu que os desvios para o vermelho das galáxias distantes aumentavam com a sua distância (Figura 3). A única explicação possível era que o Universo estava em expansão (**Expansão do Universo**).

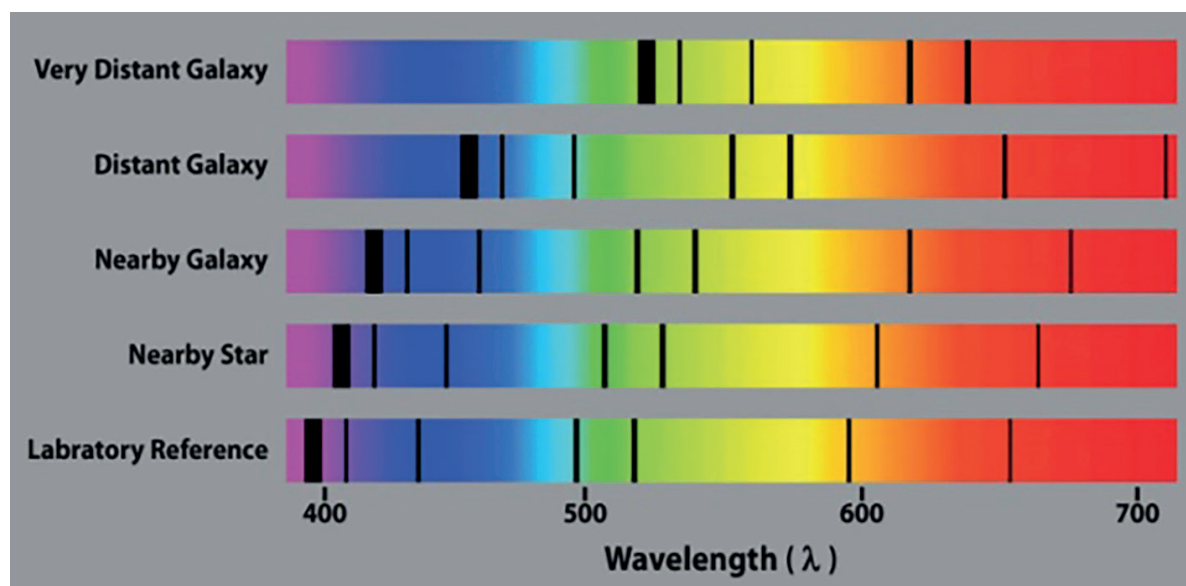


Figura 3.
Desvio para o vermelho

Georges Lemaître (1894-1966), padre e cosmólogo belga, recorrendo à Teoria da Relatividade Geral, obteve resultados que indicavam que o Universo está em expansão, em todas as direções, com as galáxias afastando-se umas das outras (Figura 4). Daqui concluiu que essa expansão teria sido iniciada a partir de um ponto onde toda a matéria estaria concentrada, ponto a que deu o nome de Átomo Primordial.

O termo *Big Bang* foi dado pejorativamente por Fred Hoyle, astrónomo britânico que apoiava outro modelo cosmológico designado Universo estacionário.

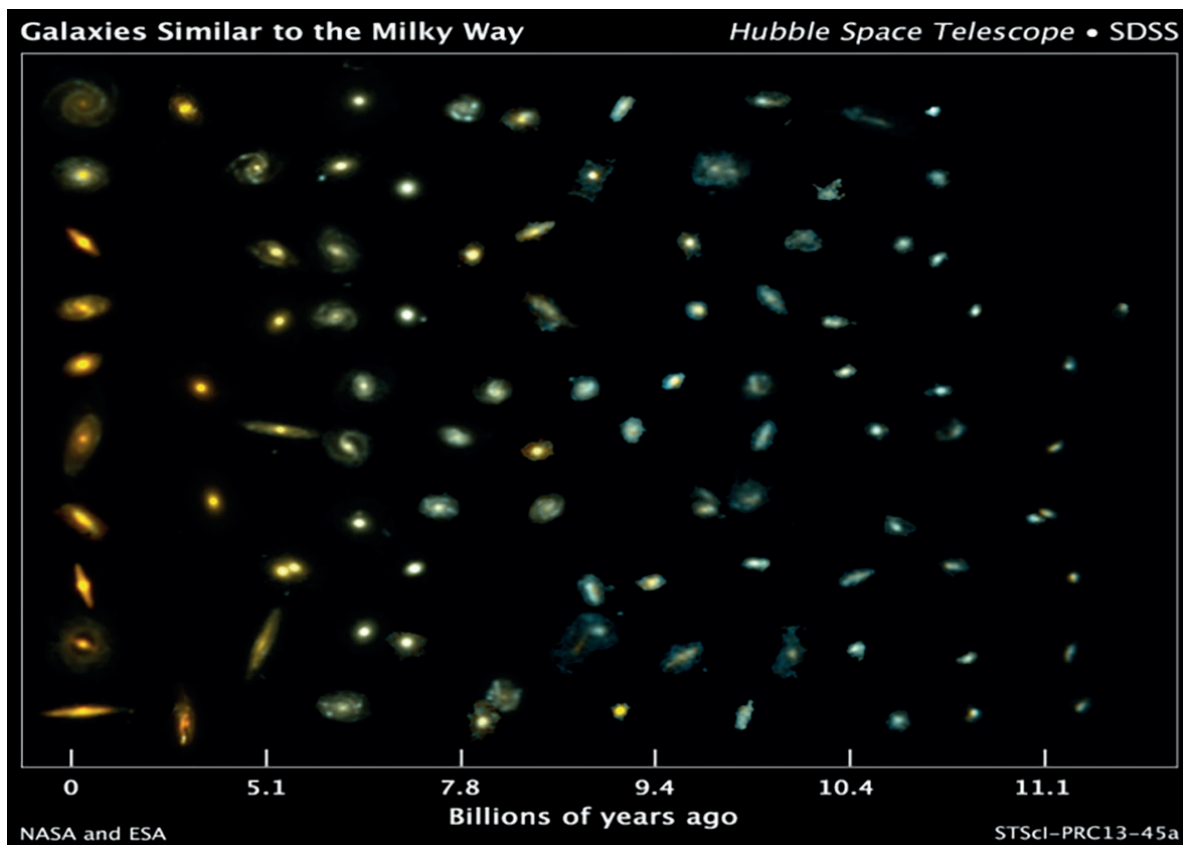


Figura 4.
Expansão do Universo

Albert Einstein (1879-1955), Prémio Nobel da Física em 1921, publicou em 1905 a **Teoria da Relatividade Restrita**. Aplicou esta teoria a campos gravitacionais e, em 1916, um ano antes de publicar a **Teoria da Relatividade Geral**, previu a existência de ondas gravitacionais produzidas por corpos maciços em movimento acelerado; essas ondas teriam, em geral, pequena amplitude. Einstein acreditava que essas ondas não seriam detetáveis ou só o seriam como resultado de cataclismos no Universo, como, por exemplo, a união de dois Buracos Negros ou o choque de Galáxias. Procuradas há cerca de 50 anos, essas ondas foram, finalmente, detetadas nos finais de 2015, como resultado da união de dois Buracos Negros. Para a propagação da luz, a Teoria de Einstein fez uma previsão clara: A luz sofre um desvio por efeito da gravidade (Figura 5).

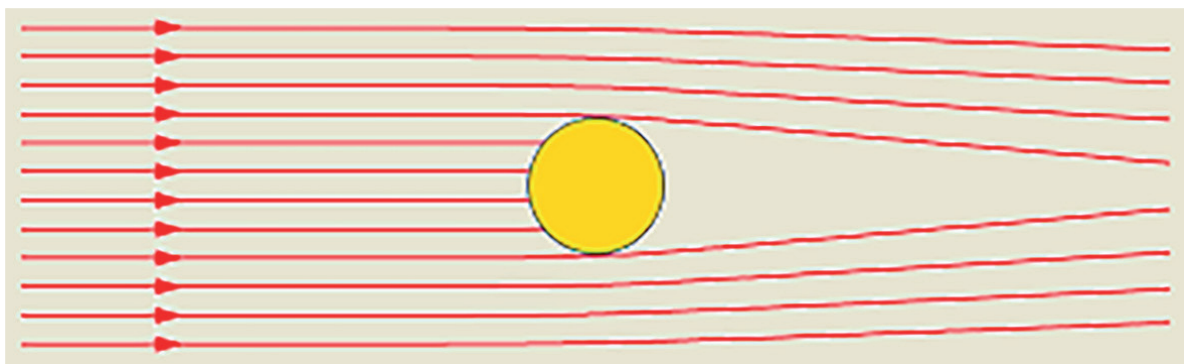


Figura 5.
Desvio da Luz

Uma importante aplicação deste desvio são as chamadas Lentes Gravitacionais: massas configuradas de uma maneira para que os astrónomos possam observar duas ou mais imagens de um e um mesmo objeto distante no céu noturno.

A Figura 6 mostra um exemplo famoso. Não são quatro objetos formando uma cruz em volta do centro: são quatro imagens de um mesmo Quasar, a 8 mil milhões de anos-luz, provocadas por uma Galáxia a 400 milhões de anos-luz.



Figura 6.
Imagens de um mesmo Quasar

Ver-se-á mais adiante que este processo das Lentes Gravitacionais tem sido um dos métodos utilizados para a descoberta de **Exoplanetas**, sobretudo os mais distantes.

Antes do advento da era espacial, os dados de observação no domínio ótico eram obtidos com recurso a grandes telescópios tanto refratores (Figura 7) como reflectores (Figura 8).

Name/Observatory	Location	Lens diameter	Focal length	Built	Comments	Image
James Lick telescope Lick Observatory	Mount Hamilton, California, USA	91 cm (36")	17.6 m	1888		
Yerkes Observatory ^[6]	Williams Bay, Wisconsin, USA	102 cm (40")	19.4 m (62')	1897	Largest in current operation. ^[7]	
William Thaw Telescope Allegheny Observatory	Pittsburgh, Pennsylvania, USA	76 cm (30")	14.1 m	1914	Brashear made, photographic ^[8]	

Figura 7

Grandes telescópios refratores nos finais do século XIX e a na primeira metade do século XX

Name	Image	Aperture	Mirror type	Nationality / Sponsors	Site	Built
Hooker 100-Inch Telescope		2.54 m (100 in)	Single	USA	Mt. Wilson Observatory, California, USA	1917
Otto Struve Telescope		2.08 m (81.9 in)	Single	USA	McDonald Observatory, Texas, USA	1939

Name	Image	Effective aperture m	Aper. in	Mirror type	Nationality / Sponsors	Site	Built
Hale Telescope (200 inch)		5.08 m	200"	Single	USA	Palomar Observatory, California, USA	1948

Figura 8.

Grandes telescópios refletores nos finais do século XIX e a na primeira metade do século XX

A Radioastronomia começou a desenvolver-se na década que se seguiu à II Guerra Mundial. O Radiotelescópio Lovell no Observatório de Jodrell Bank, Inglaterra, foi construído entre 1952 e 1957. Era o maior radiotelescópio daquela época (Figura 9).



Figura 9.

Radiotelescópio Lovell no Observatório de Jodrell Bank

3. CONHECIMENTO ATUAL DO UNIVERSO

3.1 Missões Espaciais Tripuladas – Lua

É usual considerar a ERA ESPACIAL com início em 4 de Outubro de 1957 quando o satélite Russo *Sputnik 1* foi o primeiro satélite artificial a ser colocado numa órbita terrestre. Alguns meses depois, a 31 de Janeiro de 1958, foi para o espaço o primeiro satélite Americano, *Explorer I*. Em 12 de Abril de 1961, o cosmonauta Russo, Yuri Gagarin, tornou-se o primeiro homem a orbitar a Terra, a bordo da sonda *Vostok 1*. O primeiro Homem a atingir um outro corpo celeste, naturalmente a Lua, foi o astronauta americano Neil Armstrong, a 20 de Julho de 1969, no âmbito do *Programa Apollo* (Apollo 11). Seguiram-se mais algumas missões tripuladas que permitiram obter resultados importantes sobre o nosso satélite natural (Figura 10).

Na Figura 10, o Comandante Charles Conrad examina a cápsula *Surveyor 3* durante a sua segunda atividade no solo Lunar, a 20 de Novembro de 1969.

Várias outras missões, tanto tripuladas, no princípio da década de 70 do século passado, como não tripuladas (robots), até aos nossos dias, continuaram a explorar, pormenorizadamente, o nosso Satélite Natural. Até agora **não foram reconhecidas quaisquer evidências que pudessem sugerir a existência de sinais de vida**; porém, aceita-se que Lua poderá vir a ser lugar para futura colonização dos humanos. Embora, presentemente, não haja planos para isso, vem-se assistindo nos últimos anos ao retomar do interesse pela investigação da Lua.

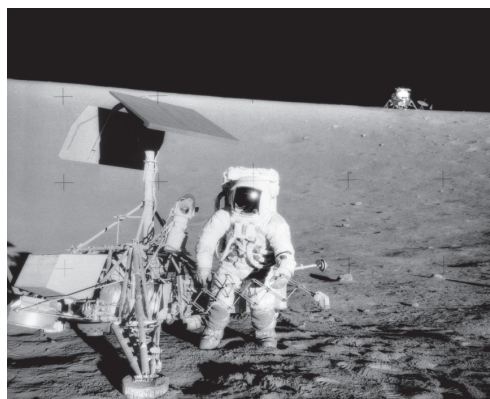


Figura 10
O Comandante Charles Conrad Jr.

3.2 Sistema Solar

3.2.1 Mercúrio

Missões espaciais dedicadas ao planeta Mercúrio (Figura 11), onde está já incluída a sonda *BepiColombo* a ser colocada em órbita apenas no próximo ano, 2018.

Sem atmosfera e com temperaturas diurnas da ordem de 430°C e noturnas de -180°C, Mercúrio (Figura 12) **não tem condições** para uma eventual existência de vida.



Figura 11.
Missões Espaciais a Mercúrio

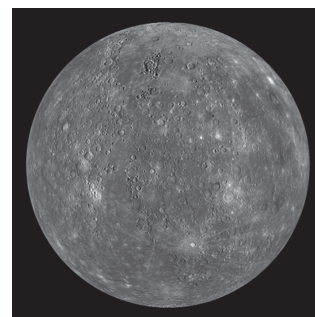


Figura 12.
Mercúrio

3.2.2 Vénus

As sondas espaciais que têm sido enviadas para a superfície de Vénus (Figura 13) não duram muito tempo. A elevada temperatura da superfície sobreaquece a eletrónica da sonda muito rapidamente; por isso, será **improvável que um ser humano tenha condições para sobreviver na superfície de Vénus** (Figura 14). Há alguma especulação sobre a possibilidade de ter existido vida em Vénus num passado distante, assim como vida nas camadas mais altas da atmosfera, onde as temperaturas são menos extremas.

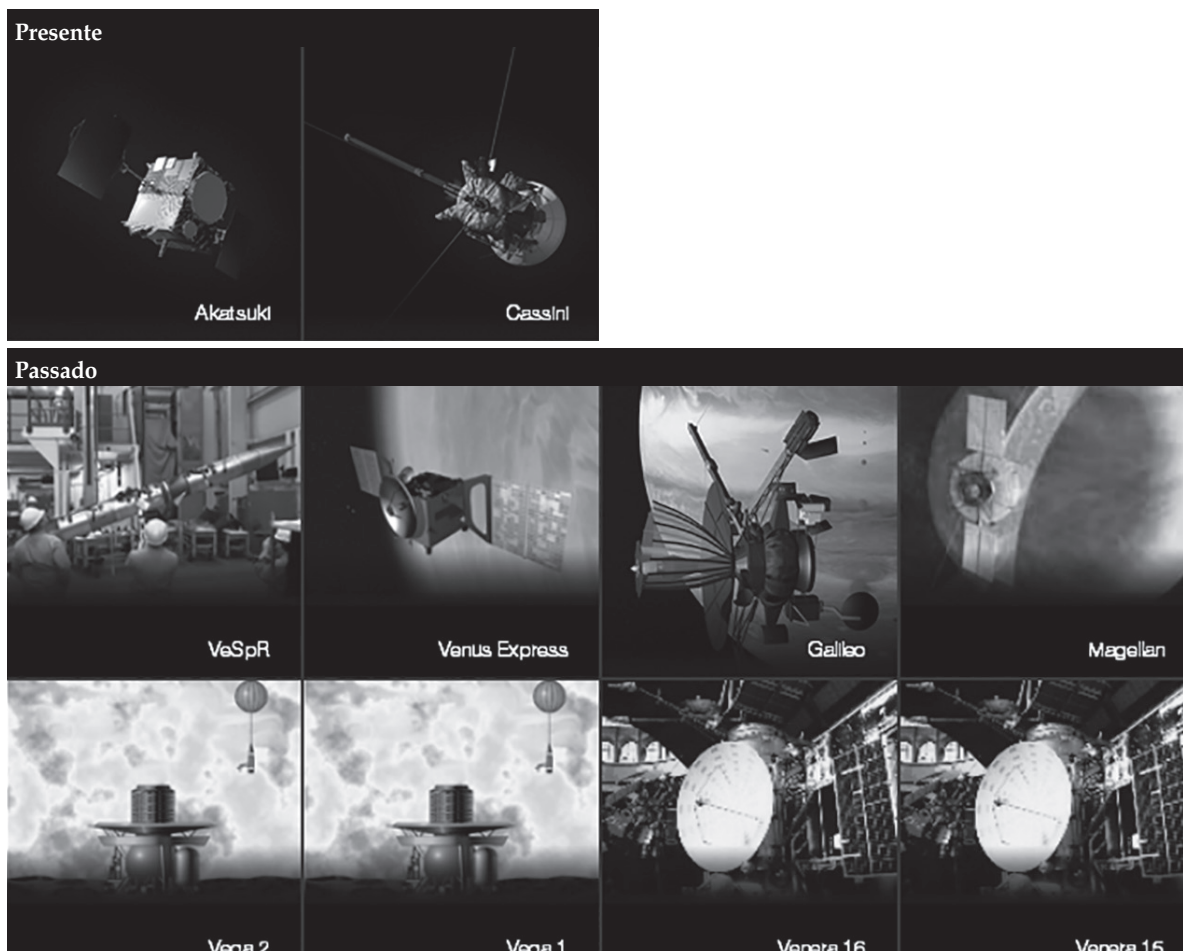


Figura 13.
Missões Espaciais a Vénus

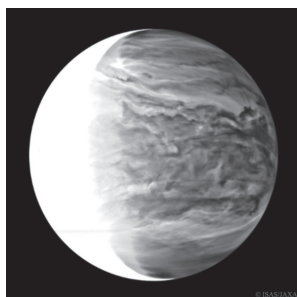


Figura 14.
Vénus

3.2.3 Marte

Estudos recentes revelam que micróbios, que estão entre os mais simples e os mais antigos organismos na Terra, poderiam sobreviver na extremamente fina camada de ar de Marte. A superfície de Marte é, presentemente, fria e seca, mas há uma grande evidência que sugere que rios, lagos e mares cobriram o chamado Planeta Vermelho há milhares de milhões de anos.

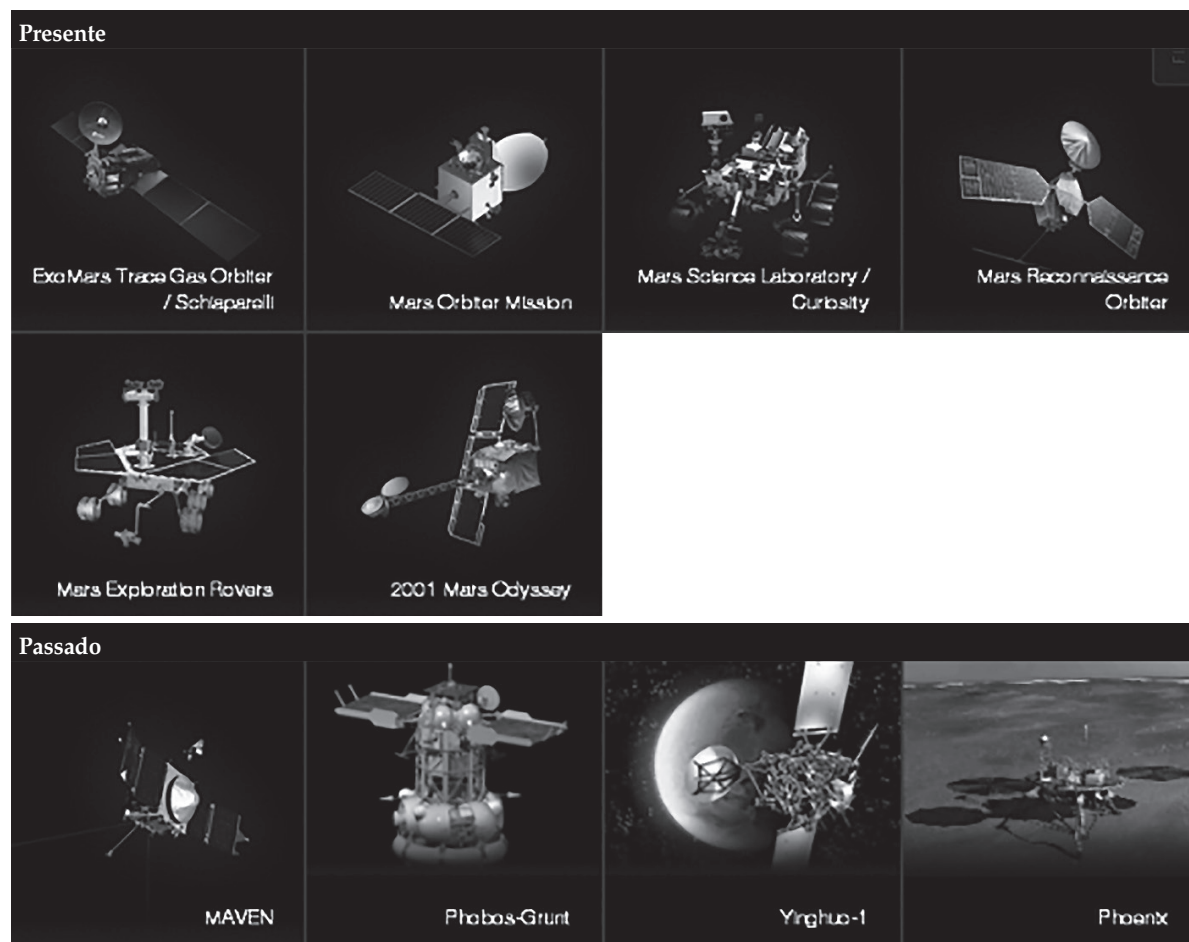


Figura 15.
Missões Espaciais a Marte

A rocha marciana *Harrison* (Figura 16) mostrando imagens de misturas de cristais obtidas pelas duas câmaras do *rover* NASA's *Curiosity Mars* para fornecer as cores e os pormenores microscópicos.

Como, na Terra, virtualmente, poderá existir vida em todos os lugares em que há água líquida, os cientistas sugerem que a **vida poderá ter evoluído em Marte** quando o Planeta era húmido e que, portanto, **poderá haver vida mesmo agora**.

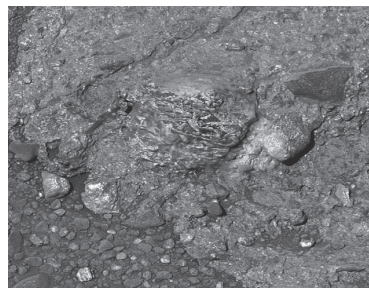


Figura 16.
Rocha em Marte

3.2.4 Júpiter

O ambiente de Júpiter não é, provavelmente, favorável a formas de vida como a conhecemos. As temperaturas e pressões que caracterizam este planeta são, muito possivelmente, extremas e os materiais voláteis para que os organismos se possam adaptar.

Enquanto o Planeta Júpiter é um lugar improvável para a existência de vida, o mesmo não acontece com alguns dos seus muitos satélites. Por exemplo, o satélite **Europa**, é um dos lugares **mais prováveis** para encontrar vida no Sistema Solar. Há evidência de um vasto oceano por baixo da sua crosta gelada em que a vida poderá, eventualmente, ser preservada.

A missão *JUNO* (Figura 17) partiu em 2011, chegou a Júpiter em 2016, com o objetivo exclusivo de estudar o Planeta. Até agora realizou 5 das 37 órbitas previstas.

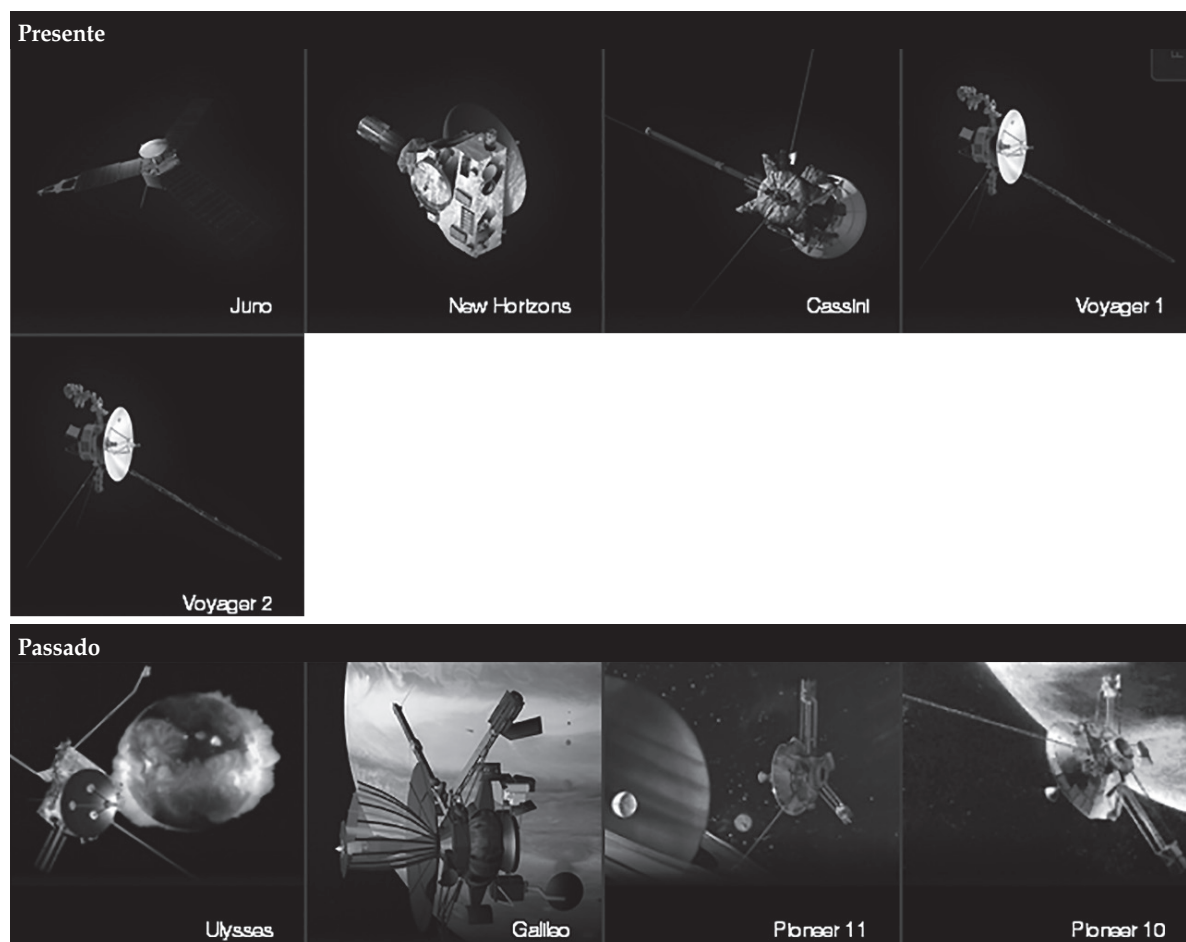


Figura 17
Missões Espaciais a Júpiter

Europa, um dos quatro satélites galileanos de Júpiter, é gelado e um pouco mais pequeno que a Lua. A Missão *Galileo* da NASA, que explorou o Sistema de Júpiter de 1995 a 2003, fez numerosas aproximações a Europa. Obteve as imagens mais próximas, até à data, da superfície fraturada do Satélite, revelando estranhos vales e elevações que podem sugerir que o gelo esteja lentamente a mover-se ou em convecção

devido ao aquecimento vindo do interior. Europa é especial entre os corpos do Sistema Solar por ter um potencialmente enorme volume de água. A água será mantida líquida devido às marés induzidas pelas perturbações orbitais dos outros satélites galileanos. Mais ainda, a atividade geológica pode favorecer a troca de elementos químicos da superfície com o ambiente aquoso por baixo do gelo. De facto, **Europa** poderá ser **um dos lugares mais promissores do Sistema Solar para procurar sinais da atual forma de vida**.

Em 2013, a NASA, utilizando informação do *Hubble Space Telescope* (HST), divulgou surpreendente evidência de que Europa poderia estar a descarregar, ativamente, plumas de água para o Espaço (Figura 18). A descoberta despertou considerável atenção uma vez que poderá ser uma indicação de que o Satélite está geologicamente ativo. Se for confirmado por próximas observações, as plumas deverão ser investigadas em futuras missões.

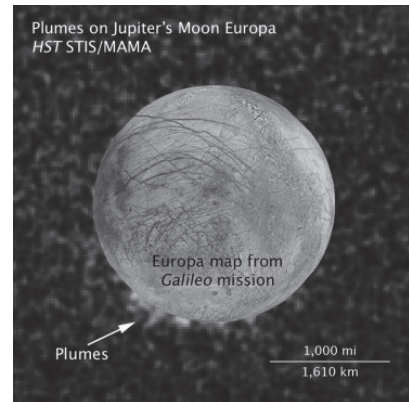


Figura 18.
Satélite Europa

3.2.5 Saturno

Enquanto Saturno é um lugar improvável para a existência de seres vivos, o mesmo não acontece para alguns dos seus muitos (mais de 53) satélites. Satélites como **Encelado** e **Titã**, com condições para terem oceanos internos, podem ser favoráveis à existência de vida. A missão *Cassini* (Figura 19), atualmente ainda a decorrer, irá terminar a 15 de Setembro de 2017, quando a sonda entrar na atmosfera de Saturno (Figura 20).

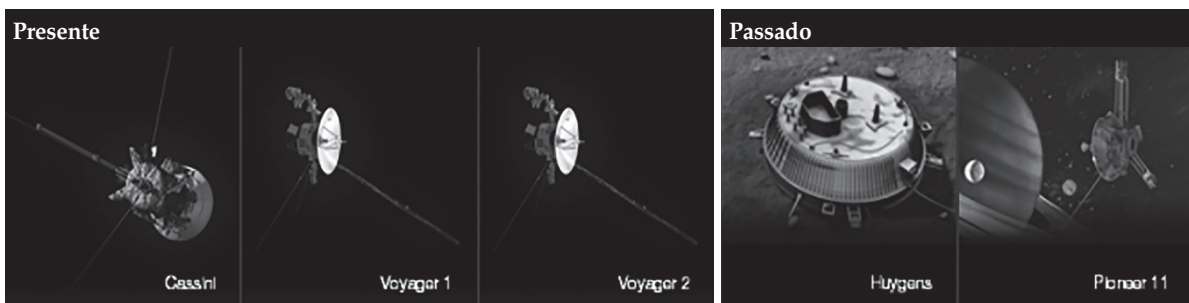


Figura 19.
Missões Espaciais a Saturno

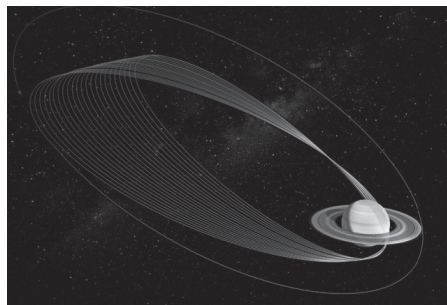


Figura 20.
Missão Cassini

Para além dos anéis, Saturno possui 53 satélites já identificados, dos quais dois podem ter vida (Figura 21).

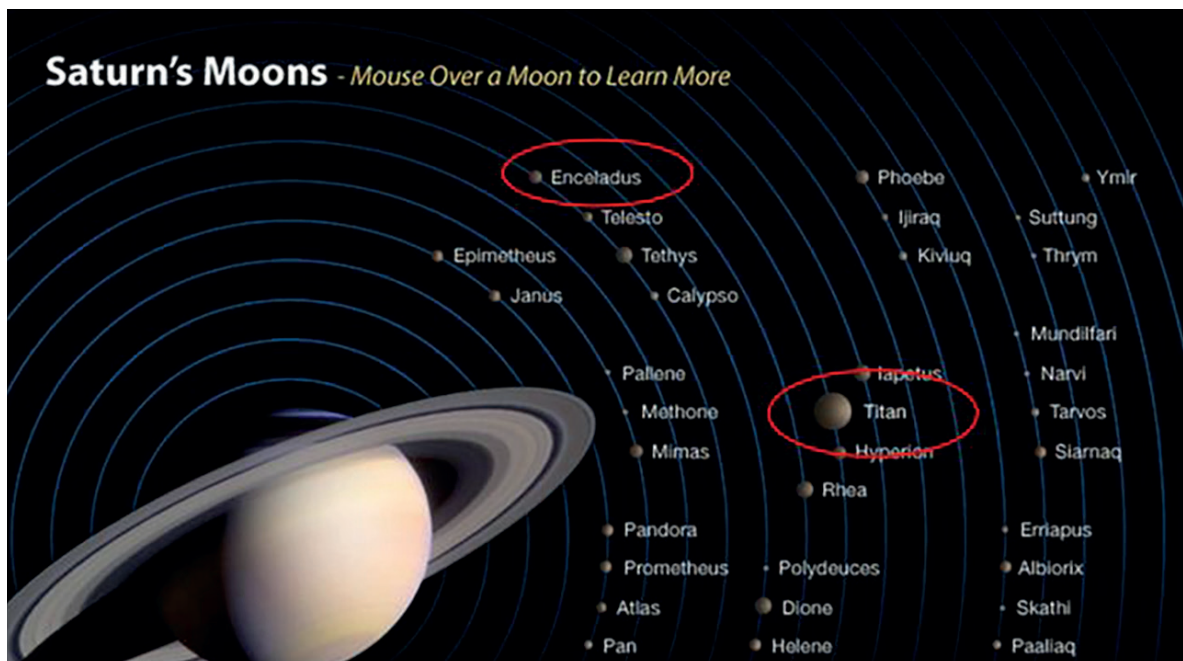


Figura 21.
Satélites de Saturno

A sonda *Cassini*, detetou, em 2005, jatos de vapor de água e gelo em **Encelado** (Figura 22). Os jatos podem ter origem num profundo mar subterrâneo ou em gelo derretido das paredes de fissuras por movimentos de maré ou aquecimento.



Figura 22.
Jatos de vapor de água em Encelado

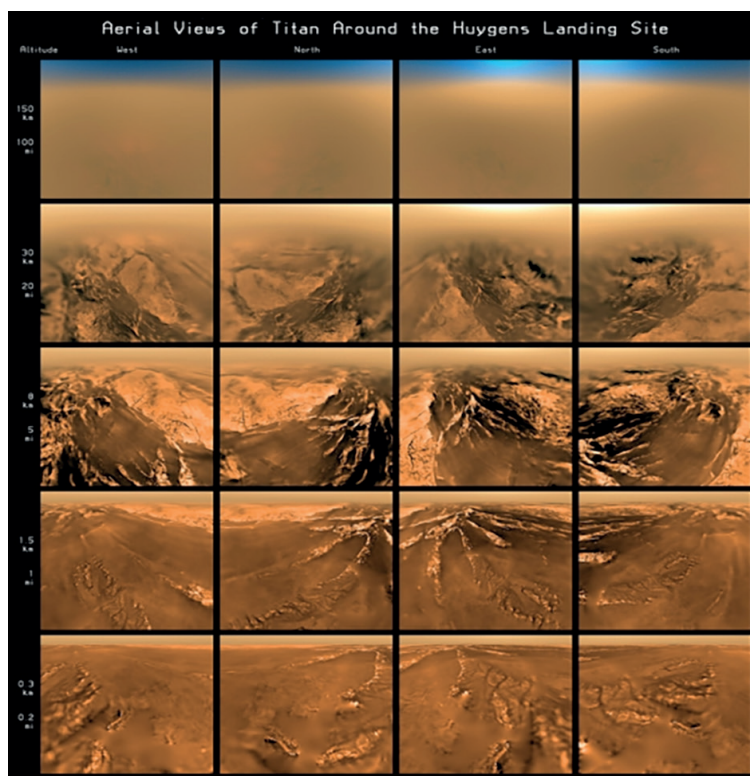


Figura 23.
Aspetos do solo de Titã

Em 14 Janeiro 2005, a sonda *Huygens* da ESA desceu à superfície de **Titã** (Figura 23).

O *Huygens Atmospheric Structure Instrument (HASI)* fez as primeiras medidas na atmosfera de **Titã**, determinando a temperatura atmosférica, pressão e densidade desde uma altitude de 1400 km até à superfície. Um aspeto importante a clarificar está relacionado com a origem do metano na atmosfera de Titã. Uma vez que a radiação ultravioleta do Sol decompõe o metano, a sua renovação requer uma fonte. Essa fonte poderá ser metano líquido do subsolo mas também *poderá ter origem em **micro organismos** que no subsolo e na presença de água possam, tal como na Terra, produzir metano.*

Outro resultado já conhecido é que o Titã e a Terra são os únicos corpos do Sistema Solar com densas atmosferas de azoto. Embora os dados da missão *Voyager* indicassem já que o azoto (N_2) era o principal gás na atmosfera de Titã, o *Gas Chromatograph Mass Spectrometer (GCMS)* da sonda *Huygens* fez a primeira identificação direta do volume de azoto atmosférico e sua abundância. Outras medidas do GCMS podem, ainda, fornecer indícios sobre a origem daquela atmosfera.

3.2.6 Extremo do Sistema Solar

Na Figura 24 estão representados, esquematicamente, os principais componentes do Sistema Solar bem como as principais missões espaciais concebidas para a recolha de informação sobre a sua parte mais exterior. Segue-se, na Figura 25, uma imagem de Plutão, um planeta rochoso e gelado, visto pela sonda *New Horizons*, da NASA, a 768 000 km, quando, a caminho da *Cintura de Kuiper* (Figura 26), o observou durante 6 meses e descobriu os seus 4 satélites.

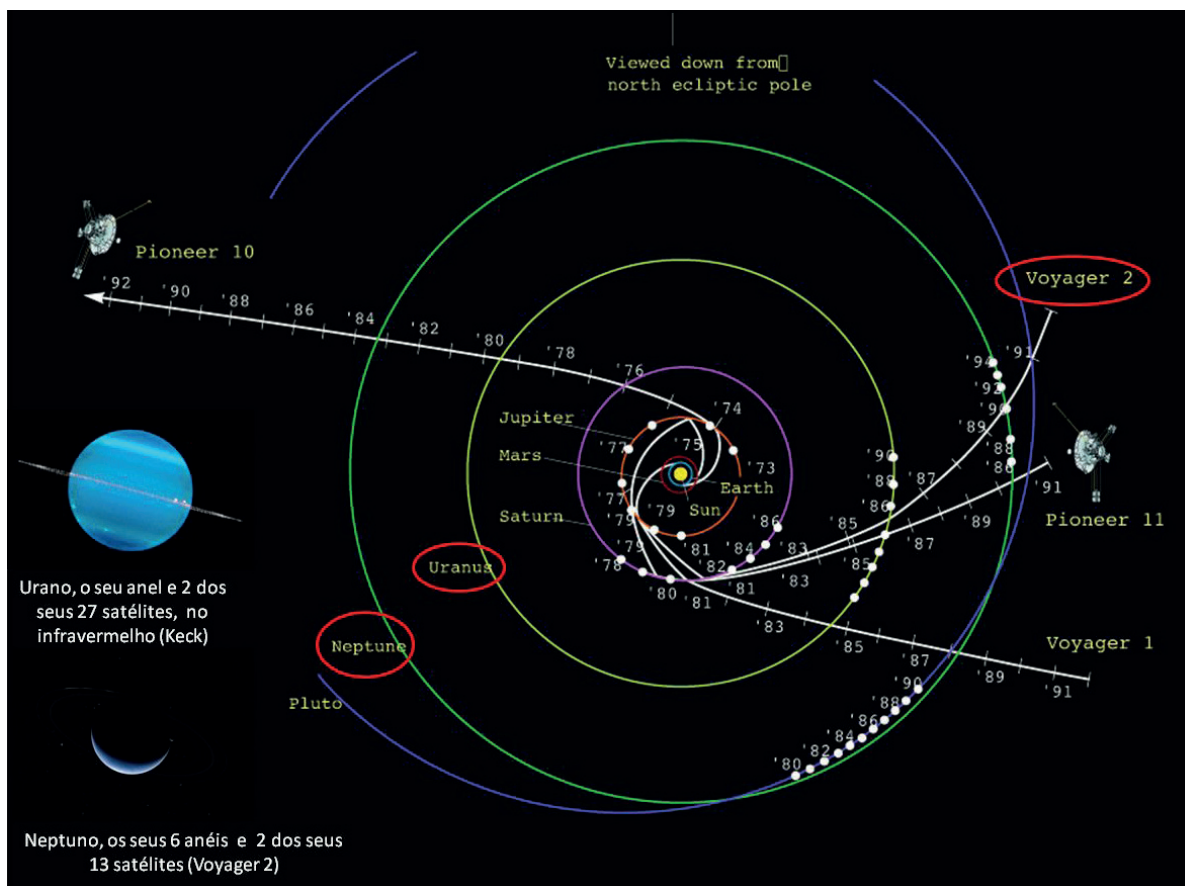


Figura 24.
Esquema do Sistema Solar, com indicação das principais missões espaciais



Figura 25.
Plutão

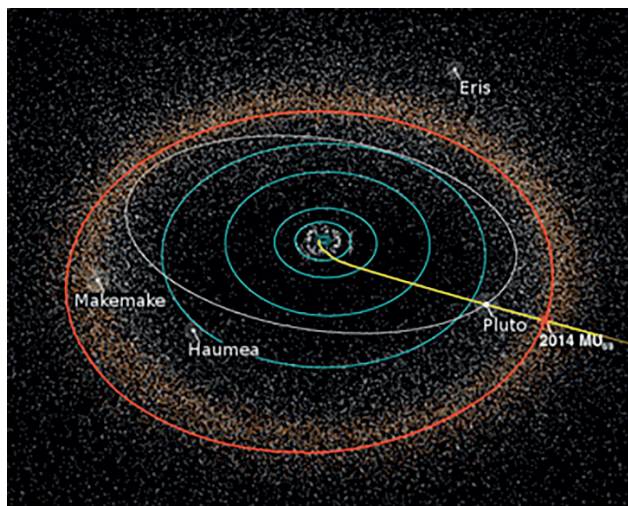


Figura 26.
KBO 2014 MU69

Espera-se que a sonda atinja o Kuiper Belt Object (KBO) 2014 MU69 a 1 de Janeiro de 2019. Na Figura 27 estão representadas as órbitas de alguns dos astros conhecidos e mais distantes do Sistema Solar.

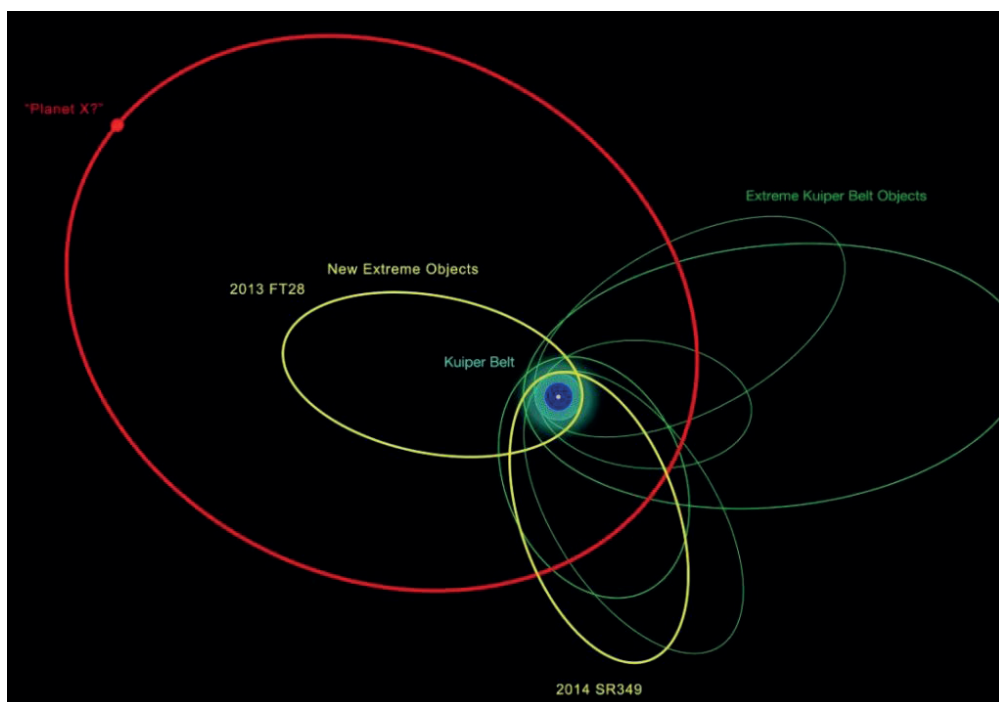


Figura 27.
Órbitas de corpos celestes mais distantes no Sistema Solar

3.3 Galáxias

3.3.1 Localização do Sistema Solar na Galáxia (Via Láctea)

A localização do Sistema Solar no conjunto da Via Láctea está representada na Figura 28, a cerca de 27 000 anos-luz do seu centro.

Na Figura 29 apresenta-se uma imagem do Centro da Via Láctea obtida com o *Hubble Space Telescope (HST)*.

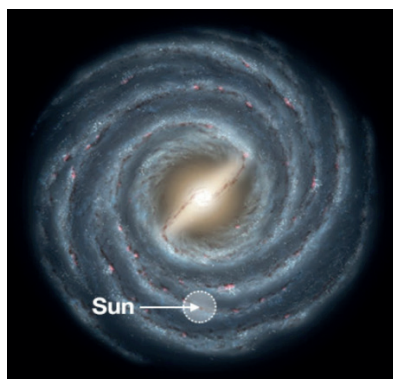


Figura 28.
Representação da Via Láctea

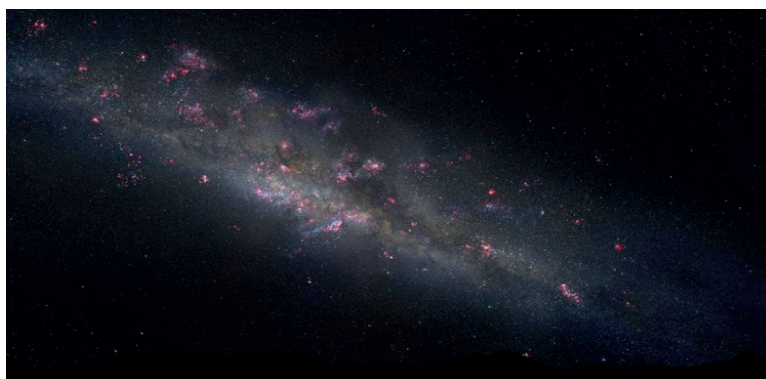


Figura 29.
Centro da Via Láctea

3.3.2 Outras Galáxias

Uma das Galáxias mais próximas da Via Láctea, visível à vista desarmada, é a Galáxia de Andrômeda, apresentada na Figura 30 numa imagem obtida com o *HST*.

O Universo é constituído por milhares de milhões de Galáxias, por vezes em grupos de Galáxias (enxames de Galáxias), como o que se reconhece na imagem da Figura 31 obtida com o *HST*.



Figura 30.
Imagem da Galáxia de Andrômeda



Figura 31.
Enxame constituído por milhares de Galáxias individuais

Atendendo às respetivas dimensões e distâncias não é provável que ocorram encontros de duas estrelas individuais; o mesmo não acontece com as Galáxias, onde esses encontros são frequentes (Figura 32). A nossa própria Via Láctea terá passado por uma dessas situações durante a sua evolução.



Figura 32.
Encontro rasante de duas Galáxias (*HST*)

4. EXOPLANETAS (PLANETAS FORA DO SISTEMA SOLAR)

Um dos domínios da Astronomia em mais rápido desenvolvimento no momento atual é o dos **Exoplanetas**, isto é, planetas localizados fora do Sistema Solar. Na Figura 33 encontram-se valores do número de Exoplanetas descobertos até agora e a comparação desses valores em duas datas dos últimos meses.



Figura 33.
Números de Exoplanetas confirmados

4.1 Descoberta do Primeiro Exoplaneta

O primeiro Exoplaneta foi detetado em 1995, há pouco mais de 20 anos, tendo sido designado por *51 Pegasi b*. Pertence a uma categoria hoje conhecida por “Júpiter Quente”. Sabe-se agora que é um imenso globo gasoso que orbita muito próximo de uma estrela, *51 Pegasi*. Foi o professor Michel Mayor, da Universidade de Genebra, quem o identificou em 1995, dando início a uma **autêntica revolução na astronomia**.

A estrela *51 Pegasi*, localizada a 50.1 anos-luz ($1 \text{ AL} = 9.4 \times 10^{12} \text{ km}$), é uma estrela de tipo espectral G2IV, semelhante ao Sol, mas, aparentemente, mais evoluída. A sua temperatura fotosférica é de 5790°K e é 26% maior e 4% mais maciça do que o Sol. É também mais rica em elementos mais pesados do que o hidrogénio e hélio. As estimativas da sua idade variam entre os 6.1 e os 8.1 mil milhões de anos. A idade do Sol está estimada em 4.6 mil milhões de anos.

A massa estimada para o seu satélite *51 Pegasi b*, a partir da observação da variação da velocidade radial da estrela, é de, no mínimo, 0.45 vezes a massa de Júpiter. Com um período de 4.23 dias, o planeta orbita a estrela hospedeira a uma distância de apenas 7.8 milhões de quilómetros, ou seja, 7 vezes mais próximo da sua estrela do que Mercúrio está do Sol. As forças de maré provocadas pela estrela *51 Pegasi* forçaram-no, ao fim de muitos milhões de anos, a apresentar sempre a mesma face voltada para a estrela. Devido à forte radiação a que está submetido, a sua atmosfera é extremamente quente, na ordem dos 1250°K , e mais dinâmica do que a de Júpiter, com ventos globais de milhares de km/h.

Na Figura 34 está representada a variação da velocidade radial da estrela *51 Pegasi* provocada pelo movimento orbital do planeta. Os pontos vermelhos com barras verticais representam as observações com as respectivas margens de erro. A linha a negro é o gráfico da função que melhor se ajusta às observações.

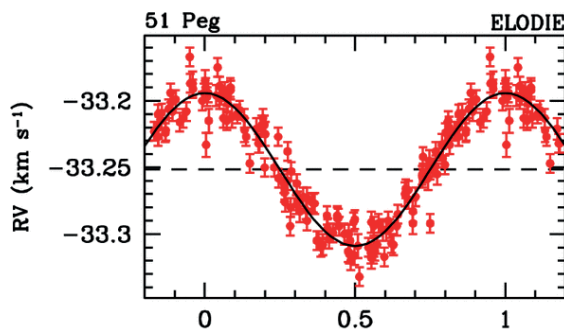


Figura 34.
Variação da velocidade radial

A Figura 35 apresenta uma vista geral do Observatório de Haute Provence (França) bem como imagens do Telescópio de 1.93 m e do espectrógrafo ELODIE usados nas observações que conduziram à descoberta do primeiro Exoplaneta.

As investigações científicas centram-se agora na procura de planetas de dimensão mais reduzida, como a nossa Terra. Presentemente, há mais interesse por aspetos muito específicos, nomeadamente a descoberta de planetas habitáveis, tal como a Terra, a uma distância de uma estrela que permita a existência de água em forma líquida. As observações são feitas tanto de observatórios terrestres como de satélites especialmente dedicados, mas encontram sempre os mesmos problemas: estes Exoplanetas estão muito afastados e é difícil detetar os mais semelhantes à Terra.

Pelo mesmo motivo, a grande maioria dos Exoplanetas não pode ser observada diretamente, pelo que houve necessidade de desenvolver novas técnicas e novos métodos, que serão apresentados resumidamente.

4.2 Instrumentos para Observação dos Exoplanetas

As observações visando a descoberta de novos Exoplanetas podem ser feitas em diferentes comprimentos de onda e em lugares diversos, à superfície da Terra (Grandes Telescópios) e no Espaço (Telescópios Espaciais) (Figura 36).



Figura 35.
Observatório de Haute Provence (França)

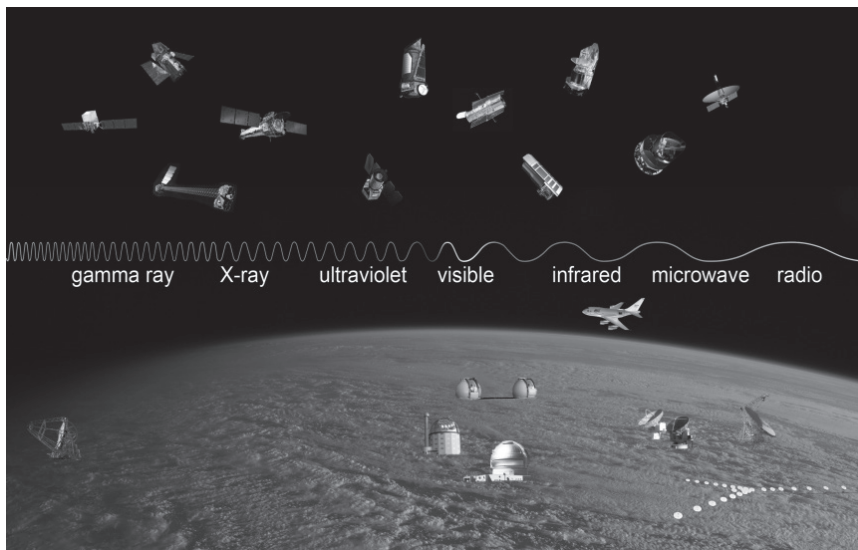
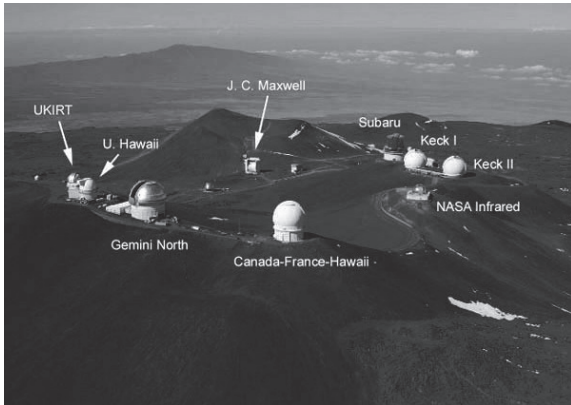


Figura 36
Meios de Observação

4.2.1 Grandes Observatórios Terrestres

A necessidade de instalar os telescópios em locais de elevada altitude e sem poluição luminosa, leva a que nos grandes observatórios estejam instalados telescópios de diferentes países.

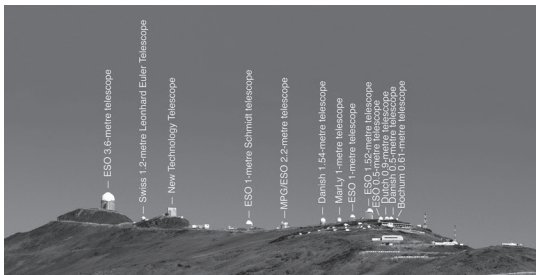
No que se segue serão referidos os maiores observatórios, a sua localização e uma imagem cujo crédito é do respetivo observatório. Não se pretende cobrir exaustivamente o conjunto dos observatórios em que decorre investigação no domínio dos Exoplanetas.



Mauna Kea Observatory (MKO). Hawaii, USA



Observatório do Paranal. Very Large Telescope (VLT). European Southern Observatory (ESO). Montanha do Paranal, Chile



Observatório de La Silla, ESO. Montanha de La Silla, Chile



Observatório de Roque de los Muchachos. Instituto de Astrofísica das Canárias. Ilha de La Palma, Canárias, Espanha



South Pole Telescope (SPT) Universidade de Chicago, USA. Estação Amundsen-Scott, Pólo Sul, Antártida



Observatório de Atacama, Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). ESO, NSF (USA), NINS (Japão), NRC (Canadá), NSC e ASIAA (Taiwan), KASI (República da Coreia). Deserto de Atacama, Chile

4.2.2 Telescópios em Órbitas Geocêntricas ou Heliocêntricas

Hubble Space Telescope (HST)

O *Hubble Space Telescope (HST)*, da NASA, foi o primeiro observatório astronômico a ser colocado em órbita à volta da Terra, com a possibilidade de registrar imagens em comprimentos de onda desde o ultravioleta ao infravermelho próximo. Colocado em órbita, em 24 Abril 1990, a bordo do *Space Shuttle Discovery*, o *Hubble* está correntemente a cerca de 550 km acima da superfície da Terra. Descreve 15 órbitas por dia, ou seja, uma revolução em cada 95 minutos.



Figura 37.
O HST em órbita, em Maio de 2009

Spitzer Space Telescope (SST)

Integrado no programa da NASA “Astronomical Search for Origins”, foi lançado em 2003 numa missão com duração de 2.5 anos, mas que tem sido prolongada em sucessivas fases (Figura 38).

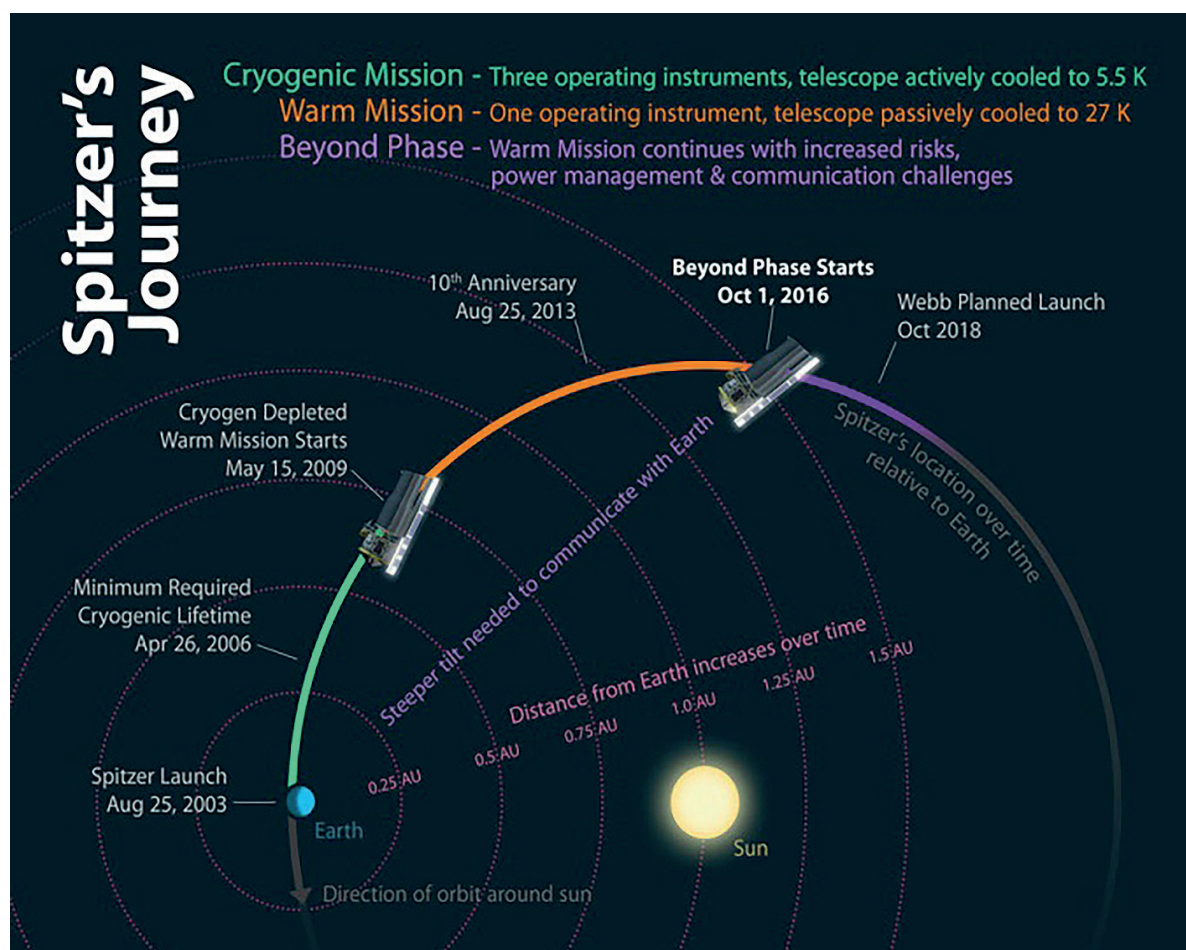


Figura 38.
Missão do SST

O SST tem contribuído para a descoberta de muitos **Exoplanetas** e, além disso, do seu clima, o que é muito importante para a procura de vida.

O *Spitzer Space Telescope* observa o Universo na banda dos infravermelhos com 1 câmara (IRAC), 1 espectrógrafo (IRS) e 1 fotómetro (MIPS) (Figura 39).

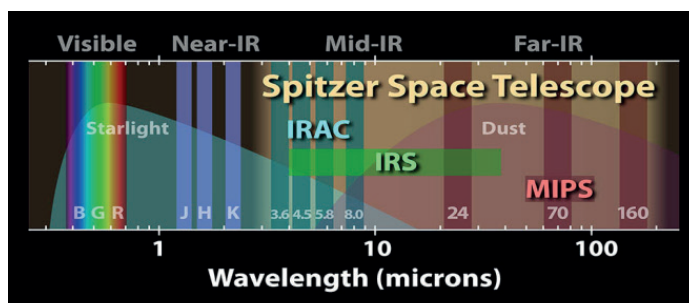


Figura 39.
Gráfico da observação do SST.

Kepler Space Telescope (KST)

O Telescópio *Kepler* foi lançado em 2006, numa órbita heliocêntrica próxima da órbita da Terra. O objetivo da missão é detetar **Exoplanetas** com a dimensão da Terra, que tenham água, orbitem a respetiva estrela numa zona habitável e que, portanto, sejam candidatos a ter condições para a existência de vida (Figura 40).

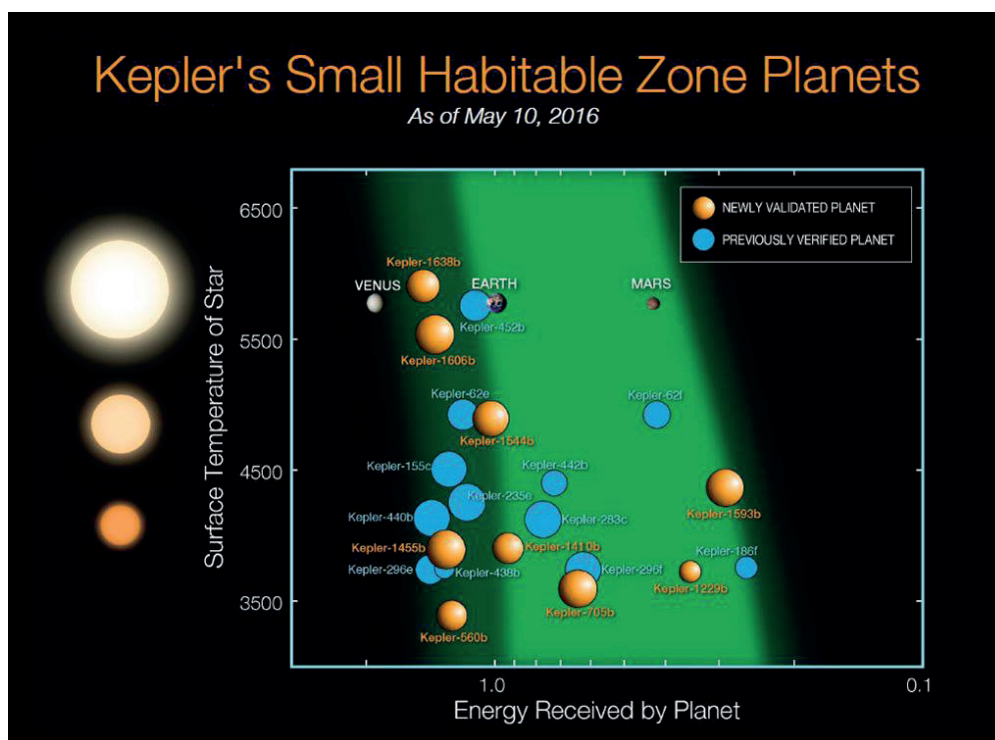


Figura 40.
Regiões favoráveis à existência de vida

4.3 Métodos na Detecção de Exoplanetas

4.3.1 Detecção Direta

A obtenção de imagens de Exoplanetas é muito difícil de conseguir, essencialmente por duas razões: Primeiro, a separação angular entre um planeta e a sua estrela, quando observada da Terra, é muito pequena;

Segundo, há um enorme contraste entre o brilho da estrela e o do planeta; contudo, observando na zona dos infravermelhos, o contraste pode ser reduzido. Na Figura 41 estão indicadas algumas das descobertas por este processo.

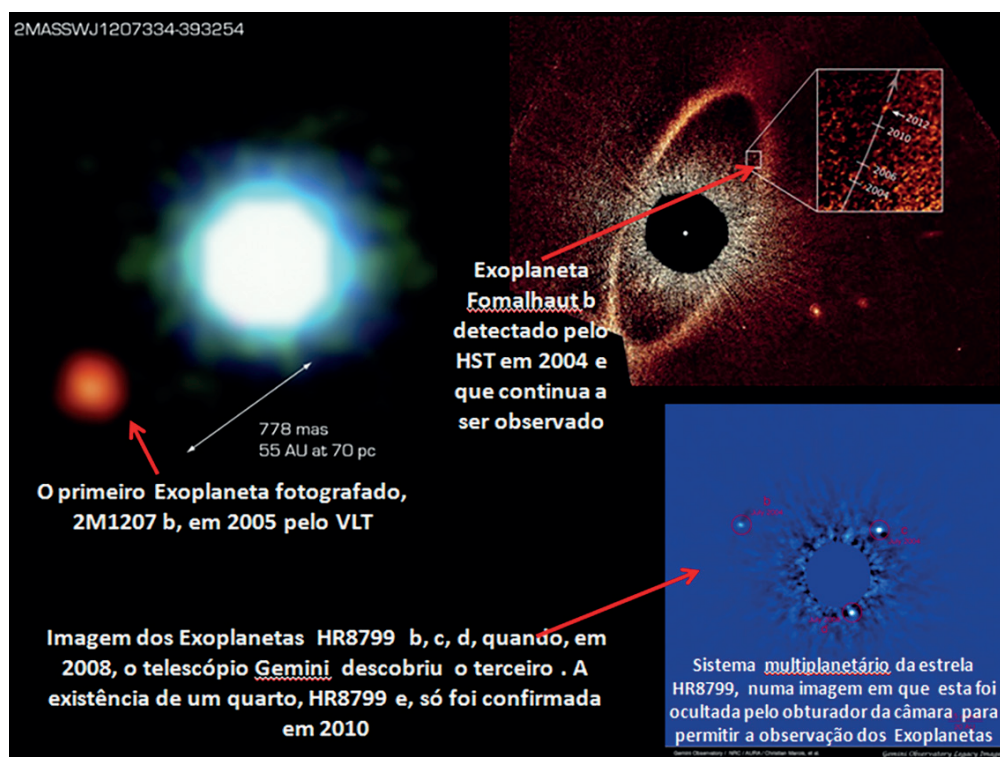


Figura 41.
Detecção Direta

4.3.2 Detecção Indireta: Efeitos Dinâmicos

Trata-se de utilizar métodos análogos ao que, no Séc. XIX, conduziu à descoberta de Neptuno, nomeadamente a perturbação gravitacional induzida pelo planeta. Num Sistema Estrela-Planeta, os dois estão em movimento em volta do seu Centro de Massa (CM) comum. Presentemente, há três processos para detetar estes Efeitos Dinâmicos.

4.3.2.1 Astrometria

Uma maneira óbvia de detetar pequenos movimentos estelares em volta do CM do Sistema Estrela-Planeta consiste em monitorizar a posição da estrela na Esfera Celeste. Porém, mesmo para curtas distâncias, o movimento é extremamente pequeno, difícil de ser detetado com as técnicas astrométricas

usadas em Terra. Mas será certamente alcançado com técnicas interferométricas nos recentes projetos *Very Large Telescope (VLT)*, no Chile, e na missão Espacial Europeia GAIA (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*). Este satélite, GAIA, foi colocado em órbita, em Dezembro de 2013, tendo havido uma participação nacional nas várias fases do projeto.

4.3.2.2 Variações de Tempo

Um outro método para a eventual deteção de Exoplanetas consiste na monitorização dos tempos de chegada de sinais de pulsares, aproveitando o enorme rigor que hoje se pode atingir com os Relógios Atómicos. A partir deste tipo de dados é possível reconhecer perturbações no movimento da estrela induzidas pela eventual presença de um planeta. O número de pulsares é muito inferior ao número de estrelas de tipo solar, mas alguns Exoplanetas foram já descobertos por este método.

4.3.2.3 Velocidades Radiais

Para detetar pequenos movimentos da estrela em volta do CM, um terceiro método recorre a diferentes espectros dessa estrela interpretando-os com base no Efeito Doppler sobre a radiação por ela emitida.

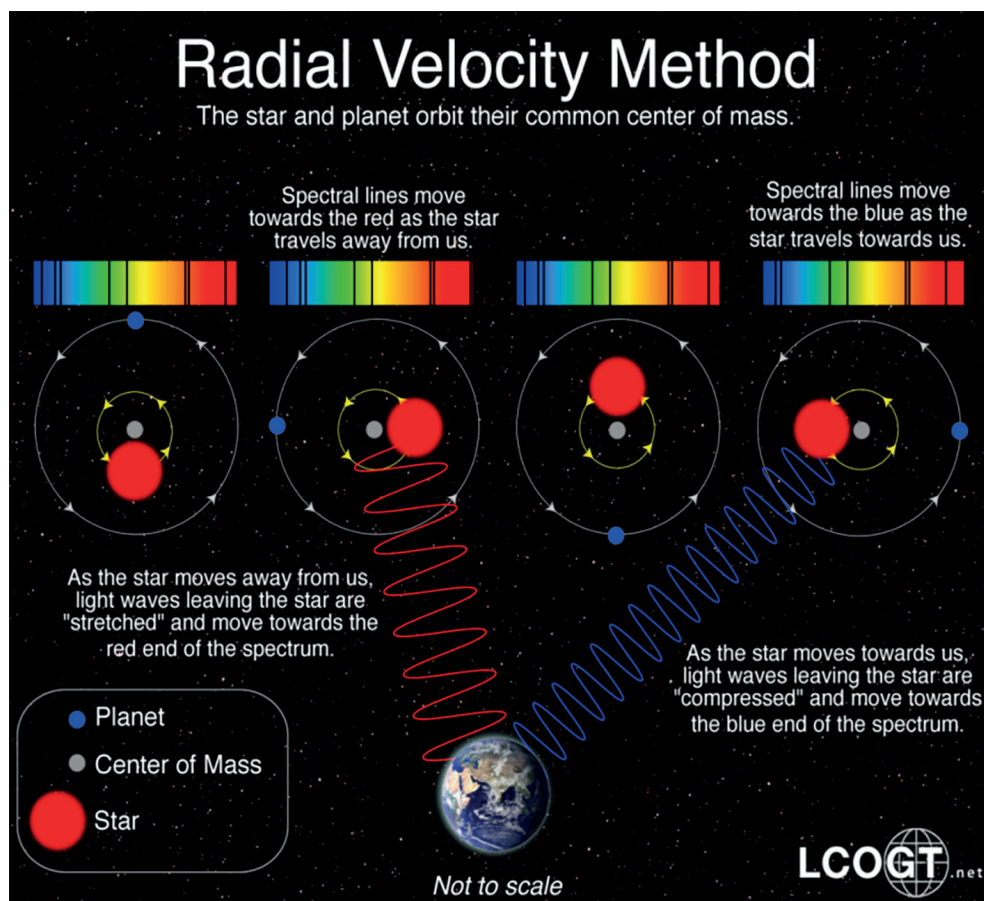


Figura 42.
Desvio das riscas do espectro

A partir dos espectros é possível reconstruir as curvas das chamadas velocidades radiais (componentes da velocidade na direção Observador – Estrela) em função do Tempo e destas obter uma função da massa do planeta ($m \cdot \sin i$, sendo i a inclinação da órbita do Sistema em relação à linha de visão). Além disso, da forma da curva é possível avaliar a excentricidade da órbita planetária. O desafio está em atingir uma precisão superior a 10 m/seg. nas medidas de velocidades radiais a fim de poder detectar planetas com massa da ordem da massa de Júpiter.

Na Figura 43 está representada a variação da Velocidade Radial da estrela HD99492 provocada pela presença do Exoplaneta HD99492 b.

Este método foi aplicado pela primeira vez, na já referida observação, em 1995, da Estrela 51 Pegasi, com o espectrógrafo *Elodie* no Telescópio de 1.93 m do Observatório de Haute Provence.

Neste caso, a semi-amplitude da curva da velocidade radial foi 50 m/seg., o que permitiu estimar uma massa planetária (módulo $\sin i$) de 0.47 massa de Júpiter e o período do movimento do Exoplaneta, 4.231 dias, o que corresponde a um semi-eixo maior de 0.05 UA.

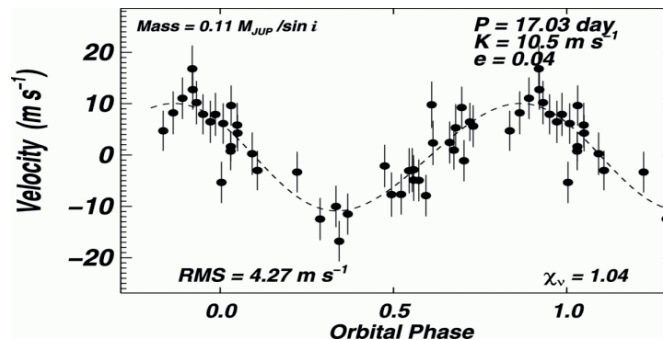


Figura 43.

Variação da Velocidade Radial da Estrela provocada pelo Exoplaneta

4.3.3 Deteções Fotométricas

A Fotometria Estelar fornece dois dos principais métodos para procurar Exoplanetas: Um relacionado com efeitos relativistas; outro, a simples configuração geométrica.

4.3.3.1 Microlentes gravitacionais

Como se disse anteriormente, Einstein calculou o efeito de lente gravitacional causado pelo alinhamento de uma fonte estelar distante, o observador e uma estrela localizada entre os dois, atuando esta como lente gravitacional curvando a luz vinda da estrela fonte.

O processo consiste em acompanhar de uma forma tão precisa quanto possível a amplificação principal devida à lente, que pode ter uma duração de semanas ou meses, a fim de reconhecer a amplificação planetária secundária, que terá apenas a duração de horas (Figura 44). Vários Exoplanetas têm sido descobertos por este processo.

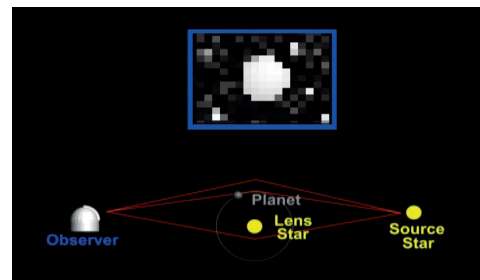


Figura 44.

Esquema de microlente gravitacional

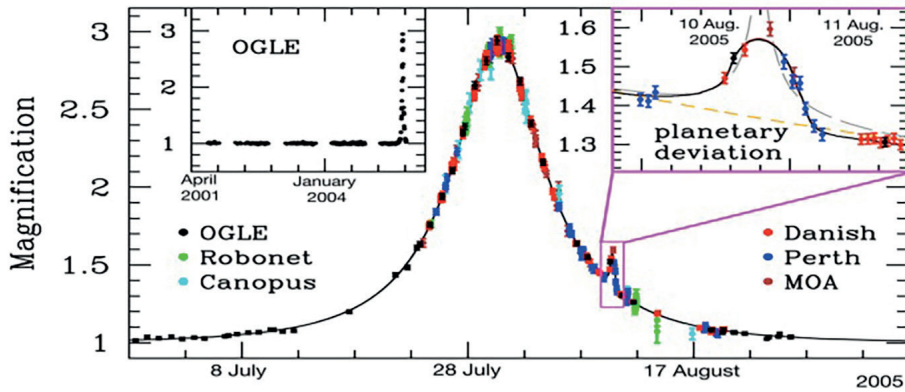


Figura 45
OGLE – Optical Gravitational Lensing Experiment

4.3.3.2 Trânsitos

Se a Terra estiver próxima do plano da órbita do Exoplaneta, em volta da estrela hospedeira, poderá ser possível observar a passagem do planeta em frente da estrela (Figura 46). A pequena ocultação da luz da estrela durante o trânsito (que pode durar algumas horas) depende naturalmente dos raios da estrela e do planeta.

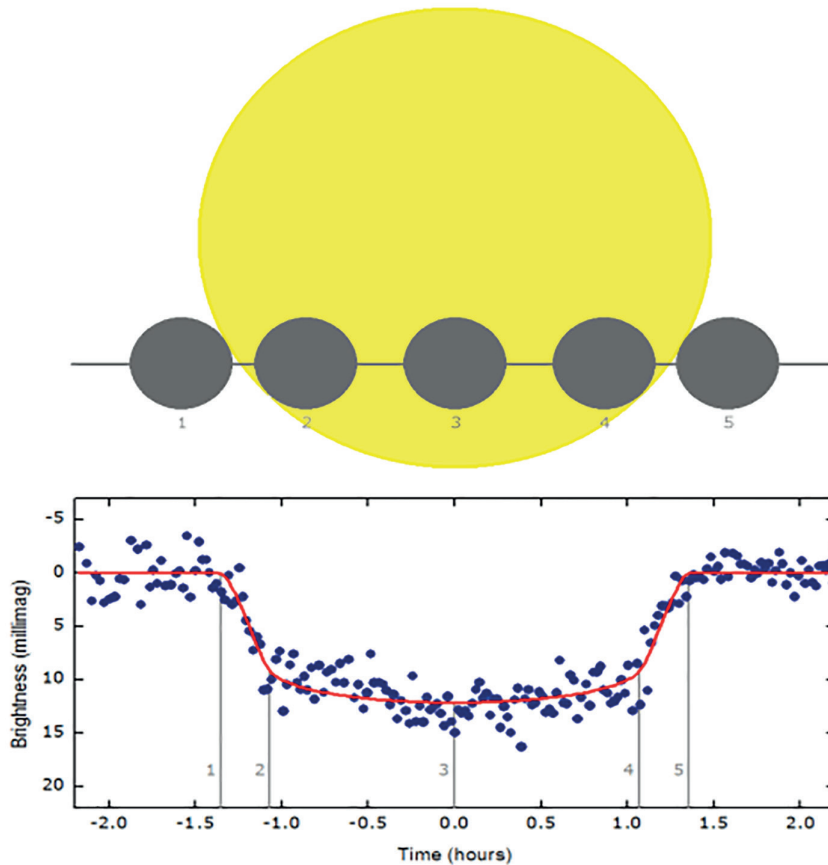


Figura 46.
Trânsito do planeta

Na Figura 47 estão representados os cinco primeiros Exoplanetas descobertos com o Telescópio Espacial *Kepler*.

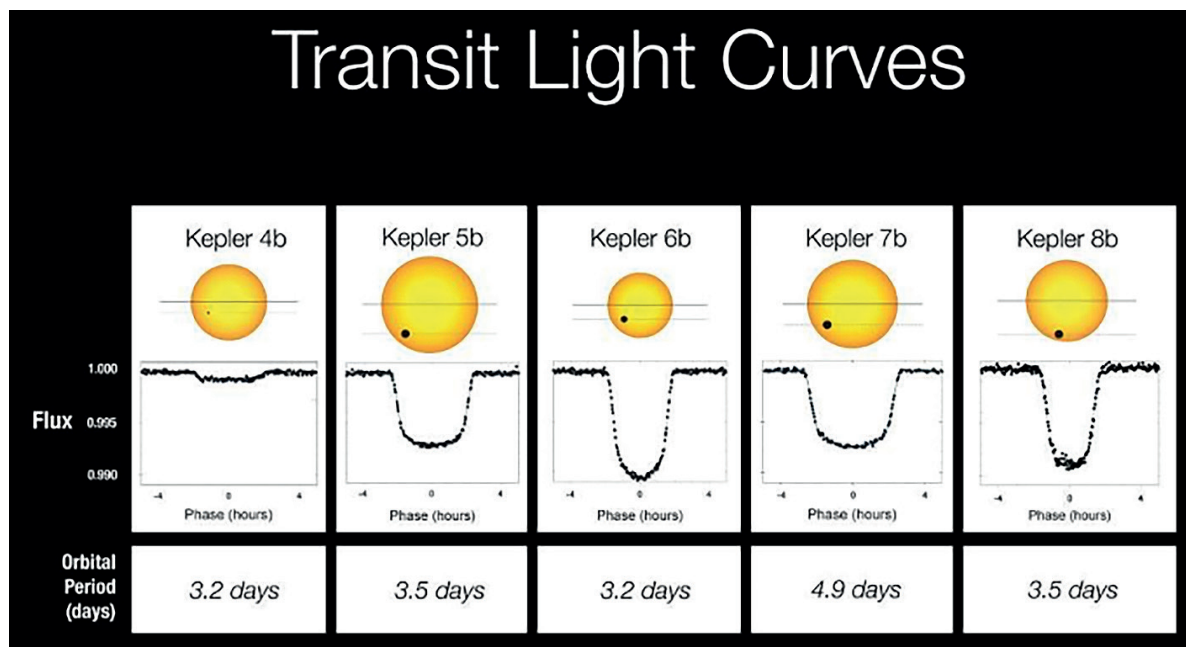


Figura 47.
Primeiros Exoplanetas descobertos com o Kepler

O primeiro trânsito confirmado por este método foi o do Exoplaneta HD209458 b, também designado Osíris, registado com um pequeno telescópio terrestre em 1999 e estudado rigorosamente mais tarde com o HST.

Raio medido	1.4 Raio de Júpiter
Período	$3.524\,754\,2 \pm 0.000\,000\,4$ dias
Semi-eixo maior	6.7 milhões de km
Massa	0.699 ± 0.007 Massa de Júpiter

Combinando a massa e o raio, obtém-se o valor da densidade média do Exoplaneta, 0.34 g/cm^3 , o que prova que Osíris é um gigante gasoso.

Presentemente, este é o método que tem permitido a deteção do maior número de Exoplanetas. Por exemplo, no último ano, 2016, esse número foi de cerca de 1500, muito superior a qualquer dos outros métodos.

Uma das mais interessantes e recentes descobertas com o *Spitzer Space Telescope* (SST), ao fim de 500 horas de observação de Trânsitos, foi o Sistema TRAPPIST-1 constituído pela estrela anã ultra-fria TRAPPIST-1 e pelos sete planetas TRAPPIST-1 b, c, d, e, f, g, h (Figura 48).

Estes planetas são rochosos, com uma dimensão semelhante à da Terra e estão todos a distâncias da estrela inferiores à de Mercúrio ao Sol.

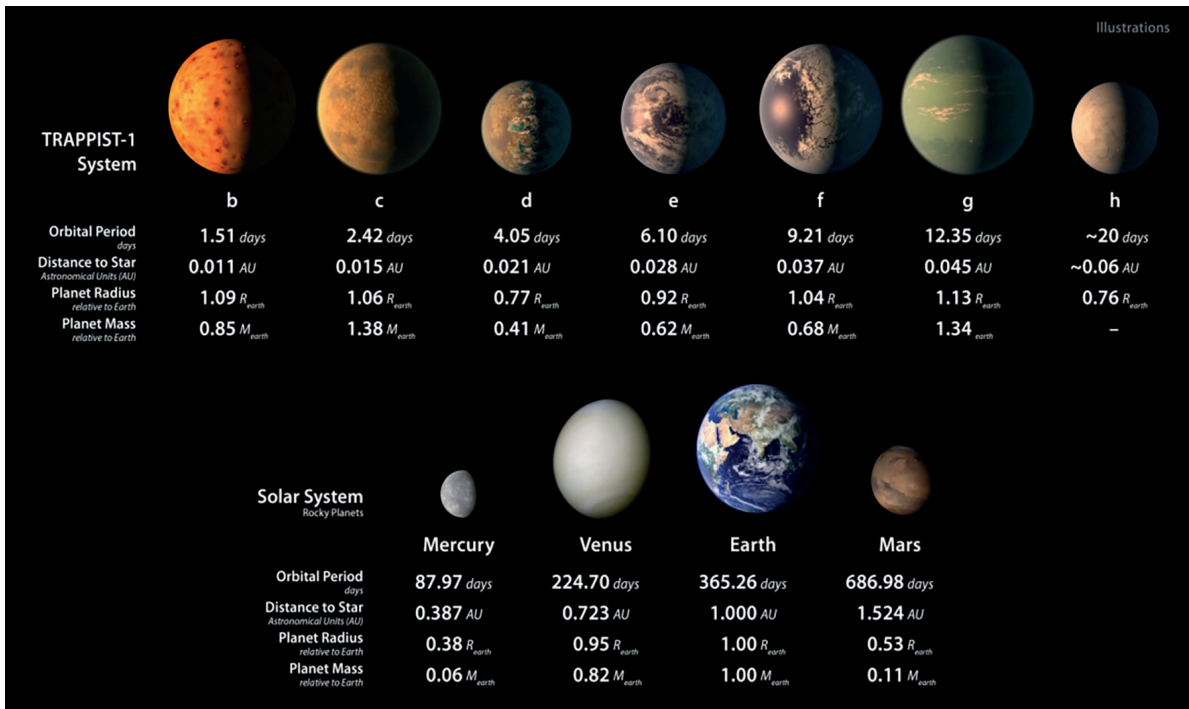


Figura 48.
Sistema TRAPPIST-1

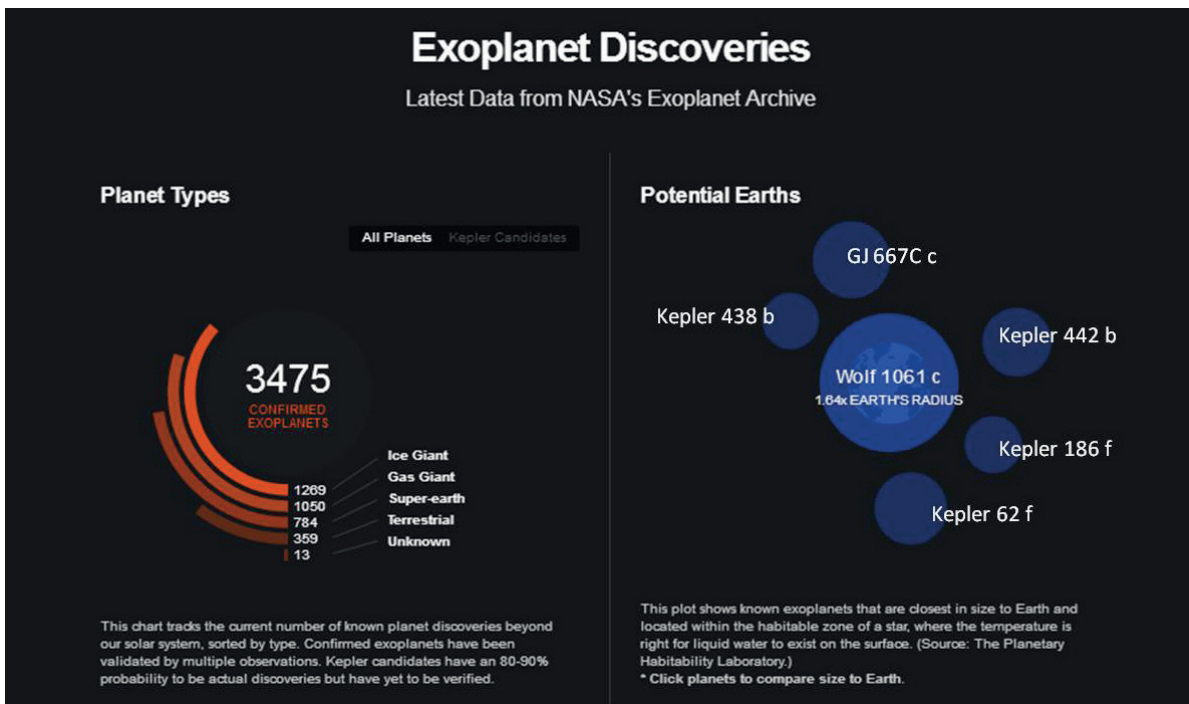


Figura 49
Exoplanetas Confirmados

4.4 Resultados

Na Figura 49 estão indicados os resultados mais recentes dos Arquivos de Exoplanetas da NASA, incluindo 3475 Exoplanetas confirmados e aqueles com condições análogas à nossa Terra.

Seguem-se as percentagens do total de Exoplanetas confirmados, em ligação com os diferentes métodos anteriormente apresentados (Figura 50).

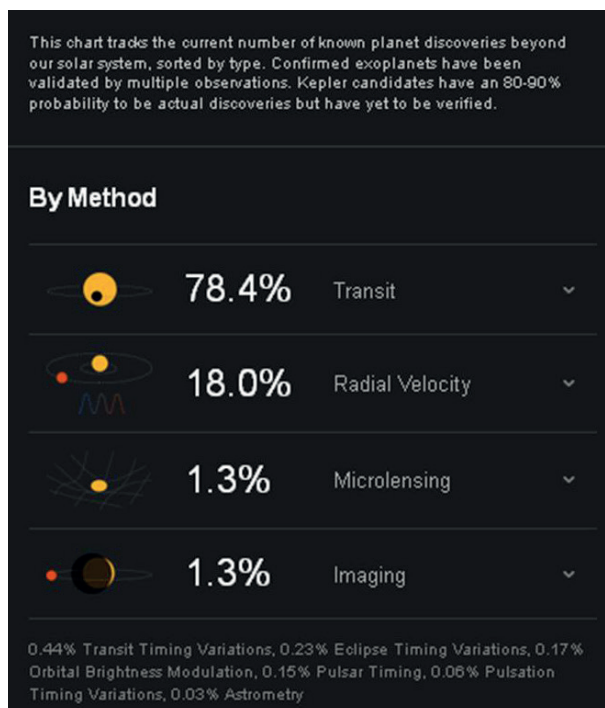


Figura 50.

Percentagens de acordo com os diferentes métodos

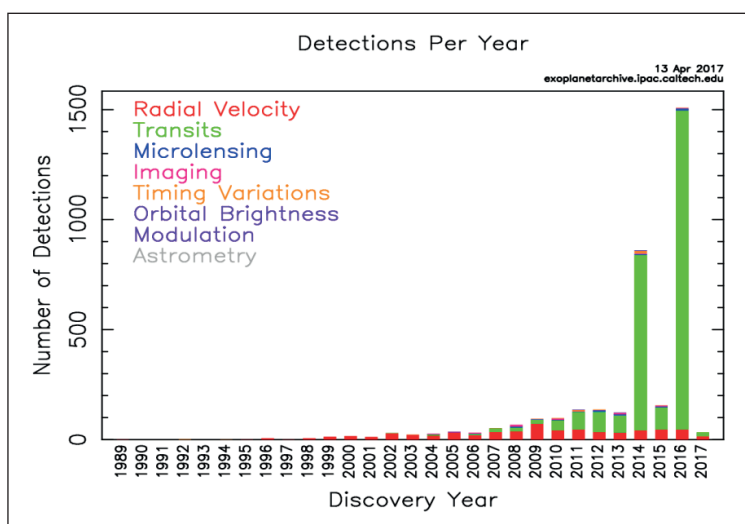


Figura 51

Número de Exoplanetas detetados anualmente

O número de descobertas de Exoplanetas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos (Figura 51), em especial no ano anterior, 2016.



FIGURA 52
Zona de habitabilidade

Na imagem à direita, na Figura 52, a zona de habitabilidade está representada a azul e a sua extensão, provocada por vulcanismo ativo, a vermelho.

Para terminar, apresenta-se uma imagem que indica a localização, na nossa Galáxia, a Via Láctea (Figura 53), do conjunto dos Exoplanetas conhecidos. O Exoplaneta aí assinalado foi descoberto com observações do SST e encontra-se a 13 000 anos-luz. Esse e todos os pontos brancos na figura representam Exoplanetas descobertos pelo método das lentes gravitacionais. O cone vermelho representa a zona dos Exoplanetas detetados pela missão Kepler e o círculo vermelho a localização dos restantes Exoplanetas confirmados.

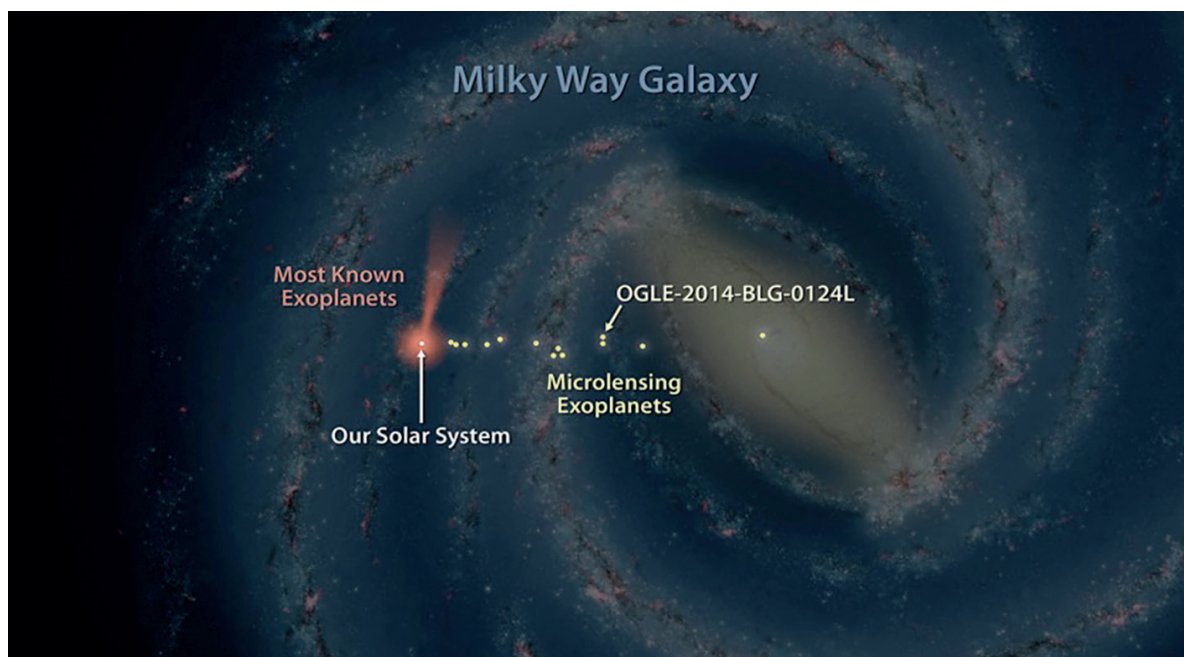


Figura 53
Localização dos Exoplanetas confirmados

5. CONCLUSÃO

A investigação sobre a estrutura do Universo e a eventual existência de vida extraterrestre são temas que têm vindo a despertar a maior atenção nas últimas décadas. Os avanços conseguidos na compreensão de estruturas como o Sistema Solar ou a nossa Galáxia (Via Láctea) são verdadeiramente extraordinários. Nesta comunicação houve a intenção de apresentar alguns dos desenvolvimentos mais significativos, nomeadamente os que resultam da utilização da tecnologia espacial e de grandes estruturas de observação terrestre. Muitos dos grandes projetos, tanto espaciais como terrestres, estão ainda em curso. Na Figura 54, para além de alguns projetos espaciais já concluídos, estão indicados os previstos para o futuro mais próximo.

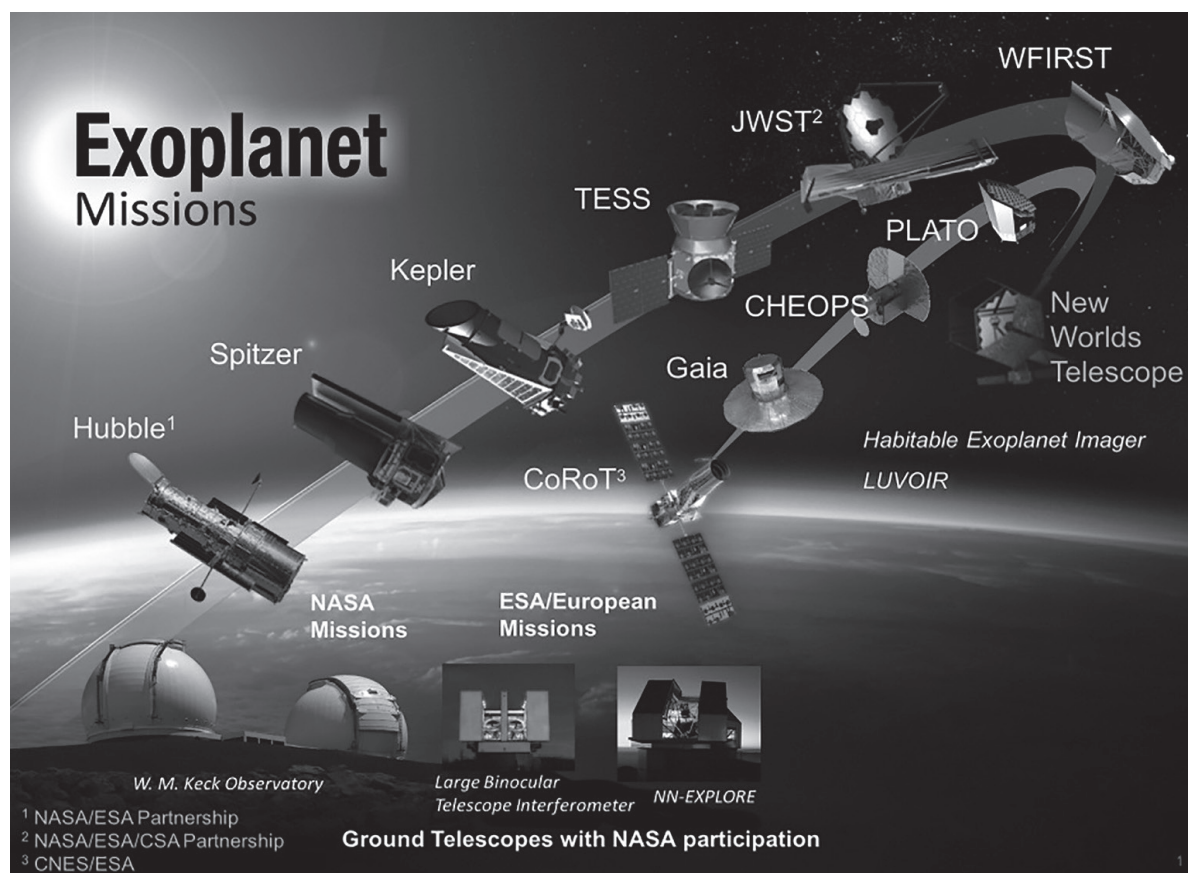


Figura 54.
Missões espaciais da NASA e da Europa

No que respeita a grandes telescópios, há que salientar o *European Extremely Large Telescope (E-ELT)*. Este novo telescópio terrestre revolucionário, com início de operação previsto para 2024, terá um espelho primário de 39 metros de diâmetro e será o maior telescópio nos domínios óptico e infravermelho (Figura 55).

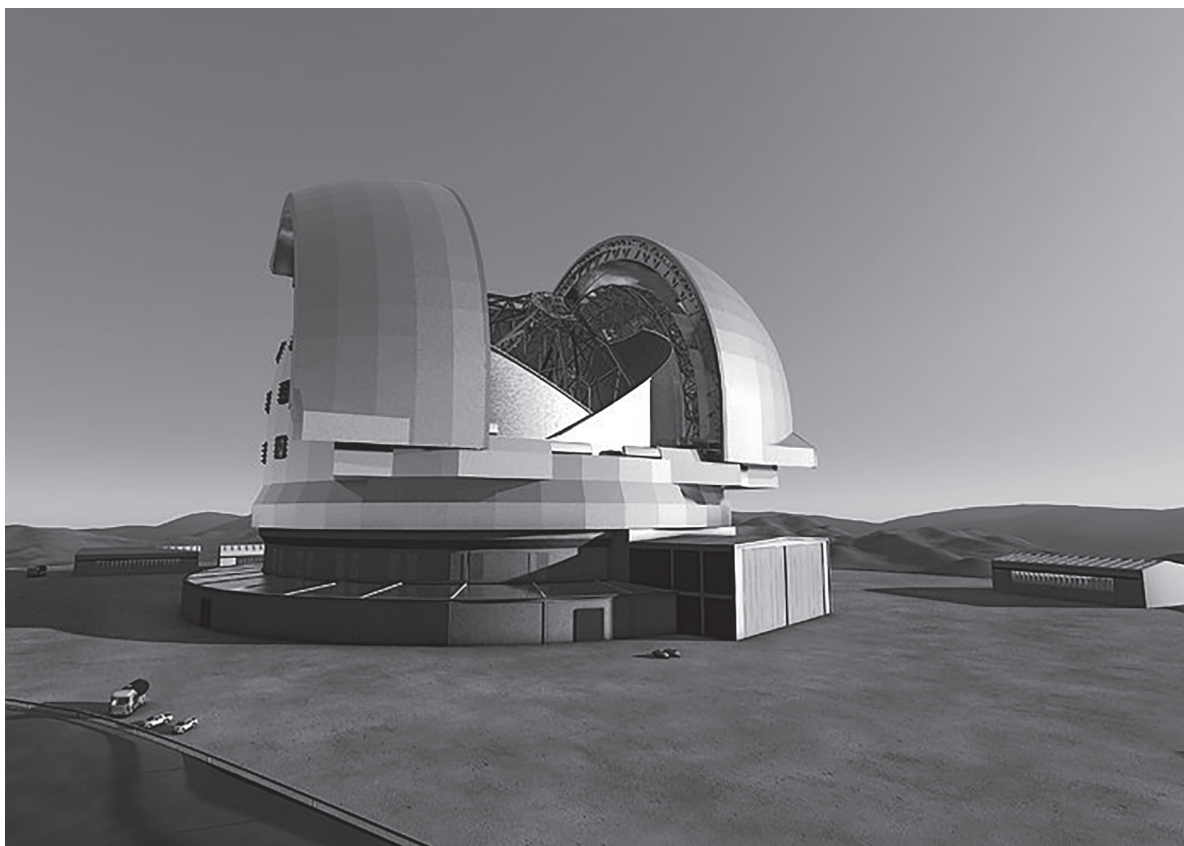


Figura 55.
Telescópio E-ELT

BIBLIOGRAFIA

- Osório J. P., *Cosmic Dimensions*, Symposium Aristarchus of Samos, Samos, Grécia, 1980
- Osório J. P., *Sobre a História e Desenvolvimento da Astronomia em Portugal*, História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal, Vol. I, Academia das Ciências de Lisboa, 1986
- Mayor M., Queloz D., *A Jupiter-mass companion to a solar-type star*, Nature, Vol 378, 1995
- Fukugita M., *The dark side*, Nature, Vol 422, 2003
- Santos N. *et al.*, *The HARPS survey for southern extra-solar planets: A 14 Earth-masses exoplanet around μ Arae*, A&A 426, L19–L23, 2004
- ESO0515 – Science Release, *Yes, it is the Image of an Exoplanet*, 2005
- Osório, J. P., *500 Years of Astronomical Instrumentation in Portugal*, Astronomy and its Instruments Before and After Galileo, Pages 127-140, International Astronomical Union, Padova, Italy, 2009
- Ferlet, R., *Detection and characterization of extrasolar planets*, Eur. Phys. J. Conferences 1, 275-282, 2009
- Harland D., *NASA's Moon Program: Paving the Way for Apollo 11*, Springer, 2009
- Shapiro S. S., Shapiro I. I., *Gravitational deflection of light*, Einstein Online, Vol 04, 2010
- ESO1024pt – Nota de Imprensa Científica, *Exoplaneta Apanhado em Movimento*, 2010
- Maciejewski G. *et al.*, *Transit timing variation in exoplanet WASP-3b*, M. N. R. A. S., Vol 407, 2010
- Marois C. *et al.*, *Images of a fourth planet orbiting HR 8799*, Nature, Vol 468, 2010
- Keller C., *In search of biosignatures*, Nature, Vol 483, 2012
- Maire A. L., *et al.*, *Atmospheric characterization of cold exoplanets using a 1.5-m coronagraphic space telescope*, A&A 541, A83, 2012

- Boccaletti A. *et al.*, *Independent confirmation of beta Pictoris b imaging with NICI*, A&A 551, L14, 2013
- Seager S. *et al.*, "A BIOMASS-BASED MODEL TO ESTIMATE THE PLAUSIBILITY OF EXOPLANET BIOSIGNATURE GASES", *The Astrophysical Journal*, 775:104 (28pp), 2013
- Pepe F. *et al.*, *Instrumentation for the detection and characterization of exoplanets (Review)*, Nature, Vol 513, 2014
- Burrows A., *Highlights in the study of exoplanet atmospheres*, Nature, Vol 513, 2014
- Mayor M., Lovis C., Santos N., *Doppler spectroscopy as a path to the detection of Earth-like planets (Review)*, Nature, Vol 513, 2014
- Misra A. K. *et al.*, "DISCRIMINATING BETWEEN CLOUDY, HAZY, AND CLEAR SKY EXOPLANETS USING REFRACTION", *The Astrophysical Journal Letters*, 795: L14, 2014
- ESO1517pt – Nota de Imprensa Científica, *Primeira detecção de luz visível refletida por 51 Pegasi b: Nova técnica aponta para futuro promissor*, 2015
- Martins J. *et al.*, *Evidence for a spectroscopic direct detection of reflected light from 51 Pegasi b*, A&A 576, A134, 2015
- Hecht J., *The Light of Other Worlds*, Nature, Vol 530, 2016
- Martins J. *et al.*, *Reflected Light from Giant Planets in Habitable Zones: Tapping into the Power of the Cross-Correlation Function*, Orig Life Evol Biosph 46, Springer Science, 2016
- Schmidt T.O.B. *et al.*, *Direct Imaging discovery of a second planet candidate around the possibly transiting planet host CVSO 30*, Astronomy & Astrophysics manuscript, 2016
- Bouchy F. *et al.*, *The SOPHIE search for northern extrasolar planets: Follow-up of ELODIE candidates: long-period brown-dwarf companions*, A&A 585, A46, 2016
- Díaz R. F. *et al.*, *The SOPHIE search for northern extrasolar planets: Three new companions and an orbit update: Giant planets in the habitable zone*, A&A 591, A146, 2016
- Gillon M. *et al.*, *Temperate Earth-sized planets transiting a nearby ultracool dwarf star*, Nature, Vol 533, 2016
- Ban M. *et al.*, *The microlensing rate and distribution of free-floating planets towards the Galactic bulge*, A&A 595, A53, 2016
- Ortiz M. *et al.*, *Precise radial velocities of giant stars HD 59686 Ab: a massive circumstellar planet orbiting a giant star in a 13.6 au eccentric binary system*, A&A 595, A55, 2016
- Sahlmann J. *et al.*, *The mass of planet GJ 676A b from ground-based astrometry. A planetary system with two mature gas giants suitable for direct imaging*, A&A 595, A77, 2016
- Wit J. *et al.*, *A combined transmission spectrum of the Earth-sized exoplanets TRAPPIST-1 b and c*, Nature, Vol 537, 2016
- Charles Q. Choi, *Microbes Could Survive Thin Air of Mars*, Astrobiology Magazine, Jan 2017
- Blau S., *A gravitational-lensing measurement of the Hubble constant*, Research & Technology, Feb 2017
- Astudillo-Defru N., Santos N. *et al.*, *The HARPS search for southern extra-solar planets: A dozen planets around the M dwarfs GJ 3138, GJ 3323, GJ 273, GJ 628, and GJ 3293*, Astronomy & Astrophysics, March 2017
- Ramirez R. and Kaltenegger L., *A volcanic Hydrogen Habitable Zone*, The Astrophysical Journal Letters, 837:L4 (5pp), March 2017
- <https://astrobiology.nasa.gov/>
- <http://www.esa.int/ESA>
- <http://www.eso.org/sci.html>
- <https://www.jpl.nasa.gov/>
- <https://www.manyworlds.space>
- <https://www.nasa.gov/>
- <http://www.space-exploratorium.com/NASA-educator.htm>

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 20 DE ABRIL DE 2017)

Doenças genéticas na Pintura: a arte parecida com a vida – do Renascimento ao Barroco

JOSÉ RUEFF

DA ILUSTRAÇÃO MÉDICA E SEUS PRIMÓRDIOS NO SÉC. XVI

A medicina e as ciências médicas vivem da ilustração na sua difusão *inter pares* e, sobretudo, no ensino. Este aspecto relativo aos profissionais que difundem os seus conhecimentos e descobertas médicas releva, porém, para a iconografia médica, que não é o objecto deste texto. Mas, pela sua importância, seria pecado maior, ao falar de ilustração em medicina, ou da medicina vista através da representação pictórica, não referir pelo menos duas das obras maiores do século XVI que marcaram singularmente o evoluir da medicina e o papel que nelas teve a iconografia médica.

De entre essas avulta sobremaneira o bem conhecido *De humani corporis fabrica libri septem*, obra de Andreas Vesalius (1514–1564), e publicado em 1543. Médico e anatomista flamengo, a obra de Vesalius é o resultado dos seus estudos suportados pelas disseções cadavéricas que realizou enquanto professor da Universidade de Pádua. É uma obra notável onde se revestem de superior importância as magníficas xilografuras que ilustram a obra. Esta está organizada em sete livros, comportando ossos e articulações, músculos, coração e vasos sanguíneos, órgãos do tórax e do abdómen e cérebro. Para além da importância científica da obra, o rigor e qualidade das ilustrações impressionam sempre de um ponto de vista estético, para além do seu valor médico.

Contemporâneo de Vesalius e também ele autor de uma obra médica com notáveis gravuras foi Jacob Rueff (1500-1558). Não é certo o seu local de nascimento, apontando-se Rhyntal ou Württemberg. Rueff foi médico em Zurique no séc. XVI. Repartiu a actividade entre a cirurgia e a preparação de parteiras de cuja avaliação era responsável em Zurique. Rueff escreveu, em 1554, o “*De conceptu et generatione hominis*”, publicado basicamente como manual para a preparação de parteiras, inicialmente em Latim e Alemão (“*Ein schön lustig Trostbüchli von den empfangknussen und geburten der Menschen*”), sendo depois traduzido para Inglês em 1647 como *The expert midwife or An Excellent and most necessary Treatise on the Generation and birth of Man*. O livro foi usado também por cirurgiões durante mais de um século. O que faz do *De conceptu* um trabalho importante é ter sido, porventura, a primeira obra de prática médica e já assente em bases científicas com ênfase à anatomia relativa à obstetrícia e esta servida por ilustrações de impressionante rigor e clareza. As mesmas vão da anatomia obstétrica até, por exemplo, à disposição de fetos em gravidezes

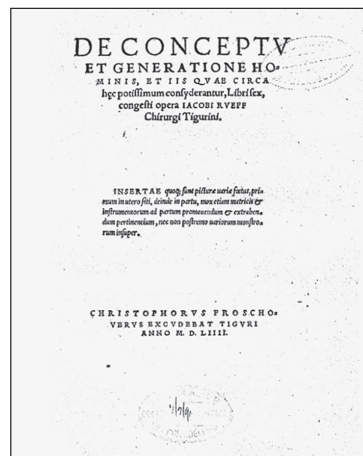


Figura 1.
Frontispício do “*De conceptu et generatione hominis*” de J. Rueff, 1554

gemelares ou à disposição da grávida para o parto e condições que o devem rodear, bem como ferros obstétricos. Não foi apenas uma descrição de dados médicos, mas a sua aplicação^{1,2}.

A ARTE PARECIDA COM A VIDA: DO RENASCIMENTO AO BARROCO – A PINTURA ARTÍSTICA DA DOENÇA NA PASSAGEM DO FRESCO E DA TÊMPERA PARA O ÓLEO

Na opinião de Alan Emery, reputado geneticista médico e historiador, com Marcia Emery:

“The relationship between art and medicine can be considered from essentially two points of view: diseases in artists which have affected their work, and diseases which have been depicted by artists whose work sometimes illustrates diagnostic procedures or treatments current at the time.”³

O que para aqui importa é na essência a representação de fenótipos clínicos na pintura do Renascimento e do Barroco por mestres pintores dessas épocas^{3,4}. Ou seja, como em Emery: *“diseases which have been depicted by artists”*.

Porém, a questão que se levanta é a do porquê de nos aparecerem, em obras desses períodos, fenótipos que hoje diagnosticamos como sendo doenças genéticas; sendo certo, todavia, que o ‘diagnóstico’ que hoje podemos fazer é presuntivo, pois a um diagnóstico se chega através de um cânone da semiologia médica que comporta, após colhida a história da doença actual e as histórias pregressa e familiar, quatro canónicas etapas que incluem inspecção, palpação, percussão e auscultação. E as estes se seguirão exames complementares, designadamente.

Assim sendo, fazer hoje um diagnóstico em obras de arte pictórica é um exercício de risco, pois apenas dispomos de um elemento: o da inspecção. Não obstante, são várias as obras desse período que vêm do Renascimento ao Barroco, em que são representadas figuras que sem hesitação, embora só pela inspecção, permitem o diagnóstico de algumas entidades nosológicas. Ou pelo menos o sugerem. Esta primeira questão, senão reserva, nesta análise.

A segunda questão ainda é mais problemática e respeita ao porquê de vários desses pintores terem representado figuras que de muito provável evidência eram portadoras de doenças que hoje conhecemos bem. Tê-lo-ão feito, simplesmente, porque conviveram com familiares ou circunstantes portadores dessas doenças? É provável. Pelo menos, é certo que conheceram bem esses ‘doentes’ pois lhes serviram de modelo. Terão querido ir mais longe, e tê-los-ão representado precisamente para enaltecerem a igualdade da diversidade humana: da saúde à doença, mostrando a igual dignidade de ambas. Não é de excluir. Mas é apenas uma hipótese; embora em alguns casos a envolvimento histórica possa sugerir esta hipótese.

Passemos em revista sumária, necessariamente, algumas dessas obras sobre as quais fazemos hoje em dia um diagnóstico só pela inspecção.

SÍNDROME DE PRADER-WILLI

A síndrome de Prader-Willi é uma situação rara com prevalência estimada em 1 por 10 000 - 25 000 indivíduos.

Caracteriza-se por hipotonia, atraso intelectual moderado, hipogonadismo, insuficiência de hormona de crescimento provocando baixa estatura para o valor médio familiar. Muito característica é a

ocorrência de hiperfagia de instalação desde o início da infância e obesidade (1-6 anos), conferindo aparência característica com excesso de panículo adiposo. As crianças com síndrome de Prader-Willi revelam aquisição tardia de características miliares de desenvolvimento, por exemplo: sentar apenas aos cerca de 12 meses ou andar aos 24 meses.

A principal causa de morbidade e mortalidade é a obesidade mórbida. São jovens excessivamente obesos dada a hiperfagia que apresentam, a que acumulação de tecido adiposo confere um aspecto disforme com abdômen volumoso, membros com grande depósito de gordura.

A síndrome de Prader-Willi é um exemplo de uma doença genética, envolvendo *imprinting* genômico; isto é, regulação epigenética que dita expressão preferencial de certos genes se provindos do pai ou da mãe. É o fenómeno de exclusão ou silenciamento alélico que se sabe atingir porventura mais de cerca de 10% dos nossos genes. É um fenómeno que, de algum modo, contradiz o paradigma das leis de Mendel.

A doença pode ocorrer por três mecanismos principais, que levam a ausência de expressão de genes herdados do pai na região 15q11.2-q13: microdeleção paterna, dissomia uniparental materna ou defeito de *imprinting*.

A síndrome Prader-Willi é, pois, determinada por deleção ou silenciamento de genes em 15q11-13 diversos dos da síndrome de Angelman, em particular o SNRPN (*small nuclear ribonuclear polypeptide*) que codifica um componente do *splicing* de mRNA.

A descrição inicial da síndrome foi feita por dois pediatras suíços, Andrea Prader, Heinrich Willi e um internista, Alexis Labhart, em 1956⁵, mas o epónimo reteve a contribuição relevante dos dois pediatras.

O que traz esta síndrome para este contexto é um conjunto interessantíssimo de duas telas expostas no Museu do Prado, da autoria de Juan Carreño de Miranda, ambas de 1680. Trata-se de óleos sobre tela de Eugenia Martínez Vallejo, conhecida como 'La Monstrua'. Na primeira tela surge Eugenia Vallejo ricamente vestida de brocado vermelho 'cerise', em traje próprio de personagem da corte e a seu lado, uma mesa. A segunda tela representa a mesma personagem desnudada. Este quadro e o anterior estiveram antes na Zarzuela e apenas nos anos 30 'La Monstrua Desnudada' juntou-se no Prado à 'La Monstrua'.

Eugenia Martínez Vallejo era uma das pessoas com defeitos físicos que formavam a corte de Espanha de então. Era precisamente conhecida como 'La monstrua' pela enorme obesidade que exibia e o seu sempre grande apetite. Na época Barroca da corte de Felipe IV e seu filho Carlos II, último monarca Habsburgo de Espanha (que reinou entre 1665 e 1700), seria usual serem para lá levados exemplos de beleza ou de fealdade/excentricidade para educação dos infantes sobre a realidade.

Nas telas vemos uma figura feminina que logo em "La Monstrua", no seu rico vestido, se revela como extremamente obesa, de ancas muito largas. Mas é em 'La Monstrua Desnudada' que vemos, sem margem para dúvida, uma clara representação de um fenótipo de síndrome de Prader-Willi: abdômen proeminente, braços 'gordos', mas sobretudo ancas larguíssimas e na pose captada pelo pintor em *genus valgum*, também uma característica da síndrome. Interessante é notar que na mesa a que se apoia a retratada nua, estão alimentos (cachos de uvas), o que também faz sugerir a hiperfagia (embora pudesse ser apenas ornamento na composição da tela).

Carreño estudou pintura com Pedro de las Cavas e Bartolomé Román. Foi ainda ajudante de Velázquez na decoração do Alcazar de Madrid e de outros palácios reais. Em 1669 foi nomeado pintor do rei Carlos II e pintor da corte de Espanha em 1671.

Pintou aliás Carlos II por duas vezes: na tela que se encontra no *Kunsthistorisches Museum* de Viena, esta de meio corpo; bem como na segunda, a tela com Carlos II em pé e que se encontra na Casa Consistorial de Sevilla. É interessante que estas telas de Carlos II e no contexto da sua adinamia e infertilidade, levaram alguns a considerar que o Habsburgo estéril poderia ter síndrome de Klinefelter, hipótese, porém, que parece muito arrojada. Não é possível, ou fácil, intuir qual fosse a enfermidade desse último rei Habsburgo de Espanha.

O asturiano Juan Carreño de Miranda, nascido perto de Oviedo, além de herdeiro artístico de Velázquez e pintor da corte, foi sem dúvida uma figura de relevo da pintura do Barroco espanhol e as suas representações de Eugenia Martínez Vallejo podem considerar-se tão sugestivas que dificilmente se encontraria iconografia médica mais impressiva das características da síndrome de Prader-Willi.

SÍNDROME DE ANGELMAN

A síndrome de Angelman é caracterizada por hiperactividade e hipercinese, com movimentos bruscos dos membros, escoliose, convulsões, atraso mental severo, riso não provocado e por vezes mantido, *facies* característica com boca grande e queixo proeminente, lábio superior fino, dentes afastados, apresentando ainda hipopigmentação e, em certos casos, fendas palpebrais amplas.

A prevalência da síndrome de Angelman está estimada em 1/10 000 a 1/20 000.

A síndrome de Angelman é determinada por deleção ou silenciamento de genes em 15q11-13 diversos dos da síndrome de Prader-Willi, em particular o gene *UBE3A*, envolvido na via de ubiquitinação.

O gene *UBE3A* expresso é, normalmente, o de origem materna, pelo que a respectiva deleção ou silenciamento do gene materno está na origem da síndrome de Angelman. É, de certo modo, uma ‘doença gêmea’ da síndrome de Prader-Willi quanto aos mecanismos causais e à proximidade no cromossoma 15 dos genes que quando deletados, ou silenciados, ou oriundos de um cromossoma 15 duplicado paterno (dissomia uniparental) levam a que genes como o *UBE3A*, de expressão exclusiva materna, não se possam expressar condicionando o quadro clínico. Ou seja, como na síndrome de Prader-Willi, em exemplos em patologia do fenómeno de exclusão alélica, ou expressão preferencial de alelos, como já referido acima, é um fenómeno genético extensivo a muitos outros genes humanos.

A síndrome foi descrita pela primeira vez pelo Dr. Harry Angelman⁶, pediatra que trabalhou primeiro na sua especialidade no Booth Hall Children’s Hospital, em Manchester, depois da formatura na Universidade de Liverpool. Mas seria já como consultor em pediatria no Warrington Group of Hospitals que criaria as condições hospitalares em pediatria que são a sua credencial histórica.

Era um homem culto, amante da arte, sobretudo italiana e ele próprio fluente nesse idioma. Eram, assim assíduas as suas viagens a Itália.

É interessante mencionar o que ele próprio escreveu, nos anos 90, sobre o que o levou até à identificação da síndrome, não redutível a outras entidades nosológicas já conhecidas:

“It was purely by chance that nearly thirty years ago three handicapped children were admitted at various times to my children’s ward. They had a variety of disabilities and, although at first sight they seemed to be suffering from different conditions, I felt that there was a common cause for their illness. The diagnosis was purely a clinical one because in spite of technical investigations which today are more refined, I was unable to establish scientific proof that the three children all had the same handicap. In view of this, I hesitated to write about them in the medical journals. However, when on holiday

*in Italy, I happened to see an oil painting in the Castelvechio museum in Verona called 'A boy with a puppet'. The boy's laughing face and the fact that my patients exhibited jerky movements gave me the idea of writing an article about the three children with the title of 'puppet children'. It was not a name that pleased all parents, but it served as a means of combining the three little patients into a single group. Later the name was changed to Angelman syndrome. This article was published in 1965 (Develop. Med. Child. Neurol., 7:681-688) and, after some initial interest, lay almost forgotten until the early eighties. In fact many doctors denied that such a condition existed. In the past ten years American and English doctors have placed the syndrome on a firm footing with the ability to establish the diagnosis beyond doubt."*⁷.

O óleo sobre madeira a que Angelman se refere é o quadro *Fanciullo con disegno*, também conhecido como *Giovane con disegno di pupazzo* (ou "Criança com desenho") da autoria de Giovanni Francesco Caroto, do espólio do Museu de Castelvechio em Verona, que representa uma criança/jovem com um desenho na mão.

Giovanni Francesco Caroto nascido em Verona em 1480 e tendo vivido até 1555 ou 1558, teve na sua pintura a influência do estilo de Leonardo e de Rafael, mas terá sempre mantido uma certa idiossincrasia no seu estilo.

A obra vista pelo Dr. Harry Angelman, representa uma criança/jovem com a *facies* característica de três doentes que Angelman havia observado e que o levaram a dar o nome de *Puppet' Children* a essa nova entidade descrita em 1965⁶, passando a tomar o seu epónimo.

É de notar como uma representação pictórica, que levou um pediatra experimentado deduzir dela um diagnóstico observado em três jovens doentes, é uma situação singular que só abona a que o *Fanciullo con disegno* de Caroto representa, de facto, o que hoje observamos em meninos com síndrome de Angelman.

SÍNDROME DE DOWN

A síndrome de Down, descrita pela primeira vez pelo britânico Dr. John Langdon Haydon Down, médico diligente, com talento e iniciativa, que embora não tivesse sido prolífico na escrita, descreveu na sua publicação de 1866⁸ o que eram as características da síndrome que veio a ser conhecida pelo seu epónimo. Nesse estudo alvitra que as doenças podem ser classificadas pela semelhança que o seu fenótipo apresenta com certas etnias humanas e, deste feito, é levado a concluir que se um filho de caucasianos nasce com características de um Mongol, logo a espécie humana apresenta uma mesma unicidade; isto é, não há raças de origens diversas. Ou seja, este estudo de John Down reveste a característica de ao descrever a síndrome que dele tomou o nome, o fez com intuítos interpretativos também sobre a natureza e unicidade do *Homo sapiens*.

Haveria que esperar por 1959 para que Lejeune, Gautier e Turpin descrevessem, pela primeira vez, a base genética da síndrome. Uma trissomia do cromossoma 21. Esta tanto pode ser livre, por não-disjunção meiótica, como resultar de translocação com fusão robertsoniana entre cromossomas acrocêntricos, ou ser mesmo em mosaico por não-disjunção mitótica no desenvolvimento embrionário. Embora a descrição *princeps* de Lejeune tenha aberto a porta à etiologia da síndrome e mais alargadamente à citogenética médica, ainda hoje não conhecemos com exactidão quais os genes críticos do 21 desencadearão o fenótipo clínico quando se encontrem em triplicado.

O fenótipo da síndrome de Down compreende, designadamente, olhos amendoados com fendas palpebrais oblíquas, prega epicântica, prega palmar transversal única, dedos curtos, ponte nasal

achatada, hipoplasia do terço inferior da face que leva a macroglossia relativa pela menor dimensão da cavidade oral pelo que os doentes apresentam língua protusa, pescoço curto, implantação baixas das orelhas e também implantação baixa do cabelo. Para além destas características do fenótipo facial, a síndrome decorre frequentemente com alterações cardíacas congénitas, défice imunitário, propensão a infeções e a neoplasias, entre outras manifestações. Nesta síndrome é dada sempre relevância ao défice cognitivo, mas a estimulação precoce e o acompanhamento médico podem condicionar uma situação em que o défice cognitivo seja de severidade moderada permitindo mesmo a aquisição de conhecimentos escolares a níveis que excedem o ensino elementar.

Em mais do que uma representação pictórica do Renascimento ou do Barroco, é possível ver rostos de crianças cujos traços fenotípicos nos levariam hoje a poder intuir, sem esforço, tratar-se de meninos com síndrome de Down. Alguns, porém, não resistem a uma mais aturada análise, sobretudo quando a qualidade artística do pintor não parece relevante.

Duas, porém, parecem não oferecer dúvidas de representarem rostos de crianças com Down. Aqui referimo-las.

A primeira dessas é a *Madonna dell'Umiltà con angeli e santi carmelitani* ou *Madonna Trivulzio*, têmpera sobre madeira, executada entre tentativamente 1429 e 1432, pelo Monge Carmelita Filippo di Tommaso Lippi, que viveu entre 1406 e 1469, tendo nascido em Florença e falecido em Spoleto. Em 1420 ingressa no Convento Carmelita de Nossa Senhora do Monte Carmelo em Florença, onde tomou votos aos dezasseis anos.

A obra onde Lippi terá representado duas figuras com possível fenótipo de Down, apresenta a Virgem com o Menino rodeados de Santos de idade infantil, dois dos quais revelam características de Down, ou pelo menos um deles, o que se encontra à direita da Virgem. Atribui-se a influência ao facto de Lippi, órfão de mãe, ter podido conviver, na infância, num orfanato com crianças rejeitadas com síndrome de Down. A obra encontra-se na Pinacoteca do Castelo Sforza de Milão.

Uma outra obra que quase indiscutivelmente nos permite diagnosticar um menino com *fácies* de síndrome de Down (senão dois), é a *Adoração do Menino Jesus* (1515), atribuído ao pintor holandês Jan Joest van Kalkar (1460-1519), ou a um seu discípulo ou seguidor. Óleo sobre madeira que se encontra no *New York Metropolitan Museum of Art*. À esquerda da Virgem e inclinando o olhar para o Menino está um pequenino anjo, cuja *fácies* é definitivamente sugestiva de Down. Mas atrás e por cima está um pastor também sugestivo de Down, embora menos fidedignamente reconhecível como tal.

DISTROFIA MIOTÓNICA

A distrofia miotónica foi descrita pela primeira vez pelo médico alemão Hans Gustav Wilhelm Steinert em 1909¹¹, sendo também conhecida pelo éponimo de Doença de Steinert. Estudou nas Universidades de Leipzig, Freiberg, Berlin e Kiel. Obteve o Dr. med. (*Doctor Medicinae*) em 1898 e exerceu seguidamente em Halle e Berlin, designadamente. Fixou-se depois em Leipzig, onde trabalhou no instituto de patologia e na clínica médica chegando a Professor em 1910.

O quadro clínico da distrofia miotónica apresenta miotonia, distrofia muscular, cataratas, face oblonga e reduzida expressão facial. A face típica revela fraqueza muscular facial, com ptose e boca em triângulo e alopecia frontal.

A prevalência da doença é de cerca de 1-5 / 10 000.

A distrofia miotônica pertence ao grupo das situações descritas como expansão de tripletos ou de trinucleótidos. Aqui, neste vasto grupo, há múltiplos genes em várias localizações cromossômicas que podem ver algumas das suas regiões largamente expandidas em sequências trinucleotídicas que conduzem a morte celular, a desregulação da expressão génica, entre outros mecanismos. Na distrofia miotônica tipo 1, ou DM1, o gene que sofre expansão codifica para a distrofia miotônica proteína cinase (DMPK). A expansão ocorre num trinucleótido CTG na região 3'UTR ("untranslated region" 3'). O principal mecanismo patogénico na DM é a alteração da regulação do *splicing* alternativo de pré-mRNAs: o *splicing* reverte a formas pré-embrionárias por interferência de transcritos de *DMPK* expandidos no *splicing* de vários RNAs de proteínas. A expressão inapropriada de isoformas embrionárias de proteínas é responsabilizável pelas principais manifestações de DM1.

Na obra de Pieter Bruegel, o Velho de 1564, *The Adoration of The Kings*, um óleo sobre madeira, da *National Gallery*, podemos ver Baltazar, o rei mouro, em pé à direita e Gaspar ajoelhado, no canto inferior esquerdo. Melchior, segurando firmemente um pote de ouro de incenso, mostra ptose muscular facial bilateral, e prematura calvície frontal, características de distrofia miotônica. Apresenta uma *fácies* muito característica de distrofia miotônica, embora, evidentemente, este "diagnóstico" apenas à inspeção peque inevitavelmente pela mesma insuficiência de quaisquer outras das obras acima referenciadas, onde são apenas sugestivos diagnósticos em obras de pintores famosos. O exercício deste trabalho foi somente um percurso pela pintura, quando ela imita a vida, enquanto reveladora de possíveis quadros clínicos e nunca a certeza de "diagnósticos" na arte.

REFERÊNCIAS

1. Peter M Dunn. "Jacob Rueff (1500–1558) of Zurich and *The expert Midwife*" *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*; 85:F222–F224, 2001
2. H.L. Houtzager. "Jacob Rueff - Historical Review" *Europ. J. Obstet. Gynec. reprod. Biol.*, 13: 105-107, 1982
3. Alan E. H. Emery, Marcia Emery. "Genetics in art". *J. Med. Genet*; 31:420-422, 1994
4. Magdalena Laskowska, Anna krześlak, Ewa Forma, Paweł Józwiak, Magdalena Bryś, "Genetic diseases and other unusual disorders presented in art paintings". *Folia Medica Lodziensia*, 39/1:5-19, 2012
5. A. Prader, A. Labhart, H. Willi. "Ein Syndrom von Adipositas, Kleinwuchs, Kryptorchismus und Oligophrenie nach myatonieartigem Zustand im Neugeborenenalter". *Schweizerische medizinische Wochenschrift*, 86: 1260-1261, 1956
6. H. Angelman, H. "Puppet" children: A report of three cases". *Developmental Medicine and Child Neurology* 7, 681–688, 1965
7. Angelman Syndrome Foundation, *Facts About Angelman Syndrome*. 7th Edition, January 1, 2009 (https://www.angelman.org/wp-content/uploads/2015/11/facts_about_as_2009_3-19-10.pdf)
8. J.L. Down. "Observations on an ethnic classification of idiots". *London Hospital Reports*; 3:259-62. 1866
9. J. Lejeune, M. Gautier, R. Turpin, "Étude des chromosomes somatiques de neuf enfants mongoliens". *C R Acad Sci*, 248: 1721-1722. 1959
10. Starbuck, John M. "On the Antiquity of Trisomy 21: Moving Towards a Quantitative Diagnosis of Down Syndrome in Historic Material Culture," *Journal of Contemporary Anthropology*. 2 (1): 2. <http://docs.lib.purdue.edu/jca/vol2/iss1/2>, 2011
11. Steinert H. "Myopathologische Beiträge: uber das klinische und anatomische bild des muskelschwunds der myotoniker". *Deutsch Z Nervenheilk*; 37:58-104, 1909

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 4 DE MAIO DE 2017)

Plant genomes. Scientific results, applications and debates

PERE PUIGDOMÈNECH¹

INTRODUCTION

Genome has become a popular concept since the one from *Homo sapiens* was published in 2001. It was indeed a breakthrough result and one that would have seem impossible a decade before. This has been possible thanks to the acceleration of our methods to analyze and sequence DNA that has happened since the first sequences were obtained by the methods of Sanger (Sanger and Coulson, 1975) and Maxam and Gilbert (Maxam and Gilbert, 1977). The first plant sequences appeared in the 1980 decade, for instance the first maize storage protein sequence (Geraghty *et al.*, 1981). The use of cDNA and genomic cloning and sequencing was quickly adopted by those working in trying to understand the molecular basis of plant physiology and development and by plant geneticists. The first plant sequence published in Spain followed some years after (Prat *et al.*, 1985). We have at this moment more than 100 plant genomes in our databases and the questions is now to analyze the variability that exist in the genomes of different plant species and that means accumulating hundreds or thousands of genome sequences for a given species. This change has arrived during a lifetime for some of us.

The first plant genome to be published was that of the model species *Arabidopsis thaliana*, the first genome stretch of 1.8 Mb was published in 1998 (Bevan *et al.*, 1998) and the full genome in several articles in 2000 even preceding the publication of the sequence of the human genome that was celebrated as a scientific milestone by politicians and the media. After twenty years of these publications the present situation allows to confirm the importance of the results that started to be produced at this time. The landscape has changed for different reasons and the study of plant genomes and their use has become a routine in Plant Biology laboratories but also in Plant Breeding research both in public laboratories and in seed companies.

DNA SEQUENCING

The reasons for the explosive development of plant genomics are in the first instance methodological, in particular in DNA sequencing. The first methods developed by the end of the 70s were based on enzymatic or chemical reactions upon purified DNA fragments that produced radioactively-labeled pieces that were analyzed by polyacrylamide gel electrophoresis. The reading of the autoradiographs obtained by exposing the gels to x-ray films was done manually. Obviously that was very laborious. Automated DNA sequencers started to appear, essentially based on the Sanger method and optical

¹ Centre for Research in Agricultural Genomics. CSIC-IRTA-UAB-UB. Bellaterra. Barcelona, Spain

reading of fragments marked by fluorescent nucleotide derivatives and separated first by means of gel electrophoresis and afterwards by capillary electrophoresis that are still in use for a number of applications. Those were the systems used in the first genome projects. They needed to clone relatively short DNA fragments (around 1 kb) from larger fragments for sequencing. Assembling was relatively straightforward and was based in the knowledge of the structure of the fragments. The foreseen cost of the project carried out in the United States was 3000 million dollars but it was done with 10% less and two years before schedule. A similar thing happened with the Arabidopsis genome. This fact was due to the increased efficiency of the sequencing methods that were developed. In any case the methods used for sequencing allowed a very careful quality control and they produced a high quality genome sequences. At the same time, bioinformatics was being developed and it was used for the annotation and presentation of the final results.

Less than ten years after the publication of the human genome new developments of DNA sequencing based in the analysis of short (100-300 base pair) DNA segments appeared and they reduced the cost and speed of sequencing by orders of magnitude. The situation during these years is well presented in the figure elaborated by the American NIH where it compares the cost of DNA sequencing with the cost of microchips, known as the Moore's Law, as it is presented in Figure 1.

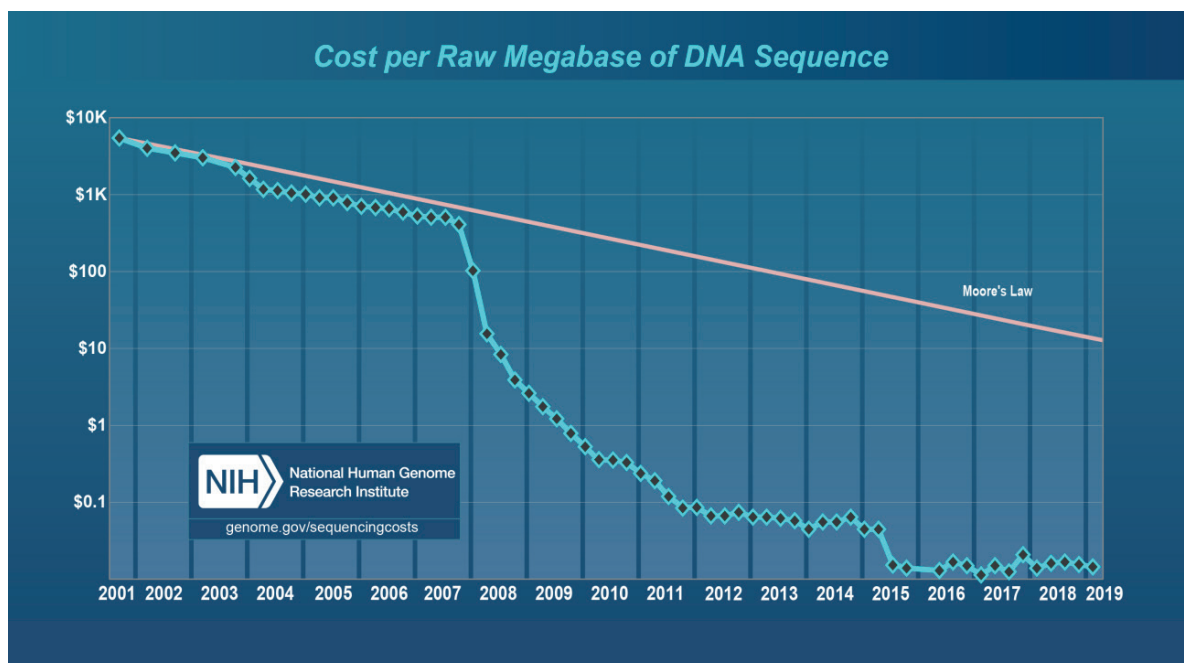


Figure 1.

The Cost of sequencing one Megabase from 2001 to the present. National Institutes of Health, USA, 2019.

SEQUENCES OF DIFFERENT PLANT GENOMES

As a consequence of these methodological developments regarding DNA sequencing the availability of plant genomes changed drastically. One of the reasons to start with Arabidopsis was that its genome was at that moment one of the smallest known among eukaryotic species, around 135 Mb and it was

reasonable to start with an easier example. The genetic map of the plant was also well known and that information helped to construct the complete sequence of the genome. The simplicity of the genome allowed also developing tools to identify the genes present in the DNA. At the beginning of the work only around 30% of the genes could be identified in relation to a possible function. The number of genes could also be deduced. One of the interesting results of the first analysis of this genome is that it contains around 27 000 genes a value that may be higher than the number of genes in the human genome that is 20 times larger. The tools needed for this analysis are essentially bioinformatic and the development of these tools has been constant during all this period facilitating the management of the large volume of data that has been generated.

After the *Arabidopsis* genome, the second to be published was that of rice. Two reasons explain this choice. One is the importance of rice as a crop. It is the basic food for millions of people, around the world, particularly in Asia, and it provides around one fifth of the calories needed for humans. It is also one of the simplest known among the cultivated cereals, around 430 Mb. For this reason an international consortium was formed to sequence the rice genome that was published in 2005 (International Rice Genome Sequencing Project, 2005). It was interesting that more or less at the same time two other publications present results of the rice genome, one funded by a private company and the other one by a network of Chinese scientists were published three years before but having a lower sequence quality. This fact witnessed the influence that seed companies and Chinese groups started to have upon plant genomics. After *Arabidopsis* and rice a number of other genomes were published. It is worth to be mentioned the genome of *Populus*, as an example of a tree and genomes of increased complexity but high scientific and economic importance such as soybean or maize. Most of these genome sequences were obtained using methods based on Sanger sequencing. The sequences of most of these reference genomes are available through databases such as Phytozome (<https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>) or Plaza (<https://bioinformatics.psb.ugent.be/plaza/>)

The first collection of plant genome offered an initial view of the complexity of the subject. This complexity gives rise, for instance, to an extraordinary diversity of genome sizes. We know that the genome of a plant can be contained in 80 Mb in the case of *Urticularia* that has a similar number of genes to *Arabidopsis* structured in a very compact way. On the other extreme, conifers span their genomes one thousand times this size with a similar number of genes. But the complexity may be the product of important reorganization of the genomes, essentially produced by duplications or fusions. A good example is the genome of maize, an ancient allotetraploid that gives rise to a genome of 3000 Mb, similar to the human genome and 53 000 genes. The presence of highly repetitive sequences, in particular different types of transposons, explains some of these differences in the size of plant genomes.

THE GENOMES OF CUCURBITS

The importance of studying and using the large collection of data that were being obtained with genome sequencing prompted the proposal of a plant genome initiative in Spain. The species proposed as a starting model was melon (*Cucumis melo*). The reasons for the choice were at the same time scientific (moderate genome size, interesting phenotypic and genetic variability, other interesting species in the genus) and economic (cucurbits are second only to *Solanaceae* among horticultural species in world

consumption and the seed is a valuable hybrid). Spain is the first world exporter of the species and it is a traditional fruit in many regions. For this reasons a consortium was formed between nine different public laboratories and five private companies that funded partially the project that had also the support of a state-funded foundation (Fundación Genoma) and five autonomous governments. A double-haploid line obtained from a cross of two distant melon varieties was chosen in order to minimize heterozygosity and incorporate variability in the sequence. It was interesting that the initial plan was to use Sanger sequencing and clone by clone analysis. However at this time the new methods of massive sequencing appeared and the strategy was changed towards a shotgun sequencing using one of the systems (454 analyzer) available and the project was able to reach its goals in half of the time and once the reference genome sequence was obtained, funds were left to sequence four additional varieties. That was the experience of many groups working in plant genomics in the field at the same time and the melon genome one of the first genomes of its size that was obtained using this strategy.

The melon genome was published in 2012 (Garcia-Mas *et al.* 2012). It was obtained by a combination of methods, mainly massive 454 sequencing, but also some Sanger sequencing. As a whole the quality of the genome had to be considered as very high when compared with other genomes that were published at the same time. The assembly obtained allowed to anchor the sequence with the available genetic maps and to identify 27 000 genes a number comparable to other plant genomes. The melon sequence published corresponds to a double haploid line DHL92 obtained from a crossing between two distant varieties, a cultivated Spanish melon (Piel de Sapo T111) and a Korean variety (PI 161375). The resequencing of the parental lines allowed to measure on one hand the number of single nucleotide polymorphisms that exist between these two distant lines and on the other hand to observe the recombination between the two parental chromosomes as it can be seen in Figure 2.

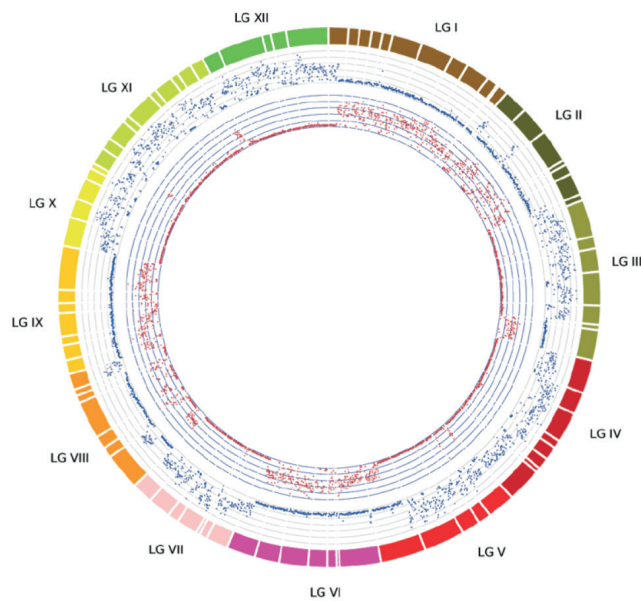


Figure 2.

Comparation of the genomic sequence of the melon double haploid line DHL92 with its two parental lines PS in blue and PI in red. The SNPs observed are plotted for each linkage group (Garcia-Mas *et al.*, 2012).

A cucumber genome was published one year before (Huang *et al.*, 2009) and that of watermelon in 2014 (Guo *et al.*, 2014). It was then possible to compare them and to conclude that no major genomic rearrangement occurred in this family of species neither in its origin nor during the period of speciation. The genome of melon was immediately used both by scientists interesting in studying the molecular basis of interesting characters. It has to be mentioned the analysis of the sex determination in plants studied in melon (Boualem, 2009; Martin, 2008) that demonstrated the importance of having the genome sequence. At the same time it was obvious that the comparison of the sequence of different melon varieties allowed discovering a large number of SNPs that are useful as genetic markers for breeders.

THE STUDY OF GENOME VARIABILITY

To obtain the sequence of a reference genome is a valuable goal in itself. It allows to identify the structure of the genome of a species, the genes it contains and to compare with other species providing information about their evolution. However, if we consider the sequencing of plant genomes as a tool that could be used for breeders, the most important information is the variability of the genome and its relation with characters of agronomic interest. For this reason once a reference genome is obtained, resequencing of varieties started immediately. Varieties to be studied can be either those that can be considered as the more distant among themselves and the results can inform about the variability existing in the whole species. This type of studies has resulted, for instance, in an increasingly rich view of how the process of domestication has occurred in the species of agronomic importance. A good example of this trend is rice. Already in 2012 an article on rice domestication published by scientists from China and Japan contained the sequences of 1083 rice genomes that allowed cartography of rice varieties and to formulate a hypothesis for its origin. (Huang *et al.*, 2012).

Another aspect that resulted from the comparison of different plant genomes and different varieties within plant species is the presence of different mechanisms acting upon these genomes. Those are, of course point mutations that create single nucleotide polymorphisms but also, the action of the different types of transposable elements, the deletion or duplication of genome regions, that may include coding sequences and even whole genome duplication. All these mechanisms have been acting upon plant genomes and they may help to explain how plants may adapt to changing conditions. One concept, for instance is the “pan-genome” hypothesis that proposes that a core genome exists in plant species that may include as few as a third of genes while the other ones may be disposable in some sense or variable among varieties (Morgante, 2007). This concept has been applied recently to explain the differences in flavor among tomato varieties (Gao, 2019). Other hypothesis may include the appearance of miRNAs in order to regulate important genes such as those providing resistance to pathogens (Gonzalez *et al.*, 2015).

THE MODIFICATION OF PLANT GENOMES

Even before plant genomes were available, the possibility to modify them through transformation technologies existed. In particular, the properties of *Agrobacterium* demonstrated from 1983 that it was possible to transfer DNA sequence to plant genomes allowing the modification of the set of characters in a given crop. The possibility was based in a number of microbiological and cellular methods that were

developed but also in the increasing wealth of knowledge of the molecular basis of characters interesting for agriculture. These technologies produced genetically modified crops that started to be used by farmers in 1994 and that in 2017 were grown in near 190 million hectares around the world as it is shown in Figure 3.

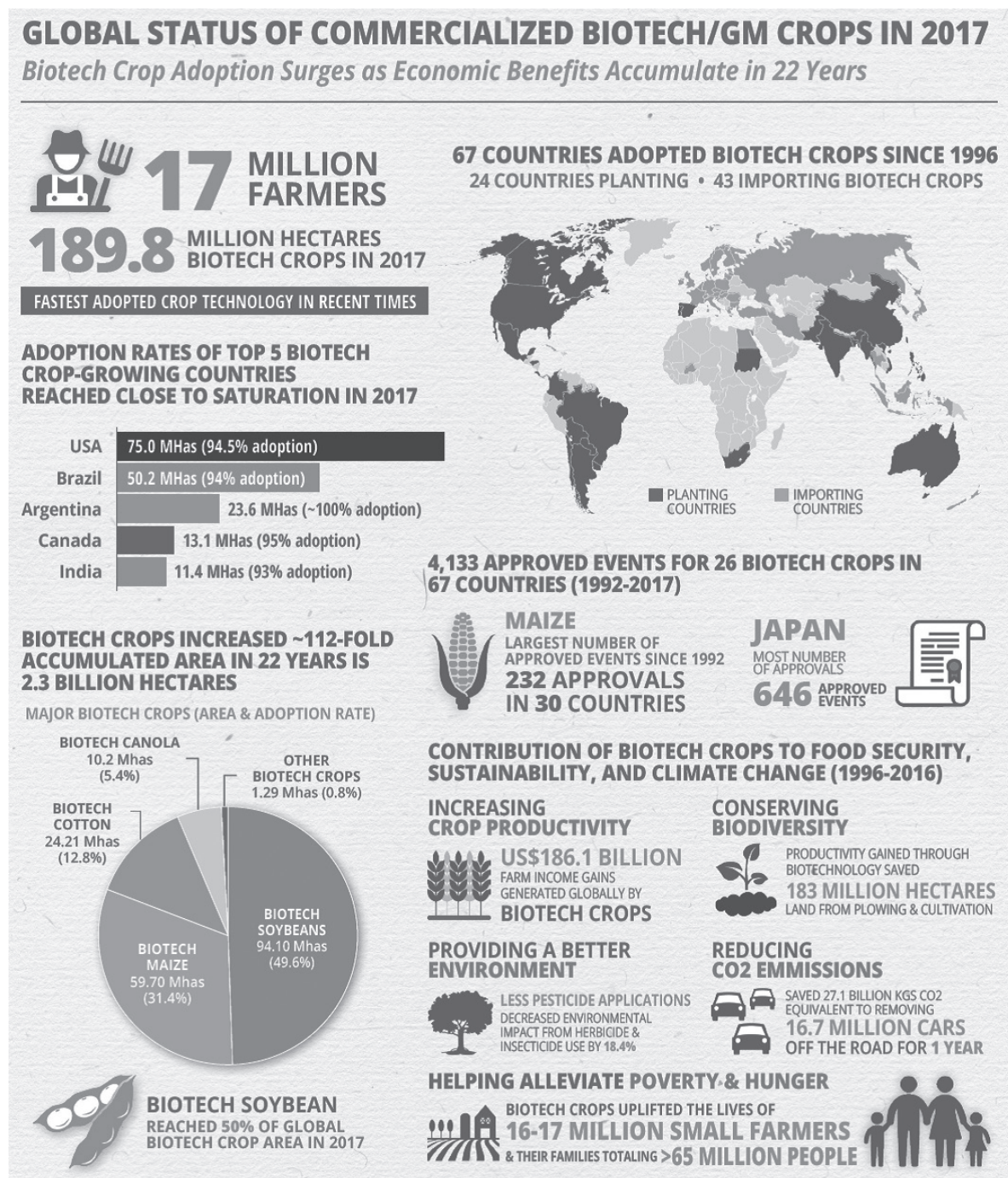


Figure 3.
The adoption of genetically modified crops in 2017, ISAAA 2019. (www.isaaa.org)

The use of GMO crops has been made within the framework of strict regulations in most countries, in particular in the United States, the European Union, Canada, Argentina, Brazil or Japan among others. These regulations have allowed that no major direct problem upon human or animal health or the environment has been produced by these new crops. However the costs of the regulatory burden, the labelling of the food products and in general the negative perception of these crops, especially in Europe have reduced the application of these methodologies.

GENOME EDITING

A new method to modify the genomes of animals and plants has been developed in the recent years using site-directed mutagenesis and in particular the CRISPR-Cas9 system. Examples in plants have been published since 2013 (Nekasov *et al.*, 2013; Shan *et al.*, 2013). The system is being widely used in plant Biology research and it has shown its value as a tool for molecular genetics. A number of new developments have been published. Among those it can be mentioned, the use of the CRISPR-Cas9 system for editing several gene sequence simultaneously (Ma *et al.*, 2015) that may lead to act upon quantitative genetic characters (Rodríguez-Leal *et al.*, 2017). Other developments have the goal to produce plants that contain only the desired modification of the genome and no other modification. It may be done through crossing the edited variety with other varieties to take out other modifications produced by the editing procedure (Chandasekaran *et al.*, 2017) or by using only the complex of the guiding RNA with the Cas9 protein avowing any DNA transformation (Woo *et al.*, 2015).

The developments of genome editing have produced a number of reactions. For one hand it has been increasingly clear the new possibilities that the new technologies open for plant breeding. On the other hand the experience with GMO use, the reactions that have been produced and the development of regulations especially in Europe prompted different types of reactions that have been summarized from the beginning different points of view (Voytas and Gao, 2014). Indeed the way how edited plants may be regulated has been a controversial question in many countries but specifically in Europe that has finally involved even the European Court.

From the academic community the situation has been object of important concern. From the beginning of agriculture itself, the plants (and animals) used for the production of food has been subjected to and important selection that has produced the species and varieties presently used in agriculture. Genetics from the beginning of the XXth century and other technologies have been decisive to face the challenges that the increase in population worldwide have presented. According to this line of thinking many scientists acknowledge that having a new tool such as genome editing and the developments that have been published recently open a number of possibilities that can be used to try to solve the future problems of food production in our present society. Solutions have been proposed to have ways for a responsible use of the new technologies and having a scientific analysis of the possible risks that they present (Casacuberta and Puigdomènech, 2018). A number of reports have been produced on this issue from different actors.

ACADEMIES

EASAC: <https://easac.eu/publications/details/easac-and-the-new-plant-breeding-techniques/>

The Royal Society: <https://royalsociety.org/topics-policy/publications/2017/consultation-reponse-february-genomics-and-genome-editing/>

Ethics Committees:

Nuffield Council of Bioethics: <http://nuffieldbioethics.org/project/genome-editing/ethical-review-published-september-2016>

Comité d'Éthique INRA-CIRAD-IFREMER: <http://institut.inra.fr/Missions/Promouvoir-ethique-et-deontologie/Avis-du-comite-d-ethique/Questions-ethiques-et-politiques-posees-par-l-edition-du-genome-des-vegetaux>

Scientific Community:

EPSO: <https://epsoweb.org/epso/epso-statement-on-the-court-of-justice-of-the-eu-ruling-regarding-mutagenesis-and-the-gmo-directive/2019/02/19/>

Plant Research Institutes: <http://www.vib.be/en/news/Pages/Open%20Statement%20for%20the%20use%20of%20genome%20editing%20for%20sustainable%20agriculture%20and%20food%20production%20in%20the%20EU.aspx>

All these reports indicate the interest of the use of new technologies for research and for their use to try to solve the problems faced by agricultural production. The presence of the Academic community is an example of their involvement when scientific results have an impact in society.

REFERENCES

- BEVAN, M., BANCROFT, I., E. BENT, K. LOVE, P. PIFFANELLI, H. GOODMAN, C. DEAN, R. BERGKAMP, W. DIRKSE, M. VAN STAVEREN, W. STIEKEMA, L. DROST, P. RIDLEY, S.A. HUDSON, K. PATEL, G. MURPHY, H. WEDLER, R. WAMBUTT, T. WEITZENEGGER, T. POHL, N. TERRY, J. GIELEN, R. VILLARROEL, R. DECLERCK, M. VAN MONTAGU, A. LECHARNY, M. KREIS, N. LAO, T. KAVANAGH, S. HEMPEL, P. KOTTER, K.D. ENTIAN, M. RIEGER, M. SCHOLFER, B. FUNK, S. MULLER AUER, M. SILVEY, R. JAMES, A. MONFORT, A. PONS, P. PUIGDOMÈNECH, A. DOUKA, E. VOUKELATOU, D. MILIONI, P. HATZOPOULOS, E. PIRAVANDI, B. OBERMAIER, H. HILBERT, A. DUESTERHOEFT, T. MOORES, J. JONES, T. ENEVA, K. PALME, V. BENES, S. RECHMAN, W. ANSORGE, R. COOKE, C. BERGER, M. DELSENY, G. VOLCKAERT, H.W. MEWES, SCHUELLER, C., CHALWATZIS, N., "Analysis of 1.9 Mb of contiguous sequence from chromosome 4 of *Arabidopsis thaliana*", The EU *Arabidopsis* Genome Project, *Nature*, 391:485-488, 1998.
- BOUALEM, A., FERGANY, M., FERNANDEZ, R. TROADEC, C., MARTIN, A. MORIN, H., SARI, M.A., COLLIN, F., FLOWERS, J.M., PITRAT, M., PURUGGANAN, M.D., DOGIMONT, C., BENDAHMANE, A., "A Conserved Mutation in an Ethylene Biosynthesis Enzyme Leads to Andromonoecy in Melons", *Science*, 321:836-8, 2008.
- CASACUBERTA JM, PUIGDOMÈNECH P., "Proportionate and scientifically sound risk-assessment of gene-edited plant", *EMBO Reports*, e46907, 2018.
- CHANDRASEKARAN, J., BRUMIN, M., WOLF, D., LEIBMAN, D., KLAPC., PEARLSMAN, M., SHERMAN, A., ARAZI, T., GAL-ON, A., "Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology", *Mol Plant Pathol*, 17:1140-53, 2016.
- GAO, L., GONDA, I., SUN, H., MA, Q., BAO, K., TIEMAN, D.M., BURZYNSKI-CHANG, E.A., FISH, T.L., STROMBERG, K.A., SACKS, G.L., THANNHAUSER, T.W., FOOLAD, M.R., DIEZ, M.J., BLANCA, J., CANIZARES, J., XU, Y., VAN

- DER KNAAP, E., HUANG, S., KLEE, H.J., GIOVANNONI, J.J., FEI, Z., "The tomato pan-genome uncovers new genes and a rare allele regulating fruit flavor", *Nat Genet*, 51:1044-1051, 2019, (em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31086351>).
- GARCIA-MAS, J., BENJAK, A., SANSEVERINO, W., BOURGEOIS, M., MIR, G., GONZÁLEZ, V.M., HÉNAFF, E., CÂMARA, F., COZZUTO, L., LOWY, E., ALIOTO, T., CAPELLA-GUTIÉRREZ, S., BLANCA, J., CAÑIZARES, J., ZIARSOLO, P., GONZÁLEZ-IBEAS, D., RODRÍGUEZ-MORENO, L., DROEGE, M., DU, L., ALVAREZ-TEJADO, M., LORENTE-GALDOS, B., MELÉ, M., YANG, L., WENG, Y., NAVARRO, A., MARQUES-BONET, T., ARANDA, M.A., NUEZ, F., PICÓ, B., GABALDÓN, T., ROMA, G., GUIGÓ, R., CASACUBERTA, J.M., ARÚS, P., PUIGDOMÈNECH, P., "The genome of melon (*Cucumis melo* L.)", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109:11872-11877, 2012.
- GERAGHTY, D., PEIFER, M.A., RUBENSTEIN, I. and MESSING, J., "The primary structure of a plant storage protein: zein", *Nucleic Acids Research*, 9:5163-5174, 1981.
- GONZÁLEZ, V.M., MUELLER, S., BAULCOMBE, D., PUIGDOMÈNECH, P., "Evolution of NBS-LRR Gene Copies among Dicot Plants and its Regulation by Members of the miR482/2118 Superfamily of miRNAs", *Mol. Plant*, 8:329-331, 2015.
- GUO, S., ZHANG, J., SUN, H., FEI, Z., XU, Y. "The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions", *Nature Genetics*, 45:51-58, 2013.
- HUANG, S., LI, R., ZHANG, ., DU, Y., LI, S. "The genome of the cucumber, *Cucumis sativus* L", *Nature Genetics*, 41:1275-1281, 2009.
- HUANG, X., KURATA, N., WEI, X., WANG, Z., WANG, A., ZHAO, Q., ZHAO, Y., LIU, K., LU, H., LI, W., GUO, Y., LU, Y., ZHOU, C., FAN, D., WENG, Q., ZHU, C., HUANG, T., ZHANG, L., WANG, Y., FENG, L., FURUUMI, H., KUBO, T., MIYABAYASHI, T., YUAN, X., XU, Q., DONG, G., ZHAN, Q., LI, C., FUJIYAMA, A., TOYODA, A., LU, T., FENG, Q., QIAN, Q., LI, J., HAN, B., "A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice", *Nature*, 490:497-501, 2012.
- INTERNATIONAL RICE GENOME SEQUENCING PROJECT. "The map-based sequence of the rice genome", *Nature*, 436:793-800, 2005.
- MA, X., ZHANG, Q., ZHU, Q., LIU, W., CHEN, Y., QIU, R., WANG, B., YANG, Z., LI, H., LIN, Y., XIE, Y., SHEN, R., CHEN, S., WANG, Z., CHEN, Y., GUO, J., CHEN, L., ZHAO, X., DONG, Z., LIU, Y.G., "A Robust CRISPR/Cas9 System for Convenient, High-Efficiency Multiplex Genome Editing in Monocot and Dicot Plants", *Mol Plant*, 8:1274-84, 2015, (em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25917172>).
- MARTIN, A., TROADEC, C., BOUALEM, A., RAJAB, M., FERNANDEZ, R., MORIN, H., PITRAT, M., DOGIMONT, C., BENDAHMANE, A., "A transposon-induced epigenetic change leads to sex determination in melon", *Nature*, 461:1135-8, 2009.
- MAXAM, A.M., GILBERT, W., "A new method for sequencing DNA", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 74:560-564, 1977.
- MORGANTE, M., DE PAOLI, E., RADOVIC, S., "Transposable elements and the plant pan-genomes", *Curr Opin Plant Biol*, 10:149-55, 2007, (em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17300983>).
- NEKRASOV, V., STASKAWICZ, B., WEIGEL, D., JONES, J.D., KAMOUN, S., "Targeted mutagenesis in the model plant *Nicotiana benthamiana* using Cas9 RNA-guided endonuclease", *Nat. Biotechnol.*, 31:691-693, 2013.
- PRAT, S., CORTADAS, J., PUIGDOMÈNECH, P., PALAU, J., "Nucleic acid (cDNA) and amino acid sequences of the maize endosperm glutelin-2", *Nucleic Acid Res*, 13:1493-1504, 1985.
- RODRÍGUEZ-LEAL, D., LEMMON, Z.H., MAN, J., BARTLETT, M.E., LIPPMAN, Z.B., "Engineering Quantitative Trait Variation for Crop Improvement by Genome Editing", *Cell*, 171:470-480, 2017.
- SANGER, F., COULSON, A.R., "A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase", *J. Mol. Biol*, 94:441-228, 1975.
- SHAN, Q., WANG, Y., LI, J., ZHANG, Y., CHEN, K., LIANG, Z., ZHANG, K., LIU, J., XI, J., QIU, J.L., GAO, C., "Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system", *Nature Biotechnology*, 31:686-688, 2013.
- VOYTAS, D.F., GAO, C., "Precision genome engineering and agriculture: opportunities and regulatory challenges", *PLoS Biol*, 10:12, 2014, (em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Voytas%20DF%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24915127).
- WOO, J.W., KIM, J., KWON, S.I., CORVALÁN, C., CHO, S.W., KIM, H., KIM, S.G., KIM, S.T., CHOE, S., KIM, J.S., "DNA-free genome editing in plants with preassembled CRISPR-Cas9 ribonucleoproteins", *Nat Biotechnol*, 33:1162-4, 2015.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 18 DE ABRIL DE 2017)

Caracterizações algébricas de estruturas combinatórias

EDUARDO MARQUES DE SÁ¹

RESUMO

Introduz-se o conceito de resolução combinatória dum sistema de equações. Caracterizam-se as permutações sem cruzamentos, utilizando os números de inversões dos seus ciclos. O interveniente algébrico é o chamado q -permanente dum matriz A , um polinómio que interpola o determinante e o permanente de A , surgido no contexto das álgebras e grupos quânticos. Mostra-se que certas fórmulas de derivação do q -permanente caracterizam diversas estruturas sem cruzamentos, entre elas: os digrafos cujos subdigrafos permutacionais não têm cruzamentos, os grafos e as florestas sem cruzamentos. As fórmulas de derivação são utilizadas para provar dois casos particulares dum conjectura, ainda em aberto, sobre a monotonia do q -permanente dum matriz hermitica positiva definida.

1. INTRODUÇÃO

Neste artigo, tratamos da chamada resolução combinatória dum equação $f(t_1, \dots, t_N)$, onde f é um polinómio em N variáveis comutativas. Um vector $x = (x_1, \dots, x_N)$ diz-se *genérico* se os seus elementos não nulos são variáveis independentes. O *padrão* de um tal x é o conjunto dos índices k para os quais x_k é não nulo. *Resolver combinatoriamente* a equação $f(t) = 0$ significa determinar o conjunto dos vectores genéricos x , tais que $f(x)$ é polinómio nulo nas variáveis x_k que são não nulas. Por outras palavras, procuram-se os padrões dos zeros genéricos do polinómio $f(t)$. O conceito de resolução combinatória estende-se facilmente a sistemas de equações algébricas, com as devidas adaptações.

Um exemplo simples é o do polinómio simétrico elementar $e_k(t_1, \dots, t_N)$, soma de todos os produtos possíveis de k variáveis distintas de entre as $t_1, \dots, t_N$. Por exemplo, $e_2(t_1, t_2, t_3) = t_1 t_2 + t_2 t_3 + t_3 t_1$.

É fácil ver que $e_k(x_1, \dots, x_N)$ é polinómio nulo se e só se são nulas mais do que $N - k$ das coordenadas x_i . Um problema não tão simples é o seguinte: quais são as matrizes X , quadradas e genéricas, com determinante nulo? A resposta, isto é, a solução combinatória da equação $\det X = 0$, resulta dum famoso teorema de D. König sobre grafos bipartidos: X tem determinante nulo quando e só quando pode levar-se, por permutações de linhas e colunas, à forma por blocos $X' = \begin{bmatrix} * & 0 \\ * & * \end{bmatrix}$ onde O denota uma matriz nula com pelo menos um elemento na diagonal principal de X' .

¹ O autor pertence ao Centro de Matemática da Universidade de Coimbra — UID/MAT/00324/2013, financiado pela FCT/MCTES e co-financiado pelo FEDER através do Acordo de Parceria PT2020. CMUC, Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Apartado 3008, EC Santa Cruz 3001-501 Coimbra (emsa@mat.uc.pt)

2. O q -PERMANENTE

As matrizes a considerar serão, em geral, genéricas e quadradas de ordem n . O padrão duma tal matriz X será identificado pelo seu *digrafo*, denotado por D_X , que tem $[n] = \{1, \dots, n\}$ por conjunto de vértices, sendo (i, j) arco de D_X se e só se $x_{ij} \neq 0$.

O polinómio a estudar é o chamado q -permanente de X , que se define por

$$\text{per}_q X = \sum_{\sigma \in S_n} q^{l(\sigma)} x_{\sigma_1} x_{\sigma_2} \cdots x_{\sigma_n}.$$

O somatório é estendido ao grupo S_n das permutações $\sigma = \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n$ de $1, \dots, n$, denotando $l(\sigma)$ o número de inversões da permutação σ , aqui chamado *comprimento* de σ . Para $q = -1$ obtemos o determinante e, para $q = 1$, o chamado *permanente* de X . Assim, o q -permanente é uma interpolação do determinante e do permanente mediante o parâmetro q , dito *quântico*. De facto, o q -permanente surgiu por volta de 1990, na área dos grupos e álgebras quânticas [13,18,21], desempenhando, nessas álgebras, um papel análogo ao desempenhado pelo determinante na álgebra linear. Pela mesma altura [19,20] foi generalizado a parâmetros quânticos multidimensionais. Ocorreu, também, ligado a um problema de física-matemática, em artigo de M. Bozejko e R. Speicher [6]; provam esses autores que, para q real, $-1 < q < 1$, a função em S_n que transforma σ em $q^{l(\sigma)}$ é positiva definida. Este resultado foi depois generalizado a grupos de Coxeter pelos mesmos autores [7]. Na sequência do artigo [6], R. Bapat provou, em 1992 [2], que $\text{per}_q A$ é número positivo, quando A é definida positiva e $-1 < q < 1$, e conjecturou o seguinte: sendo A definida positiva e não diagonal.

CONJECTURA DE BAPAT: $\text{per}_q A$ é estritamente crescente com q no intervalo $]-1, 1[$.

A conjectura só foi resolvida para $n \leq 3$ e para o caso das matrizes tridiagonais [2,11]. Nesta nota consideram-se fórmulas do tipo

$$(1) \quad \frac{\partial}{\partial q} \text{per}_q A = \sum_c l(c) q^{l(c)-1} \prod_i a_{c_i, c_{i+1}} \text{per}_q A(c),$$

inspiradas em fórmula homóloga de A. Lal [11] válida para matrizes tridiagonais. Em (1) a soma estende-se às permutações cíclicas² c , e $A(c)$ denota a submatriz principal obtida por eliminação das linhas e colunas de A correspondentes ao ciclo c . O objectivo é a procura de condições que garantam a positividade da q -derivada de $\text{per}_q A$, para assim se chegar à conjectura de Bapat para matrizes com certos padrões de zeros. De facto, a equação (1) não vale para todas as matrizes, mas vale se certos elementos de A se anularem (*e.g.*, quando A é tridiagonal [11]). Se resolvermos combinatoriamente a equação (1), saberemos que padrões de zeros de A implicam (1), constituindo isso meio caminho andado para a determinação de casos em que vale a conjectura de Bapat.

3. ESTRUTURAS SEM CRUZAMENTOS

Desde o trabalho pioneiro de G. Kreweras [10], a pesquisa no domínio das partições e outras estruturas ditas “sem cruzamentos” teve um desenvolvimento notável, bem documentado no excelente artigo

² Uma permutação cíclica escreve-se na forma curta, $c = (c_1 c_2 \dots c_k)$, onde k é a ordem do ciclo.

de compilação, também de índole histórica, de Rodica Simeon [17]. A ubiquidade desse tipo de estrutura, eminentemente gráfica, é evidente, pela ocorrência em áreas tão diversas quanto a combinatória algébrica, a geometria combinatória, em questões de carácter topológico, na teoria das probabilidades, na biomatemática. Simion refere 178 trabalhos e, já neste século, poder-se-iam apontar outros tantos.

Diz-se que dois subconjuntos P e Q de $[n]$ se *cruzam*, quando existem índices i, j em P e r, s em Q , satisfazendo $i < r < j < s$ ou $r < i < s < j$; caso contrário, dizemos que não têm *cruzamentos*. Um grafo³ G diz-se *sem cruzamentos* se não tem arestas distintas que se cruzam. Uma partição (= cobertura disjunta) de $[n]$ diz-se *sem cruzamentos* se não tem partes distintas que se cruzam. Uma permutação σ diz-se *sem cruzamentos* se as suas órbitas formam uma partição de $[n]$ sem cruzamentos. A figura mostra, nas linhas (a), (b) e (c), três estruturas sem cruzamentos: uma permutação, a sua respectiva partição e um grafo. Em cada caso, cada estrutura desenha-se nos dois estilos tradicionais de representação: circular (com os vértices dispostos num círculo, ordenados em sentido directo) e em linha (com os vértices ordenadamente dispostos sobre uma linha recta). Na primeira modalidade, os elementos de ligação (linhas ou flechas) são segmentos de recta; no modelo em linha, são arcos de círculo semelhantes. No caso duma permutação, é obrigatória a representação por um digrafo, dito *permutacional*.

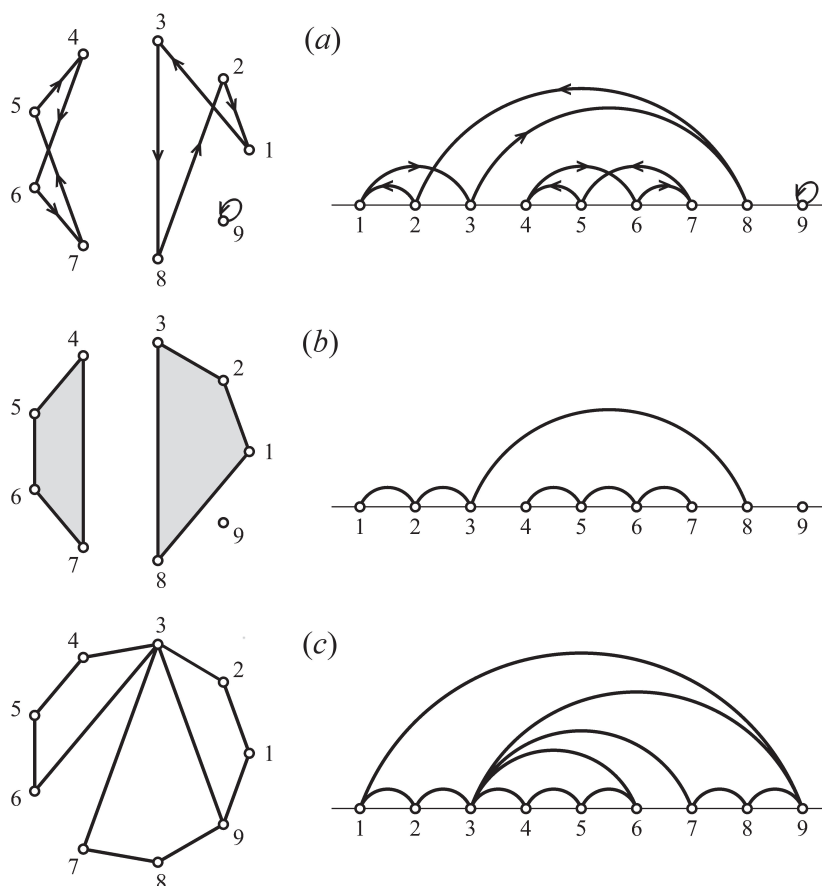


Figura 1.

³ Os grafos considerados subentendem-se simples, não orientados, sem lacetes e tendo $[n]$ por conjunto de vértices. Assim, uma aresta é um conjunto $\{i, j\}$ de vértices distintos.

Na figura (a) representa-se o digrafo duma permutação com três órbitas, correspondentes aos ciclos disjuntos (4675) e (1382) e ao ponto fixo 9, onde o digrafo tem um lacete; a figura (b) mostra, no modelo circular, os invólucros convexos das órbitas da permutação (a); a disjunção desses invólucros, tomados dois a dois, caracteriza as permutações sem cruzamentos. À direita, em (b) está a representação minimal, em linha, da partição em causa: cada parte P da partição é representada pelo caminho $i_1 - i_2 - \dots - i_k$ dos elementos de P por ordem crescente.

4. PERMUTAÇÕES SEM CRUZAMENTOS

Na teoria dos grupos de Coxeter [1,5,9], é dado um grupo W e um conjunto S de geradores de W , ditos *geradores de Coxeter*, ou *reflexões simples* de W , satisfazendo certa axiomática que aqui não se descreve. Cada elemento σ de W pode escrever-se como produto de geradores de Coxeter, por exemplo $\sigma = s_1 s_2 \dots s_k$. Ao menor k nestas condições chamamos *comprimento* de σ , que se denota por $l(\sigma)$. Os conjugados de geradores de Coxeter designam-se por *reflexões* e o conjunto de todas elas denota-se por T . Para cada σ em W , define-se $T_L(\sigma)$ como o conjunto das reflexões t que multiplicadas à esquerda de σ lhe diminuem o comprimento, $l(t\sigma) < l(\sigma)$. De modo semelhante se define $T_R(\sigma)$, mudando a lateralidade, $l(\sigma t) < l(\sigma)$. Nesta teoria abstracta, é óbvia a desigualdade $l(\sigma\tau) \leq l(\sigma) + l(\tau)$. Sabe-se, também, que ocorre igualdade se e só se $T_R(\sigma)$ e $T_L(\tau)$ não se intersectam. No nosso caso, em que W é o grupo simétrico S_n , costuma tomar-se para S o conjunto das transposições de índices vizinhos, $(i \ i + 1)$, pelo que T é o conjunto de todas as transposições. A não intersecção de $T_R(\sigma)$ e $T_L(\tau)$ não tem uma leitura simples que faça intervir o carácter funcional e combinatório das permutações. Mas, no caso de permutações disjuntas pode dar-se uma volta interessante ao problema. Cada permutação σ pode representar-se, de modo essencialmente único, como produto

$$\sigma = \omega_1 \omega_2 \dots \omega_r,$$

onde $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_r$ são os chamados *ciclos* (*disjuntos*) de σ . Com auxílio da não intersecção de $T_R(\sigma)$ e $T_L(\tau)$, prova-se o seguinte [15]:

Para permutações disjuntas, vale a igualdade $l(\sigma\tau) = l(\sigma) + l(\tau)$ se e só se nenhum ciclo de σ cruza um ciclo de τ .

Como corolário imediato temos então [15]:

A permutação σ não tem cruzamentos se e só o comprimento de σ é a soma dos comprimentos dos seus ciclos.

Em [16] este resultado foi refinado mediante a seguinte identidade, válida para permutações disjuntas: $l(\sigma\tau) = l(\sigma) + l(\tau) - CC(\sigma, \tau)$, onde $CC(\sigma, \tau)$ denota o número de “cruzamentos coerentes”⁴ das arestas do digrafo de σ com as do digrafo de τ . Esta fórmula não será aqui explorada.

Um obstáculo importante à generalização destes resultados à teoria geral dos grupos de Coxeter é a definição dum conceito correspondente à factorização em ciclos disjuntos. Há tentativas recentes

⁴ Isto é, cruzamentos de arcos de igual orientação.

nesse sentido. Por exemplo, no relatório [8] (não publicado), prova-se o seguinte para um sistema de Coxeter finito:

- (2) *Se w é um elemento quase-Coxeter do grupo W , existe uma decomposição $w = w_1 w_2 \dots w_r$, única a menos da ordem dos factores, tal que os w_i comutam, são indecomponíveis e vale a identidade $l_T(w) = l_T(w_1) + \dots + l_T(w_r)$.*

Aqui, a definição de $l_T(w)$ faz-se de modo paralelo à de $l(w)$, com as reflexões desempenhando o papel dos geradores de Coxeter – usados na definição de $l(w)$ –, sendo o *comprimento- T* de w o menor número possível de factores em decomposições $w = t_1 t_2 \dots t_s$, com os t_i em T . Não cabe aqui explicar o significado de “elemento quase-Coxeter”, mas vale a pena referir que toda a permutação do grupo simétrico é quase-Coxeter, e anotar a existência, em certos grupos de Coxeter, de elementos que não são quase-Coxeter. A *decomponibilidade* dum w_i significa a possibilidade de factorizar $w_i = uv$, de modo não trivial, tal que

$$l_T(w_i) = l_T(u) + l_T(v).$$

A aditividade de l_T expressa no teorema (2) não adianta muito para o problema em estudo, pois no q -permanente intervém o comprimento l relativo aos geradores de Coxeter. No entanto, está aberta a questão interessante de saber quais são os elementos quase-Coxeter que correspondem às permutações sem cruzamentos, isto é, que satisfazem $l(w) = l(w_1) + \dots + l(w_r)$.

5. SUBMATRIZES E CICLOS ENCAPSULADOS

Para apresentar a resolução combinatória da expansão diferencial (1), precisamos de mais uma definição. Dados dois ciclos disjuntos, dizemos que um deles está *encapsulado* no outro, se todos os índices do primeiro estão entre dois índices consecutivos do segundo (portanto nenhum índice do segundo está entre dois do primeiro). Por exemplo, na figura (a), acima, o ciclo (4675) está encapsulado em (1382), como bem se vê na representação em linha, à direita. De [15] retiramos a seguinte solução combinatória de (1):

Teorema 1. *Os digrafos das matrizes genéricas A que satisfazem (1) são aqueles cujos subdigrafos permutacionais não têm ciclos que se cruzem, nem têm ciclos encapsulados.*

Todo o grafo G tem um digrafo subjacente, no qual (i, j) é arco se e só se $i = j$ ou $\{i, j\}$ é aresta de G . Para os fins em vista, G equivale ao seu digrafo subjacente. A simetria desse digrafo e o facto de ter lacetes em todos os vértices trazem simplificações substanciais; em particular, todo o conjunto de ciclos disjuntos pode estender-se a um subdigrafo permutacional. Dizemos que a aresta $\{i, j\}$ está *sob* a aresta $\{r, s\}$ (supõe-se $i < j$ e $r < s$) se vale $r < i < j < s$. Temos então, de acordo com [15]:

Teorema 2. *G é grafo sem cruzamentos e sem aresta sob aresta, se e só se qualquer matriz A [simétrica, hermitica] com grafo G satisfaz a equação (1).*

Se A for matriz acíclica, isto é, se o seu grafo for uma floresta, na fórmula (1) apenas temos que considerar ciclos c de ordem 2, digamos $c = (i j)$. Então (1) escreve-se

$$(3) \quad \frac{\partial}{\partial q} \text{per}_q A = \sum_{i < j} l(i j) q^{l(i j)-1} a_{ij} a_{ji} \text{per}_q A_{ij},$$

onde A_{ij} denota a submatriz que se obtém eliminando as linhas e colunas i, j em A .

Teorema 3. *G é uma floresta sem cruzamentos nem aresta sob arestas, se e só se qualquer matriz A [simétrica, hermítica] com grafo G satisfaz a equação (3).*

6. CARACTERIZAÇÃO DE GRAFOS E FLORESTAS SEM CRUZAMENTOS

Para nos libertarmos do incómodo que causam os ciclos encapsulados, substituímos $A(c)$ por $A_c^\spadesuit$ que se obtém de A anulando os elementos nas linhas e colunas correspondentes aos índices do ciclo c, excepto os elementos diagonais a_{cici} que são substituídos por 1's. Por exemplo, para $n=6$ e $c=(236)$, a matriz $A_c^\spadesuit$ tem o seguinte aspecto

$$\begin{array}{ccccc} a & & a & a & \\ & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ a & & a & a & \\ a & & a & a & \\ & & & & 1 \end{array}$$

onde os elementos não especificados são nulos e os “a” representam os elementos de A que não foram anulados, nos seus lugares originais. A equação (1) é então substituída por

$$(4) \quad \frac{\partial}{\partial q} \text{per}_q A = \sum_c l(c) q^{l(c)-1} \prod_i a_{c_i c_{i+1}} \text{per}_q A_c^\spadesuit,$$

Eis uma solução combinatória desta equação [15]:

Teorema 4. *D é um digrafo cujos subdigrafos permutacionais não têm cruzamentos, se e só se qualquer matriz A com digrafo D satisfaz a equação (4).*

O caso dos grafos resolve-se de acordo com os princípios já acima afluídos.

Teorema 5. *G é um grafo sem cruzamentos se e só se qualquer matriz A [simétrica, hermítica] com grafo G satisfaz (4). Em particular, G é uma floresta sem cruzamentos se e só se qualquer matriz A [simétrica, hermítica] com grafo G satisfaz*

$$(3) \quad \frac{\partial}{\partial q} \text{per}_q A = \sum_{i < j} l(i, j) q^{l(i, j)-1} a_{ij} a_{ji} \text{per}_q A_c^\spadesuit,$$

7. CASO DAS MATRIZES HERMÍTICAS

Conforme referido na secção 2, R. Bapat conjecturou que $\text{per}_q A$ é estritamente crescente com q no intervalo $]-1,1[$, para matrizes A positivas definidas, não diagonais, e provou a sua conjectura para $n \leq 3$. Em [11], A. Lal provou a conjectura de Bapat para matrizes tridiagonais. As fórmulas de derivação acima obtidas permitem provar a validade da conjectura de Bapat nos casos seguintes:

1. Quando A é positiva definida, não diagonal, e tem por grafo uma floresta sem cruzamentos;
2. Quando A é real simétrica, positiva definida, não diagonal, com elementos não negativos, e o seu grafo não tem cruzamentos e apenas tem ciclos de ordem par.

Note-se que, os grafos das figuras (b) e (c) da secção 3 satisfazem as condições do caso 2. Para terminar, indica-se de forma esquemática o argumento que prova a conjectura de Bapat no segundo caso. Pelo Teorema 5, vale a fórmula (4). Nesta, só intervêm ciclos c do digrafo de G que são de ordens pares. Um tal ciclo tem comprimento ímpar, pelo que $q^{l(c)-1}$ é positivo, com a possível excepção de $q = 0$. Claro que o produto dos $a_{c_i c_{i+1}}$ é positivo. Finalmente, como A é positiva definida, também A_c^Δ o é. Pelo argumento de R. Bapat [2], que assenta no resultado de positividade de M. Bozejko e R. Speicher [6], temos $\text{per } q A_c^\Delta > 0$. Assim, todas as parcelas não nulas em (4) são positivas. E pelo menos uma é positiva, dado A ser não diagonal.

REFERÊNCIAS

1. D. Armstrong, "Generalized noncrossing partitions and combinatorics of Coxeter groups", *Memoirs of the AMS*, 949, Providence RI, 2009.
2. R. Bapat, "Interpolating the Determinantal and Permanent Hadamard Inequality", *Linear and Multilinear Algebra*, 32 (1992), pp. 335-337.
3. R. Bapat e A. Lal, "Inequalities for the q -permanent", Second Conference of the International Linear Algebra Society (Lisboa, 1992), *Linear Algebra and its Applications*, 197/198 (1994), pp. 397-409.
4. Ph. Biane, "Some properties of crossings and partitions", *Discrete Mathematics*, 175 (1997), pp. 41-53.
5. A. Björner e F. Brenti, "Combinatorics of Coxeter Groups", *Graduate Texts in Mathematics* 231, Springer, 2005.
6. M. Bozejko e R. Speicher, "An example of a generalized Brownian motion", *Communications in Mathematical Physics*, 137 (1991), pp. 519-531.
7. M. Bozejko e R. Speicher, "Completely positive maps on Coxeter groups, deformed commutation relations, and operator spaces", *Math. Annalen* 300 (1994), pp. 97-120.
8. T. Gobet, "On cycle decompositions in coxeter groups", *arXiv:1611.03442v1 [math.GR]*, Nov 2016.
9. J. Humphreys, *Reflection Groups and Coxeter Groups*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
10. G. Kreweras, "Sur les partitions noncroisées d'un cycle", *Discrete Mathematics*, 1 (1972), pp. 333-350.
11. A. Lal, *Coxeter Groups and Positive Matrices*, [PhD. Thesis], Indian Statistical Institute, 1992.
12. A. Lal, Inequalities for the q -Permanent, II, *Linear Algebra and its Applications*, 274 (1998), pp. 1-16.
13. Yu I. Manin, *Quantum Groups and Non-Commutative Geometry*, Publications du C.R.M., Université de Montréal, 1988.
14. M. Noy, "Enumeration of noncrossing trees on a circle", *Discrete Mathematics*, 180(1998), pp. 301-313.
15. E.M. de Sá, "Noncrossing partitions, noncrossing graphs, and q -permanental equations", *Linear Algebra and its Applications*, 541 (2018), pp. 36-53.
16. E.M. de Sá, "Linear preservers for the q -permanent, cycle q -permanent expansions, and positive crossings in digraphs", *Linear Algebra and its Applications*, 561 (2019), pp. 228-252.
17. R. Simion, "Noncrossing partitions", *Discrete Mathematics*, 217 (2000), pp. 367-409.
18. E. Taft e J. Towber, "Quantum Deformation of Flag Schemes and Grassmann Schemes", I. A q -Deformation of the Shape-Algebra for $GL(n)$, *Journal of Algebra*, 142 (1991), pp. 1-36.
19. H. Tagawa, "A multivariable quantum determinant over a commutative ring", *RIMS Kokyuroku*, 765 (1991), pp. 91-103.
20. H. Tagawa, " q -analogues of determinants and symmetric chain decompositions", *Tokyo Journal of Mathematics*, 16 (1993), pp. 311-320.
21. K-W. Yang, " q -determinants and permutations", *The Fibonacci Quarterly*, 29 (1991), pp. 160-163.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 22 DE JUNHO DE 2017)

Sums and products of equivalence orbits of integral matrices

JOÃO FILIPE QUEIRÓ AND CRISTINA CALDEIRA¹
UNIVERSITY OF COIMBRA

1. INTRODUCTION

If A and B are $n \times n$ matrices over $\mathbb{Z}$, we say they are **equivalent** if there exist invertible U and V such that $B = UAV$. It is well-known that A and B are equivalent if and only they have the same invariant factors. We briefly recall the definition of these.

Let A be $n \times n$. Then A is equivalent to

$$UAV = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_n \end{bmatrix},$$

where $a_1 | a_2 | \dots | a_n$. This diagonal matrix is called the Smith normal form of A and $a_1, a_2, \dots, a_n$ are the **invariant factors** of A .

The invariant factors are (apart from units) uniquely determined by A , because

$$a_k = \frac{d_k(A)}{d_{k-1}(A)}, k = 1, \dots, n$$

where $d_k(A)$ – the so-called k -th determinantal divisor of A – is the gcd of all $k \times k$ minors of A , with the convention that $d_0 = 1$.

All of the above (equivalence to Smith normal form, characterization of invariant factors, criterion for equivalence) holds for matrices over Euclidean domains or, more generally, principal ideal domains.

In this note we shall also consider **elementary divisor domains**, defined by Kaplansky in 1949 [10] as domains over which every matrix is equivalent to its Smith normal form. So PIDs $\subset$ EDDs and the inclusion is strict (the main counter-examples being rings of complex functions which are not unique factorization domains).

¹ University of Coimbra, CNUC, Department of Mathematics.

2. ORBITS

Given an n -tuple $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ of elements of a domain R , with $a_1 | a_2 | \dots | a_n$, denote by D_a the diagonal matrix $\text{diag}(a_1, a_2, \dots, a_n)$. We shall be interested in the **equivalence orbit**

$$\mathcal{O}_a = \{UD_aV : U, V \text{ invertible}\}.$$

That is, $\mathcal{O}_a$ is the set of all matrices with invariant factors a .

Trivially we have

$$R^{n \times n} = \bigcup_a \mathcal{O}_a$$

Two fundamental questions arise: given two n -tuples a and b , what can we say about $\mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b$ and $\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b$? We easily see that both sets are unions of orbits, so the questions become

$$\mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b = \bigcup_{c \in ?} \mathcal{O}_c$$

$$\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b = \bigcup_{c \in ?} \mathcal{O}_c$$

3. THE PRODUCT PROBLEM

We want to know which orbits $\mathcal{O}_c$ occur in $\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b$. In other words, given sequences $a_1 | a_2 | \dots | a_n$ and $b_1 | b_2 | \dots | b_n$, which sequences $c_1 | c_2 | \dots | c_n$ can occur as the invariant factors of the product of a matrix with invariant factors $a_1, a_2, \dots, a_n$ and a matrix with invariant factors $b_1, b_2, \dots, b_n$?

This problem has a long history. It is related to module theory, combinatorics, group representations, algebraic geometry and other areas of Mathematics.

The problem was completely solved in 1968 when R is a principal ideal domain [11]. In this setting we can use a localization technique. Fix a prime $p \in R$ and work over the local ring

$$R_p = \left\{ \frac{r}{s} : p \text{ does not divide } s \right\}$$

(i.e., essentially work only with powers of p). Then, for each i , a_i is replaced by $p^{\alpha_{n-i+1}}$, b_i is replaced by $p^{\beta_{n-i+1}}$ and c_i is replaced by $p^{\gamma_{n-i+1}}$, where $\alpha_1 \geq \dots \geq \alpha_n$, $\beta_1 \geq \dots \geq \beta_n$, $\gamma_1 \geq \dots \geq \gamma_n$, are nonnegative integers.

Denote by $IF(\alpha, \beta)$ the set of possible γ in the invariant factor product problem. Then Klein's theorem states that, for given n -tuples $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ and $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)$, one has

$$IF(\alpha, \beta) = LR(\alpha, \beta)$$

where $LR(\alpha, \beta)$ is the set of n -tuples γ which can be obtained from α and β using the Littlewood-Richardson rule [4].

The Klein solution is "algorithmic" but not very explicit. It shows there is a connection of the product problem over a PID to the representation theory of $GL_n(\mathbb{C})$: if V_α and V_β are irreducible representations of $GL_n(\mathbb{C})$, then $\gamma \in IF(\alpha, \beta)$ if and only if V_γ occurs in the decomposition into irreducible components of $V_\alpha \otimes V_\beta$.

Another approach to the product problem consists of searching for divisibility relations involving the a_r , the b_i and the c_k . Apart from the trivial equality $a_1 a_2 \dots a_n b_1 b_2 \dots b_n = c_1 c_2 \dots c_n$, several relations were found in the 1970s and 80s of the form

$$a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_r} b_{j_1} b_{j_2} \dots b_{j_r} \mid c_{k_1} c_{k_2} \dots c_{k_r}$$

where $r < n$, $1 \leq i_1 < \dots < i_r \leq n$, $1 \leq j_1 < \dots < j_r \leq n$, $1 \leq k_1 < \dots < k_r \leq n$.

Starting in the 1980s, this approach had, as a source of inspiration, a collection of analogies with another matrix problem: what are the possible eigenvalues $\gamma_1 \geq \dots \geq \gamma_r$ of a sum $A + B$ if A and B are $n \times n$ complex Hermitian matrices with eigenvalues $\alpha_1 \geq \dots \geq \alpha_r$ and $\beta_1 \geq \dots \geq \beta_r$, respectively? Here the α 's, β 's and γ 's are real numbers.

Denote the set of possible γ by $E(\alpha, \beta)$. Apart from the trivial equality

$$\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$$

many inequalities were found in the 1950s of the form

$$\gamma_{k_1} + \gamma_{k_2} + \dots + \gamma_{k_r} \leq \alpha_{i_1} + \alpha_{i_2} + \dots + \alpha_{i_r} + \beta_{j_1} + \beta_{j_2} + \dots + \beta_{j_n}$$

for indices as before.

In 1962, an extraordinary conjecture about $E(\alpha, \beta)$ was made by Alfred Horn [9]. We proceed to describe it.

For $I = (i_1, \dots, i_r)$ with $1 \leq i_1 < \dots < i_r \leq n$ write

$$\lambda(I) = (i_r - r, \dots, i_2 - 2, i_1 - 1).$$

Abbreviate $\alpha_{i_1} + \alpha_{i_2} + \dots + \alpha_{i_r}$ to $\Sigma \alpha_I$ and the same in similar situations.

Then Horn's conjecture is:

$$\gamma \in E(\alpha, \beta) \iff \begin{cases} \Sigma \gamma = \Sigma \alpha + \Sigma \beta, \\ \Sigma \gamma_K \leq \Sigma \alpha_I + \Sigma \beta_J \text{ whenever } \lambda(K) \in E[\lambda(I), \lambda(J)], 1 \leq r < n \end{cases}$$

So the set E should be described by a recursion on itself.

The first condition is the trace equality. The others are a collection of inequalities whose number grows rapidly with n , the "Horn inequalities".

A general approach to obtain inequalities of the type

$$\gamma_{k_1} + \gamma_{k_2} + \dots + \gamma_{k_r} \leq \alpha_{i_1} + \alpha_{i_2} + \dots + \alpha_{i_r} + \beta_{j_1} + \beta_{j_2} + \dots + \beta_{j_n}$$

uses a 1962 theorem by Hersch and Zwahlen [8], which states that

$$\alpha_{i_1} + \dots + \alpha_{i_r} = \min_{L \in \Omega_I(E)} \text{tr}(A|_L) = \max_{L \in \Omega_r(E')} \text{tr}(A|_L)$$

where $\text{tr}(A|_L)$ is the Rayleigh trace of A with respect to the subspace L and $\Omega_I(E)$ is the Schubert variety associated to $I = (i_1, \dots, i_r)$ and the sequence $E = (E_1, \dots, E_n)$ of subspaces $E_i = \text{span}\{v_1, \dots, v_i\}$ built from the

eigenvectors of A associated to the α 's. (I' and E' are “complements” to these: $I' = (n - i_r + 1, \dots, n - i_1 + 1)$, $E' = (E'_{n'}, \dots, E'_1)$ with $E'_{n-i+1} = \text{span} \{v_{i'}, \dots, v_n\}$.)

The so-called “Schubert calculus” describes conditions under which three Schubert varieties intersect non-trivially (see *e.g.* [4]) and using it we get that

$$\lambda(K) \in LR[\lambda(I), \lambda(J)] \Rightarrow \gamma_{k_1} + \dots + \gamma_{k_r} \leq \alpha_{i_1} + \dots + \alpha_{i_r} + \beta_{j_1} + \dots + \beta_{j_r}.$$

In other words, we have

$$\gamma \in E(\alpha, \beta) \Rightarrow \begin{cases} \sum \gamma = \sum \alpha + \sum \beta, \\ \sum \gamma_{k_r} \leq \sum \alpha_{i_r} + \sum \beta_{j_r} \text{ whenever } \lambda(K) \in LR[\lambda(I), \lambda(J)], \ 1 \leq r < n \end{cases}$$

In a deep 1998 paper [12], Klyachko proved that the reverse implication is also true, so all the admissible inequalities describing $E(\alpha, \beta)$ come from the intersection geometry of Schubert varieties.

The above-mentioned analogies between the invariant factor product problem and the Hermitian sum eigenvalue problem manifest themselves in the indices of valid relations for the two problems:

$$a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_r} b_{j_1} b_{j_2} \dots b_{j_r} \mid c_{k_1} c_{k_2} \dots c_{k_r}$$

in the first, and

$$\gamma_{k_1} + \gamma_{k_2} + \dots + \gamma_{k_r} \leq \alpha_{i_1} + \alpha_{i_2} + \dots + \alpha_{i_r} + \beta_{j_1} + \beta_{j_2} + \dots + \beta_{j_r}$$

in the second. The natural guess is that there should be a connection between the sets $LR(\alpha, \beta)$ and $E(\alpha, \beta)$.

In [16] it was shown that, for integral nonnegative ordered n -tuples α and β , one has $E(\alpha, \beta) \cap Z^n \supseteq LR(\alpha, \beta)$. The proof uses a 1982 result by Heckman [6] stated in the spirit of Kirillov's method of orbits.

Using results of [12], Knutson and Tao [13] proved that one actually has $E(\alpha, \beta) \cap Z^n = LR(\alpha, \beta)$.

So Horn's conjecture follows, as we can replace $LR[\lambda(I), \lambda(J)]$ by $E[\lambda(I), \lambda(J)]$ in Klyachko's result above. A good survey on all of this is [5]. A very readable account of the Hermitian problem is [1].

As a consequence, we see that the invariant factor product problem (local version) has a recursive solution in terms of inequalities. Therefore, the global version of the invariant factor product problem (**over a principal ideal domain**) has a solution in terms of divisibility relations of the type

$$a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_r} b_{j_1} b_{j_2} \dots b_{j_r} \mid c_{k_1} c_{k_2} \dots c_{k_r}.$$

But the proof is critically dependent on localization at primes.

What if R is an elementary divisor domain? In this case, the problem is open, as we no longer have the localization technique at our disposal. So, we have a new problem: describe invariant factors of products of matrices over an elementary divisor domain.

A different approach is needed. An idea is to try to replicate the Hersch-Zwahlen and Schubert calculus argument.

We shall omit a lot of details. Suppose that $A \in R^{n \times n}$ has invariant factors $a_1 \mid \dots \mid a_n$, $UAV = \text{diag}(a_1, \dots, a_n)$ and $v_1, \dots, v_n$ are the columns of V . Introduce the notations

$$V_i = \text{span}_R \{v_1, \dots, v_i\}, \ V = (V_1, \dots, V_n)$$

and

$I = (i_1, \dots, i_r)$ with $1 \leq 1 < i_1 < \dots < i_r \leq n$, I' and V' as before.

Then we have

Theorem. [2]

$$\alpha_{i_1} \alpha_{i_2} \dots \alpha_{i_r} = \operatorname{lcm}_{L \in \Omega_I(V)} \frac{d_r(AX)}{d_r(X)} = \operatorname{gcd}_{L \in \Omega_{I'}(V')} \frac{d_r(AX)}{d_r(X)}$$

where L denotes a pure submodule of R^n , $x_1, \dots, x_r \in L$ are linearly independent such that L is the pure closure of $\operatorname{span}_R\{x_1, \dots, x_r\}$, $X = [x_1, \dots, x_r]$ and the d_r are the determinantal divisors defined before.

Again omitting details, from this theorem we get exactly the divisibility relations with indices as in Horn's conjecture (as in the PID case):

Theorem. [2] Let $r < n$. If $\lambda(K) \in LR[\lambda(I), \lambda(J)]$, then

$$a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_r} b_{j_1} b_{j_2} \dots b_{j_r} \mid c_{k_1} c_{k_2} \dots c_{k_r}.$$

The conclusion is that, over a PID, the families of indices appearing in the description of $\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b$ are exactly the same as those appearing in the Horn equalities, say

$$\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b = \bigcup_{c \in \mathcal{H}} \mathcal{O}_c$$

Over an EDD, we proved that

$$\mathcal{O}_a \mathcal{O}_b \subseteq \bigcup_{c \in \mathcal{H}} \mathcal{O}_c$$

It is natural to ask if the last theorem (plus the determinant equality) is the complete solution for the product problem over EDDs.

4. THE SUM PROBLEM

Here we want to know which orbits $\mathcal{O}_c$ occur in $\mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b$. In other words, given sequences $a_1 \mid a_2 \mid \dots \mid a_n$ and $b_1 \mid b_2 \mid \dots \mid b_n$, which sequences $c_1 \mid c_2 \mid \dots \mid c_n$ can occur as the invariant factors of the sum of a matrix with invariant factors $a_1, a_2, \dots, a_n$ with a matrix with invariant factors $b_1, b_2, \dots, b_n$?

This problem is open, even over the integers. What do we know about it?

The first result is classical:

Theorem. [17] Let R be a PID. If $\mathcal{O}_c \subset \mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b$ then

$$\operatorname{gcd}\{a_{i'}, b_j\} \mid c_{i+j-1}$$

for all indices i, j such that $i + j - 1 \leq n$.

This is still true if R is an EDD (see the proof in [14]).

Since, if $C = A + B$, we have $B = -A + C$ and $A = -B + C$, we see that there are actually three families of relations:

$$\gcd\{a_i, b_j\} \mid c_{i+j-1}, \gcd\{a_i, c_j\} \mid b_{i+j-1} \text{ and } \gcd\{b_i, c_j\} \mid a_{i+j-1}$$

These relations are highly restrictive on the sequences a, b, c .

Let $A \in \mathcal{O}_a, B \in \mathcal{O}_b$ and $C \in \mathcal{O}_c$ such that $C = A + B$. Taking determinants (choosing, from this point on, the invariant factors of each matrix so that their product equals the determinant), we have

$$a_1 \dots a_n \equiv c_1 \dots c_n \pmod{b_1},$$

$$b_1 \dots b_n \equiv c_1 \dots c_n \pmod{a_1},$$

$$a_1 \dots a_n \equiv (-1)^n b_1 \dots b_n \pmod{c_1}.$$

Together with the three families of divisibility relations above, we have collected a set of necessary conditions for $\mathcal{O}_c \subset \mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b$.

Em 1986, R. C. Thompson [18] conjectured that this set of conditions is the exact solution for the problem of describing $\mathcal{O}_a + \mathcal{O}_b$.

In 1990, E. Marques de Sá [15] showed that the conjecture is false, by finding additional necessary conditions about $\det(A + B)$.

This led us to the idea of trying to find the exact restrictions on $\det(A + B)$ for $A \in \mathcal{O}_a$ and $B \in \mathcal{O}_b$.

Theorem. [3] Let $A \in \mathcal{O}_a$ and $B \in \mathcal{O}_b$. Write

$$\delta = \gcd\{a_1 b_1 \dots b_{n-1}, a_1 a_2 b_1 \dots b_{n-2}, \dots, a_1 \dots a_{n-1} b_1\}.$$

Then

$$\det(A + B) \equiv a_1 \dots a_n + b_1 \dots b_n \pmod{\delta}.$$

Conversely, given sequences a and b and defining δ as above, if $x \equiv a_1 \dots a_n + b_1 \dots b_n \pmod{\delta}$ then there exist $A \in \mathcal{O}_a$ and $B \in \mathcal{O}_b$ such that $\det(A + B) = x$.

The necessity part of this statement follows from the explicit formula for the determinant of the sum of two matrices:

$$\det(A + B) = \sum_{k=0}^n \sum_{\mu, \nu \in Q_{k,n}} (-1)^{\sum \mu + \sum \nu} \det A [\mu | \nu] \cdot \det B [\mu' | \nu']$$

where $Q_{k,n}$ is the set of strictly increasing sequences with k elements taken from $\{1, 2, \dots, n\}$, $A[\mu | \nu]$ is the submatrix of A with rows and columns indexed by μ and ν , and μ', ν' are the complementary sequences to μ, ν . For the converse, we construct by induction, under the hypothesis, matrices A and B satisfying the required conditions. The statement is valid for matrices over an elementary divisor domain.

So we have found the exact range of $\det(A + B)$ when A and B have the prescribed invariant factors. It is natural to add the corresponding restrictions (together with the analogous ones coming from $B = -A + C$ and $A = -B + C$) to the three families of divisibility relations described before and conjecture that we then obtain the full solution of the invariant factor sum problem. We have substantial computational evidence to support this.

We have proved the conjecture in some particular cases, like $n = 3$ for $a = (1, 1, a_3)$ and $b = (1, 1, b_3)$ (the case $n = 2$ was covered by Thompson's work). An interesting additional situation is n arbitrary, $a = b = (1, 1, \dots, 1)$. In this case, the conjecture reduces to the statement that any $n \times n$ matrix C over R is the sum of two invertible matrices. This is known [7]. For $C = \text{diag}(c_1, \dots, c_n)$, take

$$A = \begin{bmatrix} c_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 1 & c_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & c_3 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & c_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -1 & c_n \end{bmatrix}$$

For general C , first diagonalize it by equivalence and then apply the diagonal case.

REFERENCES

- [1] R. Bhatia, "Linear algebra to quantum cohomology: the story of A. Horn's inequalities", *Amer. Math. Monthly* 108 (2001), 289-318.
- [2] C. Caldeira, J. F. Queiró, "Invariant factors of products over elementary divisor domains", *Linear Algebra Appl.* 485 (2015), 345-358.
- [3] C. Caldeira, J. F. Queiró, "Sums of orbits of integral matrices", *Linear and Multilinear Algebra* 66 (2018), 2421-2429.
- [4] W. Fulton, *Young Tableaux*, Cambridge University Press, 1997.
- [5] W. Fulton, "Eigenvalues, invariant factors, highest weights, and Schubert calculus", *Bull. Amer. Math. Soc.* 37 (2000), 209-249.
- [6] G. J. Heckman, "Projections of orbits and asymptotic behavior of multiplicities for compact connected Lie groups", *Invent. Math.* 67 (1982), 333-356.
- [7] M. Henriksen, "Two classes of rings generated by their units", *J. Algebra* 31 (1974), 182-193.
- [8] J. Hersch, B. Zwahlen, "Évaluations par défaut pour une somme quelconque de valeurs propres γ_k d'un opérateur $C = A + B$ à l'aide de valeurs propres α_i de A et β_i de B, C ", *R. Acad. Sc. Paris* 254 (1962), 1559-1561.
- [9] A. Horn, "Eigenvalues of sums of Hermitian matrices", *Pacific J. Math.* 12 (1962), 225-241.
- [10] I. Kaplansky, "Elementary divisors and modules", *Trans. Amer. Math. Soc.* 66 (1949) 464-491.
- [11] T. Klein, "The multiplication of Schur-functions and extensions of p -modules", *J. Lond. Math. Soc.* 43 (1968), 280-284.
- [12] A. Klyachko, "Stable bundles, representation theory and Hermitian operators", *Selecta Mathematica* 4 (1998), 419-445.
- [13] A. Knutson, T. Tao, "The honeycomb model of $GL_n(\mathbb{C})$ tensor products I: Proof of the saturation conjecture", *J. Amer. Math. Soc.* 12 (1999), 1055-1090.
- [14] J. F. Queiró, "Invariant factors as approximation numbers", *Linear Algebra Appl.* 49 (1983), 131-136.
- [15] E. Marques de Sá, "Hidden relations for the Smith invariants of a matrix sum", *Portugal Math.* 47 (1990), 417-422.
- [16] A. P. Santana, J. F. Queiró, E. Marques de Sá, "Group representations and matrix spectral problems", *Linear Multilinear Algebra* 46 (1999), 1-23.
- [17] R. C. Thompson, "The Smith invariants of a matrix sum", *Proc. Amer. Math. Soc.* 78 (1980), 162-164.
- [18] R. C. Thompson, "Sums of integral matrices", *Linear Multilinear Algebra* 19 (1986), 173-186.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 22 DE JUNHO DE 2017)

Nutrição e Envelhecimento

O papel do equilíbrio metabólico no envelhecimento

CECÍLIA LEÃO¹

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA

As sociedades atuais estão particularmente vinculadas a um aumento contínuo e persistente do número de idosos, refletindo os avanços científicos em áreas como a biologia, a medicina, a nutrição e a tecnologia. Em sintonia, numa visão retrospectiva, a expectativa de vida ao nascer duplicou em menos de cem anos, sendo a estimativa de 2006, para um número elevado de países incluindo Portugal, de 70 – 80 anos para os nascidos entre 2005 e 2010. Do mesmo modo, na viragem do século, presenciou-se um aumento exponencial do grupo etário referente aos centenários. Em 1990, no mundo, registaram-se cerca de 95 000 centenários; em 2015 este número chegou aos 451 000. Portugal não é exceção, onde se registou uma estimativa de 1 526 centenários nos censos de 2011.

Na presente comunicação, subordinada ao tema *Nutrição e envelhecimento: o papel do equilíbrio metabólico no envelhecimento*, após uma abordagem sucinta sobre o envelhecimento biológico e os diferentes organismos modelo utilizados no seu estudo, prossegue-se com a apresentação de resultados sobre o papel do equilíbrio metabólico no envelhecimento obtidos com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como organismo modelo eucarionte, terminando com breves considerações sobre estudos realizados com humanos, com referência centrada nos contributos dos centenários (*Lessons from centenarians*).

*

ENVELHECIMENTO BIOLÓGICO E OS DIFERENTES MODELOS BIOLÓGICOS NO ESTUDO DA LONGEVIDADE

Numa perspetiva global, o envelhecimento biológico é consensualmente aceite pela comunidade científica, como um processo biológico complexo e multifactorial, no qual ocorrem alterações a diferentes níveis – molecular, celular e de órgão – que resultam numa progressiva e inevitável diminuição da capacidade do organismo responder apropriadamente a fatores de *stress* internos e/ou externos.

Muitos dos processos básicos da vida, particularmente a nível celular, são semelhantes na maioria ou em todos os seres vivos. Tal tem proporcionado a seleção de organismos para fins de investigação científica, como modelos biológicos para obtenção de conhecimento com aplicação nos humanos, revelando-se de extrema relevância na elucidação de processos biológicos, nomeadamente na elucidação de mecanismos celulares e moleculares subjacentes ao envelhecimento biológico nos humanos. A utilização destes organismos modelo, em número restrito, obedece a requisitos específicos de seleção e de

¹ Escola de Medicina, Instituto de Investigação em Ciências da Vida e Saúde – ICVS, Universidade do Minho – UM

manipulação experimental, devidamente regulada, quer ao nível biológico, quer bioético. Estes modelos biológicos, que vão desde organismos unicelulares (microrganismos) até aos pluricelulares (invertebrados e vertebrados), partilham entre si perfis biológicos e de respostas celulares e moleculares a diversos fatores semelhantes em muitos aspetos nos humanos, oferecendo várias vantagens nos estudos laboratoriais, tais como: dimensões geralmente pequenas, tempos de vida curtos, facilidade de manipulação em ambiente controlado e minimização da variação genética, revelando-se, de um modo geral, experimentalmente atraentes (no caso do envelhecimento biológico, fatores que podem afetar a longevidade podem ser manipulados experimentalmente).

A título de exemplo, vejamos o que se passa em termos de homologia de proteínas entre alguns dos representantes dos modelos mais comumente utilizados, comparativamente com mamíferos, incluindo os humanos.

- Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*): cerca de 38% das proteínas são semelhantes às proteínas de mamíferos.
- Nemátode (*Caenorhabditis elegans*): cerca de 33% das proteínas são semelhantes às dos mamíferos.
- Mosquinha do vinagre (*Drosophila melanogaster*): cerca de 60% das proteínas humanas descritas como implicadas em doenças são equivalentes.
- Ratinho: mais de 90% das proteínas semelhantes a proteínas humanas.

Entre as intervenções que modificam o envelhecimento e a longevidade – para as quais concorre uma multiplicidade de fatores biológicos, genéticos, sociais, ambientais, psicológicos e culturais – destaca-se a manipulação nutricional restrição dietética / restrição calórica. A longevidade é modulada por uma rede de vias de sinalização sensíveis a diferentes nutrientes, as quais são conservadas desde os organismos mais simples, incluindo a levedura, até aos organismos superiores, invertebrados e vertebrados. No enquadramento desta visão científica, a identificação de nutrientes específicos de regimes dietéticos e o seu equilíbrio, bem como o modo como estes interatuam com os diferentes genes e vias de sinalização nutricional, mostraram ser etapas decisivas para a definição de intervenções que promovam o tempo de vida saudável. No contexto desta temática, apresentam-se de seguida alguns dos principais resultados de estudos recentes sobre longevidade celular realizados com a levedura *S. cerevisiae*, com potencial impacto na compreensão do processo do envelhecimento celular nos humanos.

RESTRIÇÃO DIETÉTICA E O ENVELHECIMENTO BIOLÓGICO: O PAPEL DA FONTE DE CARBONO E DA FONTE DE AZOTO NA LONGEVIDADE DA LEVEDURA *S. CEREVISIAE*

A levedura *S. cerevisiae*, comumente conhecida como fermento de pão, destaca-se como modelo de organismo unicelular eucarionte, constituindo-se como protagonista de um vastíssimo número de estudos fisiológicos, celulares e moleculares, designadamente em aspetos distintos da longevidade. Este organismo, para além das vantagens atrás referidas de manipulação laboratorial em investigação científica, tem sido decisivo na elucidação de mecanismos bioquímicos e moleculares, muito em particular a partir de 1996, altura em que surge como o primeiro organismo eucarionte com o seu genoma completamente sequenciado.

Os resultados que se seguem reportam a estudos recentes sobre o papel da fonte de carbono e da fonte de azoto na longevidade de *S. cerevisiae* ¹⁾. Nestes ensaios, procurou-se avaliar a resposta da levedura, em termos de crescimento e morte celular, manipulando a composição e o tipo de nutrientes presentes no meio de cultura, designadamente da fonte de carbono e da fonte de azoto, sendo a longevidade da levedura expressa pelo parâmetro tempo de vida cronológico (*Chronological Life Span* – CLS) de células em fase estacionária, após a exaustão no meio de cultura de nutrientes, designadamente da fonte de carbono e/ou de azoto.

Os resultados destes estudos, no seu conjunto, são consistentes com a hipótese de que o aumento da longevidade, expressa pelo parâmetro CLS, depende da concentração inicial dos nutrientes presentes no meio de cultura, designadamente da fonte de azoto (aminoácidos ou amónio) e da fonte de carbono (glucose). Segue-se um resumo descritivo-interpretativo dos resultados recentemente publicados ¹⁾ no âmbito desta temática.

Efeito da concentração da fonte de azoto (amónio ou aminoácidos) no CLS da levedura e a sua dependência da concentração de glucose no meio de cultura.

- Condições de restrição calórica (concentração baixa de glucose 0,5%) conduzem ao aumento do CLS, comparativamente com os valores obtidos na ausência de restrição calórica (concentração elevada de glucose, 2% ou superior).
- A ausência de restrição calórica conduz a uma diminuição do CLS com o aumento da concentração da fonte azoto no meio de cultura.
- Condições de restrição calórica levam ao aumento do CLS que depende do balanço entre a concentração da fonte de azoto e a concentração da glucose no meio de cultura.

Em concordância com os dados atrás referidos, o padrão de resposta da levedura às variáveis nutricionais em estudo pode ser expresso, resumidamente, nos seguintes termos: o aumento da longevidade de *S. cerevisiae*, expressa pelo parâmetro CLS, (i) depende da concentração inicial da fonte de azoto e da fonte de carbono no meio de cultura; (ii) só ocorre quando no meio não há nutrientes limitantes do consumo da glucose e do azoto; (iii) pode ocorrer por restrição do azoto, mesmo em condições de concentrações elevadas de glucose associada, quer à fermentação da glucose, quer à respiração do etanol.

Em paralelo, os estudos realizados com organismos modelo pluricelulares (invertebrados e vertebrados) apontam no mesmo sentido, identificando o equilíbrio entre fonte de carbono / fonte de azoto, independentemente do processo metabólico ativo, como um fator determinante na modulação da longevidade, desde que não existam limitações de outros nutrientes ^{2), 3) e 4)}.

ENVELHECIMENTO NOS HUMANOS, COMO PODE SER ESTUDADO?

Nos humanos, os estudos sobre o envelhecimento biológico são complexos e difíceis, devido, entre outros fatores, (i) à longa duração (*long lifespan*); (ii) à variabilidade genética; (iii) à variabilidade ambiental e (iv) às questões complexas de natureza ética associadas aos estudos. As principais contribuições têm por base o que podemos aprender com os centenários (*Lessons from Centenarians*). De acordo com os

resultados reportados na literatura ⁵⁾ e no contexto do tema da presente comunicação, sobressaem os seguintes aspetos:

- A longevidade, enquanto peculiaridade complexa de história de vida, compartilha uma relação ontogenética com outros aspetos quantitativos e varia entre indivíduos, famílias e populações.
- Cerca de um terço da variação fenotípica associada à característica é devida a fatores genéticos, e o restante é influenciado por fatores epigenéticos e ambientais.
- Entre os fatores genéticos, certos genótipos/alelos, conhecidos por influenciar a longevidade, são enriquecidos entre os centenários (por exemplo, Apo C3-CC; FOXO3a-T; CETP-VV; AdipoQ-del /; TSHr-G e IGFr).

Como nota final, regista-se a necessidade de prosseguir no futuro com estudos de análise comparativa da longevidade entre indivíduos com expectativa de vida normal e centenários, juntamente com estudos de ecologia populacional e biologia evolutiva, os quais não só contribuirão para o incremento do nosso conhecimento sobre os mecanismos biológicos subjacentes à longevidade humana, mas também para o indispensável conhecimento mais profundo sobre a possibilidade de extensão da vida saudável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) J. Santos *et al.*, "Dietary restriction and nutrient balance in aging". *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016; article ID 4010357, pp. 10.
- 2) Fanson BG *et al.*, "Nutrients, not caloric restriction, extend lifespan in Queensland fruit flies (*Bactrocera tryoni*)". *Aging Cell*. 2009; 8(5):514-23.
- 3) Levine ME *et al.*, "Low protein intake is associated with a major reduction in IGF-1, cancer, and overall mortality in the 65 and younger but not older population". *Cell Metab*. 2014; 19(3):407-17.
- 4) Solon-Biet SM *et al.*, "The ratio of macronutrients, not caloric intake, dictates cardiometabolic health, aging, and longevity in ad libitum-fed mice". *Cell Metab*. 2014 19(3):418-30.
- 5) Diddahally Govindaraju *et al.*, "Genetics, lifestyle and longevity: Lessons from centenarians". *Appl Transl Genom*. 2015. Volume 4, pp. 23-32.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 21 DE SETEMBRO DE 2017)

La colección anticuaria de la *Academia das Ciências de Lisboa*

MARTÍN ALMAGRO-GORBEA¹

JOÃO LUÍS CARDOSO²

MIGUEL TELLES ANTUNES³

Nisi utile est quod facimus stulta est gloria.

OVIDIO, *Fab.* III,17,11

ABSTRACT

Study of twelve archaeological objects conserved in the Academy of Sciences of Lisbon: a Neolithic ax, two axes of the Late Bronze Age, two small Luso-Roman bronze hinds, a roman ara, two roman lamps, one of them false, two false bronze *signacula* and two false pre-Roman idols.

These objects, mostly unpublished, document the first cabinets of antiquities in Portugal at the beginning of antiquarianism during the Enlightenment, and the creation of antique cabinets linked to the libraries created at the end of the 18th century by Manuel do Cenáculo. Therefore, they illustrate the history of the Academia das Ciências de Lisboa and the beginning of Archeology and Museology in Portugal.

Key words – Academia das Ciencias de Lisboa. Historiography. Museology. Late Bronze Age. Roman epigraphy. *Ataecina*. Roman archeology. Enlightenment. Manuel do Cenáculo.

RESUMO

Estudo de doze objectos arqueológicos conservados no Museu da Academia das Ciências de Lisboa: um machado neolítico, dois machados do Bronze Final, duas estatuetas de cabras, de bronze, uma árula romana epigrafada, duas lucernas, uma delas falsa, dois selos de bronze falsos e dois ídolos pré-romanos falsos.

Estos objetos, na sua maioria inéditos, entre os quais se destacam as duas estatuetas de cabras e os dois ídolos pré-romanos falsos, documentam o ambiente antiquário do coleccionismo científico em Portugal durante o Iluminismo e a criação de gabinetes de antiguidades vinculados às bibliotecas criadas

¹ Académico Anticuário. Real Academia de la Historia (Madrid). anticuario@rah.es Sócio Correspondente estrangeiro da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências).

² Universidade Aberta (Lisboa). Sócio Correspondente da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências). cardoso18@netvisao.pt

³ Director do Museu da Academia das Ciências de Lisboa. Sócio Efectivo da Academia das Ciências de Lisboa. Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica (CICEGe), Universidade Nova de Lisboa. migueltellesantunes@gmail.com

no final do século XVIII por D. Manuel do Cenáculo. Por tal razão, ilustram a história da *Academia das Ciências de Lisboa* e o início da Arqueologia e da Museologia em Portugal.

Palavras-chave – Academia das Ciências de Lisboa. Historiografia. Museologia. Bronze Final. Epigrafia, *Ataecina*. Arqueologia romana. Iluminismo. D. Manuel do Cenáculo.

INTRODUCCIÓN

En una visita a la *Academia das Ciências de Lisboa*, la afamada institución científica ilustrada fundada en 1789 durante el reinado de Dña. María I⁴, gracias a la generosa colaboración del Prof. Miguel Telles Antunes, Director del *Museu Maynense*⁵, a quien queremos hacer constar nuestro agradecimiento por su hospitalidad y por las facilidades dadas, pudimos analizar, junto al Prof. João Luís Cardoso, la pequeña pero interesante colección anticuaria que custodia esa institución.

El conjunto de objetos que forman esta pequeña colección de antigüedades no es muy numeroso, pues se reduce a tan sólo diez piezas, pero el interés que la mayoría de éstas ofrecen en sí se acrecienta por su pertenencia a esta notable institución, en la que habían permanecido prácticamente inéditas, a lo que se añade la personalidad de sus donantes como miembros o protectores de la misma. Este interés que ofrecen en su conjunto nos ha animado a dar a conocer esta colección anticuaria, pues constituye en sí misma un interesante apartado de la Historia de la Arqueología de Portugal.

El conjunto lo forman una pequeña hacha pulida (n.º 1), dos hachas de bronce, una de tope (n.º 2) y otra de cubo (n.º 3), dos figuras de cabra lusitano-romanas (n.º 4 y 5), un árula romana (n.º 6), dos lucernas romanas (n.º 7 y 8), dos sellos de bronce romanos, igualmente falsos (n.º 9 y 10) y dos “ídolos” prerromanos falsos con inscripción (n.º 11 y 12), éstas últimas piezas de indudable interés por tratarse de falsificaciones anticuarias del siglo XVIII.

DESCRIPCIÓN Y PARALELOS

1. Azuela pulida de anfíbolita (Fig. 1)

Dimensiones: Longitud máxima: 122 mm. Anchura máxima: 65 mm.

Descripción: Pequeña azuela, más probablemente que hacha, realizada con una piedra metamórfica de color grisáceo, de grano fino y de relativa dureza, por lo que parece ser una anfíbolita. En su estado de conservación se aprecian golpes diversos, la mayoría por uso.

Su forma es trapezoidal, más ancha en el borde y más estrecha en el talón. El filo es recto, pero ofrece una pequeña melladura en su centro y uno de sus ángulos está desportillado y el talón, algo irregular, es de forma ligeramente arqueada. Uno de los lados mayores es recto y el opuesto divergente y más irregular, como si no se hubiera acabado de regularizar la pieza. Su superficie está ligeramente pulida, pero los laterales han quedado sin pulir, lo que indica que esta azuela sería un instrumento tosco de trabajo, por lo que no se finalizó su pulimento, quizá para facilitar su adherencia al mango.

Esta pieza conserva su ficha originaria en una antigua etiqueta del *Museu da Academia das Ciências de Lisboa*, de 17x10,5 cm, escrita a máquina (fig. 1B), que la describe del siguiente modo:

⁴ AMARAL, 2012.

⁵ CARVALHO, 1993.



Figura 1. Azuela pulida de anfíbolita donada por J. Leite de Vasconcelos.

(Encima, añadido a mano *Época Neolítica*) // MACHADO POLIDO, de secção trapezoidal, com pequena fractura do / talão. Rudemente polido nas faces laterais. Gume com sintomas de bastante uso. Granito. (Añadido a mano a continuación *Dolerito ou anfíbolito*) // Legenda antiga: "Columbeira/(Óbidos) / De J. L. de V." (recolha e oferta de José Leite de Vasconcellos). // Debajo, en el apartado *Observações*: Citado em "Objectos paleolíticos do Casal do Monte Oferecidos ao Museu da Academia das Ciências de Lisboa" por / J. LEITE DE VASCONCELLOS. pag. 390: "Da idade da pedra polida ha um / machado..."

Comentario: Se trata de una azuela, más que de un hacha a juzgar por su forma y sus proporciones, que cabe datar en el Neolítico/Calcolítico, sin mayor precisión. El lugar del hallazgo es Columbeira, cerca de Óbidos, donde fue encontrada por José Leite de Vasconcelos, cuando era Director del Museu de la Academia, quien la ofreció como donación personal. El ilustre académico poseía tierras en esa región, muy rica en hallazgos de este tipo, que él recogió en gran número destinados al Museu Etnográfico Português, el actual Museu Nacional de Arqueologia, del que también era Director. Este ejemplar de hacha aparece citado en una pequeña monografía dedicada a los hallazgos paleolíticos de Casal do Monte ofrecidos por Joaquim Fontes al Museu da Academia por petición de Leite de Vasconcellos⁶.

⁶ VASCONCELOS, 1915.



Figura 2. Hacha de bronce de talón y dos asas del Bronce Final II.

2. Hacha de bronce de talón y dos asas (Fig. 2)

Dimensiones: Longitud máxima: 259 mm. Anchura máxima: 66 mm. Grosor máximo a la altura del tope: 45 mm. Grosor sin tope: 23 mm.

Descripción: Hacha de talón de bronce con dos asas, obtenida en un molde bivalvo, pues conserva las huellas del mismo, que no han sido retocadas. Su estado de conservación es bueno con una pátina verde estable.

La hoja, de 130 mm de longitud, es bastante maciza y de forma ligeramente trapezoidal. Queda decorada con tres nervios o resaltes longitudinales, que arrancan del tope y se prolongan hasta desaparecer hacia el extremo antes de llegar al filo. La parte del talón, de 95 mm de longitud, es de forma rectangular⁷ con un fuerte y característico reborde que enlaza en la zona central con el tope. Las asas laterales, de 40 mm de altura, son de sección romboidal.

Procedencia desconocida.

Comentario y paralelos: Se trata de un hacha de tope y dos asas caracterizada por ofrecer tres nervios longitudinales en la parte del corte, tipo que Monteagudo considera que sería usada como instrumento de trabajo, aunque pudo usarse igualmente como arma de guerra.

Las características de este ejemplar hacen que deba incluirse en el tipo 33B, "Trás os Montes C", de Monteagudo⁸. Se trata de un tipo poco frecuente, pues tan sólo lo conforman 4 ejemplares a los que se añade ahora éste de la Academia das Ciências de Lisboa, que le pasó inadvertido al estudioso gallego.

⁷ MONTEAGUDO, 1977, p. 202.

⁸ MONTEAGUDO, 1977, p. 202-203, n.º 1283 a 1288.

Este tipo de hachas se extiende por el Norte de Portugal, desde Trás os Montes a la región de Minho⁹, aunque el paralelo más próximo de nuestro ejemplar es un hacha hallada en el Castro de Cerdido, en Ortigueira, La Coruña¹⁰, que es de características y medidas muy similares, pues mide 28 x 68 x 26 mm. También se asemeja a otro ejemplar de Roriz, Barcelos, Minho¹¹, aunque éste es ligeramente menor y con las nervaduras más cortas.

Este tipo de hacha de talón con dos asas es típico del Bronce Final Atlántico de la Península Ibérica y debe considerarse de cronología relativamente antigua a juzgar por su tamaño y relativa macicez. Luis Monteagudo fechó el tipo 33B, al que pertenece, ya en el Bronce Final II, c. 1100-900 a.C., basándose en que un ejemplar de cubo de origen hispano con decoración similar de tres nervaduras, del depósito de Pen-ar-Prat, Le Folgoët, Finisterre, Francia¹². Esta cronología puede considerarse aceptable, aunque la datación en su día propuesta por Monteagudo actualmente debe elevarse a c. 1300-1100 a.C. como límite inferior según la cronología del Bronce Final basada en la calibración del C-14 con la dendrocronología¹³.

3. Hacha de bronce de cubo con dos asas (Fig. 3)

Dimensiones: Longitud máxima: 150 mm. Anchura máxima en el corte: 56 mm. Anchura en la boca: 52 mm. Grosor máximo en la boca: 56 mm.

Descripción: Hacha de bronce de cubo con dos asas¹⁴, probablemente obtenida en un molde bivalvo, aunque apenas conserva las huellas del mismo, salvo en las asas. Su estado de conservación es algo deficiente, pues una de las asas está fragmentada y rota y, además, parte del borde está desportillado.



Figura 3. Hacha de bronce de cubo con dos asas del Bronce Final III.

⁹ MONTEAGUDO, 1977, p. 202, lám. 139B.

¹⁰ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1286.

¹¹ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1284.

¹² BRIARD, 1965, p. 211, fig. 74,9.

¹³ MEDEROS, 1997, p. 75 s., tabla 1.

¹⁴ BRIARD Y VERRON, 1976, p. 29.

Este hacha de cubo es de sección aproximadamente cuadrada y de forma rectangular, salvo la zona del corte, que se ensancha y abre para que el corte sea convexo y más eficiente.

La pieza se caracteriza por ofrecer dos fuertes rebordes paralelos junto al borde, uno bajo el mismo borde y otro a la altura de la parte superior de las asas. Éstas son de sección redondeada y una de ellas está rota. Del reborde superior arranca una nervadura vertical que se prolonga hasta más allá de la mitad de la zona de corte¹⁵.

Procedencia desconocida.

Comentario y paralelos: Este hacha de cubo con dos asas también es típica del Bronce Final Atlántico de la Península Ibérica. Se caracteriza por su amplio corte y por ofrecer un nervio longitudinal en cada una de sus caras, lo que permite incluirla con seguridad en el grupo 42A de Monteagudo, denominado “Occidente de Portugal”¹⁶, si bien algunos detalles corresponden al tipo 42B, “Redondela”, de dicho autor¹⁷. Monteagudo consideró que este tipo de hacha serviría como instrumento de trabajo¹⁸, aunque también supuso que pudo servir como arma, lo que parece menos probable.

Estas hachas de tipo 42A se concentran en las áreas costeras de Portugal, por Estremadura y la Beira Litoral hasta la altura del Mondego¹⁹, con alguna penetración aislada hacia el interior y hacia el Norte, que llega hasta la cuenca del Miño, y con paralelos muy similares en Cerdeña²⁰, que deben considerarse originarios de esa zona atlántica de Portugal, que evidentemente era el área nuclear de fabricación y uso. Sin embargo, los dos ejemplares conocidos del tipo 42B, que es una variante del anterior particularmente próxima al ejemplar aquí estudiado, proceden de Pontevedra. Se trata, por tanto, de un tipo muy concentrado geográficamente en las áreas costeras atlánticas de la Península Ibérica, lo que hace suponer que es un producto de artesanos o talleres de esa zona que fabricaban este instrumento con regularidad, por lo que ofrece un evidente carácter de elemento de identificación etno-cultural, aunque también se ha señalado la aparición de ejemplares similares en el Finisterre francés e incluso en Gran Bretaña²¹, además de los citados de Cerdeña.

Dentro de este tipo 42A, cabe señalar que el detalle de su corte marcadamente convexo y curvo, que pudiera indicar una cronología más avanzada por su mayor eficiencia, también lo ofrecen las hachas de Alfirim, Sesimbra, Setúbal, en el Bajo Alentejo²², de Teira, Monte de São Martinho, Rio Maior, Santarém, en el Ribatejo²³, de Caldas de Rainha, en Estremadura²⁴, de Soure, cerca de Coimbra, en la Beira Litoral²⁵ y de Serra de Montemuro, en Viseu, ya en la Beira Alta²⁶.

El doble reborde horizontal es característico de casi todas estas piezas²⁷, aunque no siempre aparece conservado, pero el detalle que ofrece este ejemplar de la Academia das Ciências de que el nervio

¹⁵ MONTEAGUDO, 1977, tipo 42-A.

¹⁶ MONTEAGUDO, 1977, p. 250 s.

¹⁷ MONTEAGUDO, 1977, p. 252.

¹⁸ MONTEAGUDO, 1977, p. 252.

¹⁹ HARDACKER, 1976, p. 163, mapa 2; MONTEAGUDO, 1977, lám. 142B.

²⁰ TARAMELLI, 1921; GIARDINO, 1995, p. 215 s, fig. 105,1-4 y 106; ALMAGRO, 1940, fig. 32, 5 y 12.

²¹ BURGESS, 1968, fig. 16,8 y 20,4-6; MONTEAGUDO, 1977, p. 252, n. 1 y 2.

²² MONTEAGUDO, 1977, n.º 1719.

²³ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1725.

²⁴ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1726.

²⁵ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1736.

²⁶ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1739.

²⁷ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1725-1733.

vertical arranca directamente del borde sólo se repite en el hacha de Lama, Pontecaldelas, en Pontevedra²⁸, que, además, muestra los ángulos de las caras muy salientes, por lo que Monteagudo la incluyó en su variante 42B, como también otro ejemplar similar de Redondela, Pontevedra²⁹. Estas dos últimas hachas ofrecen, además, una disposición de las asas muy exenta bajo el reborde, por lo que se aproximan especialmente al ejemplar de la Academia das Ciências de Lisboa, salvo en que ésta última ofrece el corte más desarrollado.

Este hacha debe considerarse de cronología avanzada, máxime este ejemplar con el corte tan desarrollado. Se trata de un tipo de hacha que aparece en depósitos del Bronce Final Atlántico posteriores a la Ría de Huelva y contemporáneos de la fase Sa Idda, como el de Fieis de Deus³⁰ o el de Freixianda, Leiria³¹. Monteagudo³² ya observó que este tipo de hachas también aparece en el depósito tardío de Sa Idda, en Cerdeña³³, lo que permitiría datarlas en un Bronce Final III muy avanzado, ya prácticamente en la Edad del Hierro, probablemente hacia el siglo IX o más bien el VIII a.C., pues el citado depósito sardo, aunque ofrece objetos de cronología diversa, se data hacia el 850-650 a.C.³⁴, y en todo caso es posterior a la fase de Huelva, de c. 1150-950 a.C.³⁵ Además, aunque el hacha del depósito de Fieis de Deus no tiene asas³⁶, pero sí las de Freixianda, Leiria³⁷, lo que deja cierta imprecisión sobre la evolución cronológica de estas piezas, resulta probable que este tipo sea contemporáneo de las hachas de cubo armoricanas, que actualmente se fechan en plena Edad del Hierro, posteriores al siglo VIII a.C., pues se consideran contemporáneas al Hallstatt D³⁸.

4. Figura de cabra de bronce (Fig. 4)

Dimensiones: Longitud máxima: 149 mm. Altura máxima: 95 mm. Grosor máximo: 40 mm.

Descripción: Figurita de bronce realizada a la cera perdida con gran habilidad y calidad plástica. Está en general bien conservada, con una bella pátina de color verde con apenas algún punto de erosión, aunque ha perdido los cuernos y la pata posterior izquierda muestra una grieta que indica una fractura que, afortunadamente, no ha llegado a consumarse. Además, los extremos inferiores de sus patas aparecen ocultos en una masa de plomo, sin duda desde la Antigüedad.

Procedencia desconocida.

Representa una cabra grávida, pues con gran pericia plástica se ha sabido reflejar perfectamente el abultamiento de la tripa del animal que indica su gravidez.

La cabra aparece enhiesta y mirando al frente, pero su disposición no resulta totalmente recta ni simétrica, pues, vista desde arriba, el cuello y la cabeza aparecen ligeramente desviados hacia el lado izquierdo. La cabeza, fina y bien concebida, aunque demasiado pequeña, ofrece el morro redondeado con un entrante que indica la boca, bajo la cual se ha representado una pequeña barba triangular

²⁸ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1742.

²⁹ MONTEAGUDO, 1977, n.º 1741.

³⁰ VASCONCELOS, 1919-1920; COFFYN, 1985, lám. 47.

³¹ BRANDÃO, 1970, p. 234; COFFYN, 1985, p. 213.

³² MONTEAGUDO, 1977, p. 252.

³³ TARAMELLI, 1921; GIARDINO, 1995, p. 215 s, fig. 105,1-4 y 106; ALMAGRO, 1940, fig. 32, 5 y 12.

³⁴ BRANDHERM y MOSKAL-DEL HOYO, 2010.

³⁵ MEDEROS, 2008, tabla 8.

³⁶ HARDACKER, 1976, p. 164.

³⁷ COFFIN, 1985, lám. 49, 1, 4 y 6.

³⁸ GOMEZ DE SOTO, COORD., 2009; ID., 2015.



Figura 4. Figura de cabra de bronce grávida.

ligeramente curvada hacia delante. En la parte más alta, un muñón indica la posición de los cuernos, seguramente curvados hacia atrás, que se han perdido por rotura. A los lados, sendas protuberancias indican las orejas, mientras que los ojos se han señalado por medio de sendas finas incisiones ovales.

La cabeza aparece perfectamente separada del cuello por su mayor volumen; éste es largo y de sección ovalada, ensanchándose hacia el cuerpo, cuya superficies curvadas y sinuosas reproducen con gran perfección el cuerpo del animal, así como su forma aquillada a ambos lados del espinazo. Destaca la habilidad comentada para representar con gran pericia plástica y sentido naturalista el vientre abultado del animal, que indica su gravidez, detalle que debe considerarse característico del estilo naturalista de la obra. Además, con la misma habilidad se ha moldeado un corto rabo en el extremo posterior, apenas perceptible. Bajo el vientre, entre las patas posteriores, aparecen dos grandes ubres de forma cónica, que confirman el estado de gravidez del animal.

Como el animal está en posición estática, las patas aparecen casi verticales y paralelas, aunque las posteriores, lógicamente más gruesas, muestran perfectamente el quiebro correspondiente a las rodillas. La parte inferior de las patas aparece ligeramente ensanchada hacia delante para representar las pezuñas, pero este detalle apenas se puede apreciar por quedar casi cubiertas, especialmente las posteriores, por una masa de plomo, en parte agrietada, que ya en la Antigüedad unía las cuatro extremidades del animal. Por debajo de esta masa plúmbea todavía se aprecian dos pernios o vástagos de fijación de la figura dispuestos en prolongación de las patas, por lo que debieron servir para asegurarla a un soporte, cuya adhesión se reforzó por medio de la citada masa de plomo. Esta técnica de sujeción podría relacionarse con los cuatro orificios que ofrecen las aras halladas en Vila Verde de Ficalho, Serpa, Beja³⁹ y en Alcáçova

³⁹ DÍAS Y SOARES, 1986, n.º 84; AE 1986, 278; HEp. 1, 661.

do Castelo, Mértola, Beja⁴⁰, como los que ofrecen en la parte superior algunas aras de Santa Lucía del Trampal⁴¹, que, más que como *foculus*, debieran interpretarse quizás como agujeros para insertar las patas de una cabra, con más probabilidad que una figura de la divinidad.

Finalmente, hay que señalar el cuidado puesto en el tratamiento de la superficie, pues ésta ofrece finos trazos y series de puntuaciones paralelas para representar con el mayor realismo posible la piel peluda del animal.

Comentario y paralelos: Véase al final de la figura siguiente.

5. Figura de cabra de bronce (Fig. 5)

Dimensiones: Longitud máxima: 108 mm. Altura máxima: 103 mm.

Descripción: Figurita de bronce realizada a la cera perdida como la anterior con evidente calidad técnica y habilidad plástica. Está bien conservada y ofrece una buena pátina, pero muestra algunas pequeñas erosiones y ha perdido la mitad inferior de las patas delanteras, mientras que los extremos de las traseras, como en el caso anterior, aparecen soldados a una masa de plomo, sin duda desde la Antigüedad.

Procedencia desconocida.

En este pequeño bronce hay que destacar el magnífico tratamiento plástico de toda la figura, pero, en especial, de la cabeza, con un realismo y una habilidad en el tratamiento de los volúmenes que sólo tiene parangón en la cabra de la Colección Calzadilla⁴², pues denota como ésta un claro influjo de corrientes estilísticas helenísticas de los últimos siglos antes de la Era.

La cabra aparece enhiesta y mirando al frente, con las patas delanteras rectas y paralelas, pero las traseras ligeramente dobladas, como si estuviera en actitud de alerta y lista para saltar o emprender la huida. Destaca su fina cabeza, perfectamente concebida en su forma y sus volúmenes. Ofrece dos cortos cuernos curvados hacia atrás y debajo dos pequeñas orejas salientes dispuestas igualmente hacia atrás.

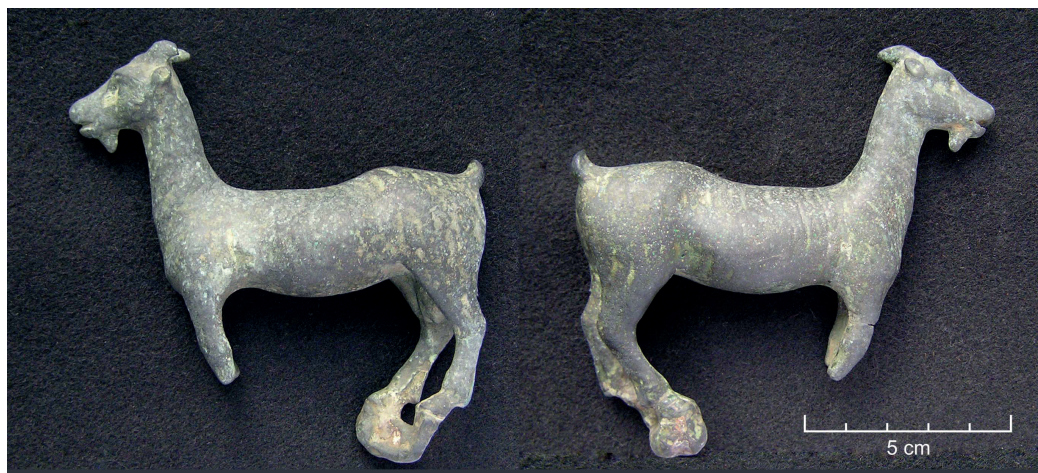


Figura 5. Figura de cabrita de bronce.

⁴⁰ VALENTE ET AL., 1982, n.º 1; AE 1982, 456; OLIVARES, 2002, p. 65.

⁴¹ ABASCAL, 1995, p. 95, fig. 46,4; 47,5, 7, 11, 13 y 41; 48,2, 9 y 40.

⁴² BLANCO FREIJEIRO, 1960, lám. 32,2; Almagro-Gorbea, 2018, p. 433, n.º 25.

La cabeza se afina en las órbitas oculares, con los ojos redondos, y el morro redondeado ofrece las fosas nasales y un entrante para la boca, ligeramente abierta, bajo la cual aparece una pequeña barba triangular. La cabeza queda unida al tronco por un cuello ligeramente curvado, que se ensancha hacia el cuerpo con gran habilidad, pues la transición de unas partes a otras del cuerpo se logra con toda perfección a base de suaves superficies curvadas. También es de destacar la habilidad para modelar los cuartos delanteros y traseros y un pequeño rabo alzado. Bajo las patas posteriores aparecen dos ubres cónicas que confirman que se trata de una hembra.

La parte inferior de las patas traseras muestra las pezuñas del animal perfectamente labradas, aunque las anteriores faltan por rotura. Ambas patas posteriores se apoyan sobre una masa de plomo, conservada desde la Antigüedad, que debía servir para unir esta figura a su soporte, sin que se aprecien restos de los pernos o vástagos de fijación que ofrece la figura anterior.

Como la figura precedente, la superficie de esta cabra ofrece un muy cuidadoso tratamiento a base de finas líneas levemente incisas que representan con realismo la piel peluda del animal.

Comentario y paralelos: Estas dos bellas figuritas de bronce representan sendas cabras, cuya calidad artística hay que resaltar, pero, además, ofrecen varios aspectos de evidente interés.

En primer lugar, esta pareja de cabras debe incluirse en el conjunto formado por más de 25 figuritas de bronce, todas ellas representando cabras, que proceden de la Extremadura española y del Alentejo portugués, aunque en su mayoría son de factura más tosca que los dos ejemplares aquí publicados de la Academia das Ciências⁴³. Como se ha propuesto para todas estas figuras, estas bellas piezas de la Academia das Ciências deben relacionarse con el culto a la *Dea Sancta Turibrigensis Ataecina*, que se extendió por esas áreas desde época prerromana, culto que se suele atribuir a las poblaciones de los *Celtici* que habitaban esas regiones según testimonia la epigrafía⁴⁴, y parece confirmar la referencia a un *Lucus Feroniae* situado en el territorio de la antigua *Augusta Emerita* (Front. *De contr. agr.* 37)⁴⁵. Sin embargo, aunque la cronología de estas piezas resulta todavía muy incierta por desconocerse su contexto arqueológico en la mayoría de los casos, deben considerarse, por motivos estilísticos y culturales, ya de época romana, lo que ha llevado a considerarlas generalmente como “lusitanas” o, más propiamente, lusitano-romanas⁴⁶.

Al margen del interés de ambas piezas desde ese punto de vista, otro aspecto esencial, que no puede pasar desapercibido, es la calidad plástica que ofrecen estas dos figuras de cabra de la Academia das Ciências, muy destacada en comparación con otras piezas similares de este conjunto de bronce. En ese sentido, hay que considerarlas entre las mejores piezas de las más de 30 actualmente conocidas, que forman un conjunto de estilos muy diferentes, aunque todas ellas ofrecen un indudable aire común, por su iconografía y el carácter unitario que se desprende de su función y su significado cultural.

La calidad artística de las dos cabritas de la Academia das Ciências, junto a su cuidado estilo naturalista, de claro origen helenístico, permite suponer que ambas deben proceder de un mismo hallazgo, que cabe pensar que sería un santuario a *Ataecina* donde habrían sido depositadas como exvotos. Aunque no se puede precisar mucho más sobre su procedencia, podemos plantear una sugestiva hipótesis. Su

⁴³ ALMAGRO-GORBEA, 2018, p. y mapa 1

⁴⁴ ABASCAL 1995; *ID.*, 2002; GUERRA, 2002, p. 151 s.

⁴⁵ GARCÍA BELLIDO, 2001, p. 56 s.

⁴⁶ ALMAGRO-GORBEA, 2018.

pertenencia a la colección de la Academia das Ciências de Lisboa inclina a considerarlas un hallazgo del siglo XVIII, como la mayoría de las piezas restantes. Si son un hallazgo del siglo XVIII, pudieran proceder del mismo hallazgo que las tres cabritas conservadas en el Museu de Évora, las “cabrinhas de Cenáculo”⁴⁷, publicadas por Leite de Vasconcelos en 1895⁴⁸, seguramente procedentes del gabinete de antigüedades de la Biblioteca de Manuel do Cenáculo, lo que indicaría un santuario de indudable importancia situado en tierras del Alentejo. Y esta hipótesis también deja abierta la posibilidad de que estas piezas hayan sido una donación del propio Cenáculo a la Academia das Ciências.

También plantea problemas su clasificación estilística y su datación. Estas figuras de cabra, a pesar de su mejor calidad plástica, deben incluirse en el grupo de piezas similares atribuidas al culto de *Ataecina*, en el que se pueden apreciar diversos grupos estilísticos. El más coherente y de mejor calidad artística es un *Grupo de estilo naturalista* de buena factura, que engloba estos dos ejemplares de la Academia das Ciências-1 y Academia das Ciências-2 y el ya citado de la Colección Calzadilla⁴⁹. En este grupo hay que destacar la habilidad para el tratamiento plástico de los volúmenes del animal y su sentido realista, que no tiene parangón en las restantes figuritas de cabra. En segundo lugar, también hay que resaltar detalles como la fina estilización de la piel peluda del animal, que pasó a ser imitada en los grupos de peor estilo, así como cierta tendencia a alargar el cuerpo del animal, que se acentúa en los restantes grupos.

Las características estilísticas de estas figuras, aunque sean exvotos, permiten considerarlas como pequeñas obras de arte por su calidad artística, pues sin duda reflejan un gusto helenístico por representaciones realistas de animales domésticos, como ya observó Blanco Freijeiro⁵⁰. En efecto, detalles de su estilo naturalista y su disposición estática remontan a creaciones griegas del clasicismo tardío⁵¹, pero sus mejores paralelos deben buscarse en creaciones helenísticas⁵², que recogen con realismo el movimiento y las posturas del animal, así como su piel peluda, elementos que pasaron al mundo romano⁵³.

Sin embargo, entre las pequeñas figuritas de cabra creadas por la toréutica romana provincial o la celto-romana sólo ocasionalmente se encuentran figuras de calidad semejante, pues suelen ofrecer un estilo diferente y más tosco⁵⁴. Tan sólo las figuritas de mejor calidad ofrecen un buen tratamiento de pelaje, generalmente muy rugoso, con una estilización semejante a la que ofrecen otros animales, como el oso de la *Dea Artio* de Muri, Berna⁵⁵. Entre estos paralelos, destaca por su mejor calidad el magnífico macho cabrío, de 12 cm de longitud, procedente de Ursins, en el cantón de Vaud, Suiza, cuyo estilo resulta próximo al ejemplar de la Colección Calzadilla, y que ofrece el interés de estar dedicado a Mercurio⁵⁶,

⁴⁷ PATROCINIO, 2006, p. 22; ALMAGRO-GORBEA, 2018, p. 426 s., n.º 7 a 9.

⁴⁸ LEITE DE VASCONCELLOS, 1895.

⁴⁹ BLANCO FREJEIRO, 1960, lám. 32,2; ALMAGRO-GORBEA, 2018, p. 407. Sin embargo, se ha excluido del conjunto las piezas de la Colección del Marqués de Salamanca conservadas en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid (THOUVENOT 1927, lám. 16, n.º 370 a 374; REINACH, 1930, 160, n.º 5), ya que deben considerarse procedentes de Italia.

⁵⁰ BLANCO FREJEIRO, 1960.

⁵¹ THOUVENOT 1927, lám. 16, n.º 373; RICHTER, 1930, p. 25 s., fig. 133; *ID.*, 1950, fig. 362; BOUCHER, 1974, fig. 16-18.

⁵² RICHTER, 1930, p. 134-135; *ID.*, 1950, fig. 363.

⁵³ BABELON Y BLANCHET, 1895, p. 485, n.º 1193; REINACH, 1908, II, p. 750, n.º 6, 751, n.º 1, 752, n.º 1; *id.*, IV, 1913, p. 507, n.º 1 a 4, p. 508, n.º 1; *id.*, V, 1924, p. 446, n.º 6.

⁵⁴ ÉSPERANDIEU Y ROLAND, 1959, p. 62 s., lám. 38, n.º 119-121; JITTA ET AL., 1969, p. 148 s, n.º 63; BOUCHER, 1973, n.º 246; FAYDER-FEITMANS, 1979, lám. 60, n.º 108-113; NUNES PINTO, 2002, p. 224, *passim*.

⁵⁵ VV.AA., 1976, n.º 31.

⁵⁶ VV.AA., 1976, p. 36, n.º 40.

por lo que confirmaría la relación entre Mercurio y Ataecina planteada por J. M. Abascal⁵⁷, ya que ambas eran divinidades ctónicas de la religión celta. El estilo helenístico-romano de las piezas de este *grupo de estilo naturalista* permite datarlas hacia los siglos III-I a.C.

Otro *grupo de cabritas estilizadas* parece derivar o imitar a las figuras del grupo anterior. Lo forman figuritas menos naturalistas, pero que conservan cierta finura de estilo y el sistema de imitar con trazos la piel peluda del animal. En este grupo se puede incluir las cabritas de Évora-1, Redondo, Aliseda, Zafrillas, Torrejoncillo 2 y la del Museo Arqueológico Nacional de Madrid (MAN-1829), la cual, por ofrecer este mismo tipo de pelaje, hay que considerarla en este grupo, lo que apunta a su procedencia extremeña. Su cronología puede considerarse más amplia, entre el siglo I y el siglo III d.C.

Por último, existe otro *grupo de cabritas toscas*, cuya cronología puede considerarse semejante a la del grupo anterior. Lo forman otras figuritas de cabra de formas menos naturalistas, de un estilo aún más tosco y popular, como la pareja de cabras de Medellín, que ofrece una estilización del pelaje de tipo provincial romano, aunque sea muy tosca. En este último grupo, mucho más variado al no responder a una tradición estilística concreta, cabe diferenciar unas figuras aún más estilizadas, con el cuerpo alargado, como las de Almodóvar, Museu de Évora-2, Museu de Évora-3, Torrejoncillo-3, Sintra, aunque ésta parece ser un carnero, y otra del Museo Arqueológico Nacional de Madrid (MAN 1830), todas las cuales deben considerarse relacionadas con el grupo anterior. Finalmente, aún cabría incluir otras figuras todavía más macizas y toscas, como la de Beja y la de Torrejoncillo-1, cuya superficie, sin embargo, está dorada.

Todas estas figuras de bronce pueden considerarse “cabras de tipo *Ataecina*”, pues ofrecen personalidad estilística, funcional y cultural y una dispersión por el Alentejo y la Extremadura española muy característica, que coincide con la que ofrecen los epígrafes dedicados a la diosa *Ataecina* (fig. 6). Salvo las piezas de mejor arte de tradición helenística (*vid. supra*), en general se relacionan con otros pequeños bronce extremeños de estilo igualmente tosco y popular, como el jinete sobre un carro de Almorchón, Badajoz,⁵⁸ o el jinete de Torrejoncillo, Cáceres⁵⁹.

Por el contrario, no parece posible establecer relaciones estilísticas con los bronce de tradición orientalizante hallados en el Alentejo y la Extremadura española⁶⁰, como observó hace años M. Beltrán⁶¹, pues ambos conjuntos ofrecen un estilo y una cronología claramente diferentes, aunque aparecen en la misma zona. Además, también su temática es distinta, pues las figuras orientalizantes son ciervos y toros⁶², frente a las cabras de *Ataecina*. Sin embargo, sí se puede suponer que los bronce orientalizantes pudieran haber introducido en la tradición de toréutica local la tecnología que ofrecen estas cabras, como también de origen orientalizante debe considerarse la tradición de exponer sobre un pedestal de madera o de piedra exvotos zoomorfos de bronce representativos de la divinidad, que se documenta desde fechas orientalizantes a juzgar por la conocida cierva procedente de Extremadura conservada en el British Museum⁶³ y otras figuras relacionables⁶⁴, lo que permite suponer cierta relación de continuidad o de influjo funcional en los ritos culturales.

⁵⁷ ABASCAL, 1995, p. 84 s.

⁵⁸ BLÁZQUEZ, 1955.

⁵⁹ BLÁZQUEZ, 1962, a, fig. 5.

⁶⁰ JIMÉNEZ ÁVILA, 2002.

⁶¹ BELTRÁN, 1976, p. 111.

⁶² JIMÉNEZ ÁVILA, 2002, lám. 30-38

⁶³ FERNÁNDEZ Y CASTRO, 1989.

⁶⁴ JIMÉNEZ ÁVILA, 2002, p. 269 s.

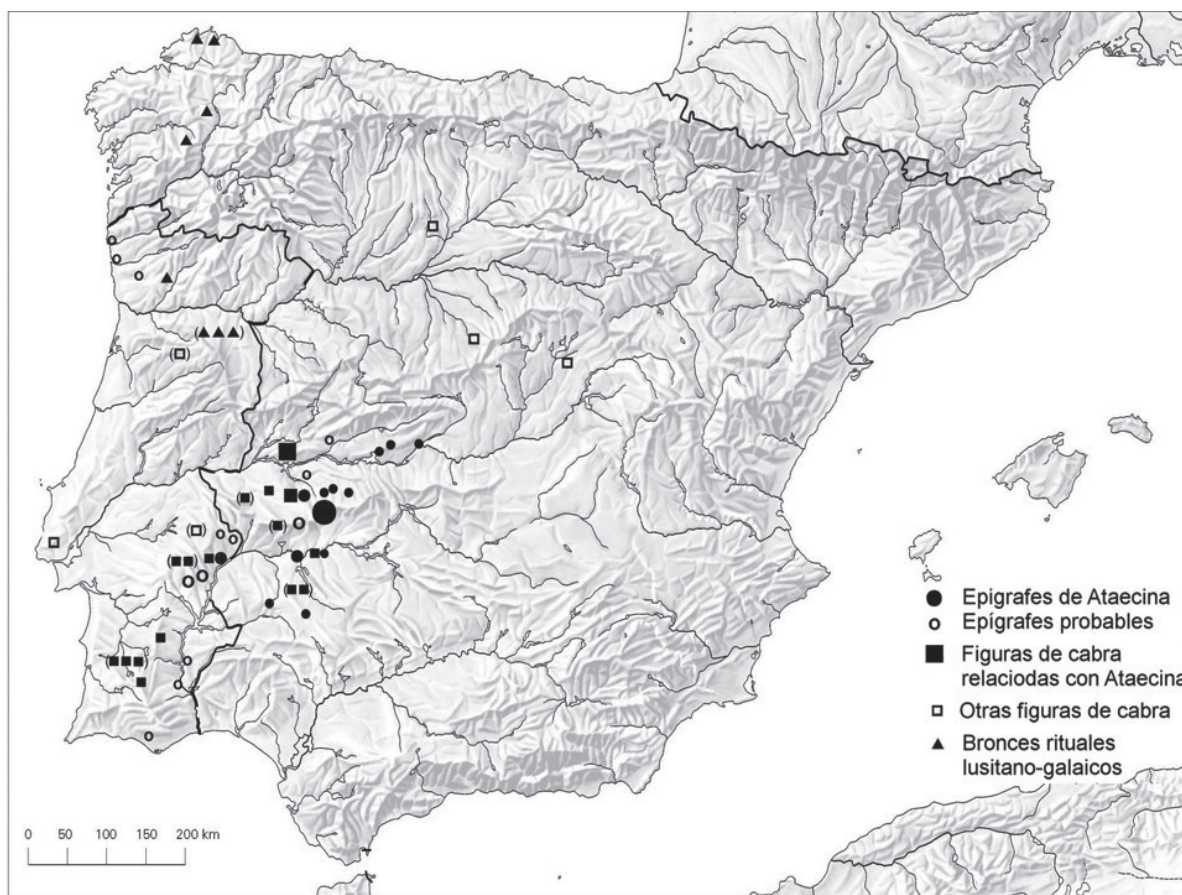


Figura 6. Dispersión de las inscripciones y de las cabritas de bronce relacionadas con el culto a *Ataecina*.

En este mismo sentido, también es interesante señalar la clara diferencia existente entre estos bronce relacionados con *Ataecina* del Sur de Portugal y la Extremadura española y los llamados “bronce rituales galaico-lusitanos”⁶⁵, ya que éstos ofrecen una tecnología y un estilo claramente diferentes, como también resulta claramente diferente su dispersión por el Norte de Portugal y Galicia (fig. 6), ya que corresponden a la cultura lusitano-galaica.

6. Árula romana dedicada al dios *Vasecus*⁶⁶ (Fig. 7)

Dimensiones: Altura: 18 cm; Anchura: 5 cm; Grosor: 7 cm. La parte superior mide 4,6 x 6,9 x 6 cm, el fuste 8,1 x 5,1 x 5,1 cm y la base 5 x 7,5 x 6,7 cm.

Descripción: Árula lusitano-romana labrada en una piedra caliza oolítica amarillenta de la zona de Soure⁶⁷, en buen estado de conservación.

El árula tiene un fuste de sección rectangular que queda separado por las dos gruesas molduras que forman su coronamiento superior y su base. El coronamiento ofrece un tosco frontón central entre dos roleos lisos laterales separados por dos profundos surcos longitudinales. La base presenta una parte

⁶⁵ ARMADA PITA Y GARCÍA VUELTA, 2003; CASTRO VIGO, 2009.

⁶⁶ Seguimos en la descripción y el análisis de esta pieza el exhaustivo estudio de CARDIM RIBEIRO (1989).

⁶⁷ CASTELLO BRANCO, 1851, p. 54; RIBEIRO, 1989, p. 132.



Figura 7. Árula romana dedicada al dios Vasecus.



Figura 8. Inscripción del árula romana dedicada a Vasecus (según Cardim Ribeiro, 1989)

inferior paralelepípeda y otra superior troncocónica que queda separada del fuste por una fuerte moldura inclinada.

El fuste es rectangular y con las caras alisadas. La principal ofrece una inscripción cuyo campo epigráfico, de 8 x 5,1 cm, ocupa toda la superficie (fig. 8). El epígrafe consta de 9 líneas resaltadas por otros tantos surcos profundamente grabados que sirven para enmarcar las letras, de 0,5 cm de alto, grabadas con decisión, al mismo tiempo que contribuyen a dar un aspecto más atractivo a la inscripción.

Transcripción: *B(ene) MER(enti) / VASECO / MARI/NIANV/S ANIMO LEBE(n)/S PONO MER(enti) / MA(ximo)*

Traducción: “Ao bem merecedor Vasegus, Marinianus de boa vontade cumpriu (este voto); coloco muito merecidamente”⁶⁸.

Bibliografía: Barbosa-Canaes, 1849, p. 46; Castelo Branco, 1851, p. 53-57; Jordão, 1859, p. 107 y 327, n.º 241; Pinho Leal, 1880, IX, p. 432; *CIL* II, 363, p. 813, 1126 s.; Hübner, 1871, p. 57; Steuding, 1884-1886; Leite de Vasconcellos, 1905, II, 313-314; Holder, 1907, III, col. 116; Rhys, 1913-1914, p. 83; Keune, 1924-37; Heichelheim, 1931; *id.*, 1955; Conceição, 1942, p. 9-12; Tovar y Navascués, 1950, p. 185; Menéndez Pidal,

⁶⁸ RIBEIRO, 1989, p. 134.

1951; *id.*, 1968, p. 264; Schmoll, 1959, p. 56; Saa, 1959, p. 203-204; Blázquez, 1962, p. 113; *id.*, 1975, p. 182, col. 1; *id.*, 1986, p. 253; Vives, 1971, 948; Mangas, 1978, p. 594; *id.*, 1982, p. 407; Encarnação, 1975: 296-297; *id.*, 1987; *id.*, 1989, p. 114; Rohlf, 1985, p. 73; Alarcão, 1988a, p. 98, n.º 3/166; *id.*, 1988b, p. 158 e 218; Cardim Ribeiro, 1989; García, 1991 (RAP), p. 351, n.º 200; Olivares, 2002, 49; Prósper, 2002, p. 344; etc.

Comentario: Esta pequeña árua fue descubierta en 1825 por Luis de Mello Toche en la Quinta da Madalena, propiedad situada en una colina sobre la margen izquierda del río Anços, al Suroeste de la población de Soure, que queda a unos 27 km al Suroeste de Coimbra. La pieza, por su interés, pasó a la *Academia das Ciências* de Lisboa, donde se conserva con el n.º de inventario 245.

Como evidencia la abundante bibliografía existente sobre esta inscripción, este árua ha sido recogida por numerosos autores, interesados en especial por su teónimo, que ha suscitado una larga serie de opiniones. Hübner ya señaló que su *lectio certa est, interpretatio incerta* y la misma actitud adopta un siglo después José d'Encarnação en su magnífico estudio *Divinidades indígenas sob o domínio romano em Portugal*⁶⁹, al señalar que “tudo é incerto: o nome e os atributos desta divindade”, aunque esta idea la matizaría años después.

En efecto, la lectura e identificación de la divinidad *Vasecus*, a la que se dedica el ara, ha planteado muchas dudas, recogidas por Cardim Ribeiro en su detallada visión historiográfica⁷⁰. Emil Hübner dudó entre *b(ene) Mer(ito) Vasecus*⁷¹ y *b(ene) mer(enti) Vasecus*⁷², aunque también postuló un hipotético teonímico **Bmervasecus*⁷³, idea que siguen autores posteriores. Steuding⁷⁴, cita *Bmervasegus* como un teónimo celta. Leite de Vasconcelos⁷⁵ sigue la lectura dada por Hübner en el *CIL*, pero ya advirtió que el sufijo *-ecus* debía incluirse con los sufijos *-aecus/-aicus* característicos de teónimos hispánicos. Holder identificó el teónimo como *Vase-cus*⁷⁶. Toutain dudó entre *Vasecus* o *Bmervasecus*, pero se inclinó por *B(andua) Mer(-curius) Vasecus* y, finalmente, por *B(andius) Mercurius Vasecus*⁷⁷. Keune, tras resumir el estado de la cuestión, consideró que *Vasecus* era un dios local⁷⁸. Heichelheim considera *Vasecus* como la “segunda parte” del teónimo “ibérico” *Mervasecus* y relaciona *Vasecus* con los *Vassocales*, de la raíz céltica *vasso-s*, “joven, siervo”⁷⁹, mientras que Schmoll lo comparó con el antropónimo femenino leponcio *uasekia* (PID 306), de Ornavasso, en Val d'Ossola⁸⁰. Blázquez⁸¹, en su estudio sobre las religiones primitivas de Hispania, considera *Vasecus* un teónimo de un dios de carácter “especialmente bienhechor”⁸², interpretación seguida por otros autores⁸³.

Encarnação⁸⁴, publicó la primera fotografía de la inscripción con sus dimensiones y la atribuyó “a uma divindade indígena verosimilmente chamada *Vasecus*”, interpretación que mantuvo años después

⁶⁹ ENCARNÇÃO, 1975, p. 296 s.

⁷⁰ RIBEIRO, 1989, p. 125 s.

⁷¹ HÜBNER, 1869, *CIL* II, 363.

⁷² HÜBNER, 1871, p. 57.

⁷³ HÜBNER, 1869, p. 1126, VIII, col. 2.

⁷⁴ STEUDING, 1884-1886.

⁷⁵ VASCONCELOS, 1905, p. 313 s.

⁷⁶ HOLDER, 1907, III, col. 116.

⁷⁷ TOUTAIN, 1920, III, p. 125, 162 E 166

⁷⁸ KEUNE, 1924-1937, s.v.

⁷⁹ HEICHELHEIM, 1955.

⁸⁰ SCHMOLL, 1959, p. 56.

⁸¹ BLÁZQUEZ, 1962, p. 113.

⁸² BLÁZQUEZ, 1975, p. 182, COL. 1; *ID.*, 1986, p. 253.

⁸³ VIVES, 1971; MANGAS, 1978.

⁸⁴ ENCARNÇÃO, 1987.

matizando su escepticismo inicial⁸⁵. Posteriormente, Alarcão⁸⁶, al recoger el teónimo, planteó que “os teónimos únicos correspondem a *genii loci* ou muitos deles não serão, afinal, simples epítetos de divindades nacionais ou regionais”, es decir, de la divinidad o *numen* protector del territorio y patrono de sus gentes⁸⁷, idea muy acertada que fue aceptada sin reservas por Ribeiro⁸⁸.

J. Cardim Ribeiro publicó en 1989 un exhaustivo trabajo en *Conimbriga* dedicado a este árula. En él recoge la historiografía de la inscripción y ofrece su lectura, transcripción y traducción, que aquí se siguen, así como sus características paleográficas, las variantes de lectura y el estudio de sus características epigráficas. Los datos obtenidos del estudio de la inscripción y la aparición tardía del antropónimo *Marinianus* le llevaron a datar el epígrafe hacia el siglo III o más bien IV d.C.⁸⁹, como confirmaría su pertenencia a un taller de pequeñas árulas identificado en Conimbriga.⁹⁰

Más problemática es la interpretación del teónimo. Ribeiro, sin recoger la opinión de Schmoll⁹¹, que lo relacionó con el antropónimo leponcio femenino *uasekia* (PID 306), lo puso en relación con el topónimo Viseu y supuso una evolución **Vaseo* > **Vaseo/Veseo* > *Viseo* > *Viseu*, basada en una referencia al *Vasencis episcopus* recogida en las actas del VI Concilio de Toledo del año 638⁹². También señaló el carácter del sufijo *-ecus/-egus* < *-aecus/-aegus*⁹³ y recoge la interesante idea de Albertos Firmat de relacionar dicho sufijo con divinidades de antiguos “clanes”⁹⁴, tan adecuada a las características del teónimo como *numen loci* protector de los habitantes del lugar como advirtió posteriormente Alarcão⁹⁵.

Ribeiro, al analizar la posible etimología del teónimo, recoge diversas posibilidades⁹⁶. La primera es que proceda del IE **ues-*, “humedecer”, “mojado”⁹⁷, que podría relacionarse con *Vasio*, nombre del *numen* o divinidad de la fuente Ouvàze, en la Gallia Narbonense⁹⁸. Otra etimología posible sería relacionarla con el IE **ues-*, “brillar, lucir” antes de amanecer⁹⁹, por lo que sería “un ente divino de cariz astral, porventura ligado a la aurora”. Finalmente, se inclina por relacionar *Vasecus* con el IE **uesu*, “bueno”¹⁰⁰, raíz atestiguada en numerosos antropónimos hispánicos, como *Vesadioci*, *Vesucloti*, *Visadus*, *Visad[ia]quini*, *Visala*, *Visali*, *Visalia*, *Viscunos*, *Viscunosini*, *Viseradin*, *Vismaro*, etc.¹⁰¹, por lo que, como ya había indicado Blázquez¹⁰², *Vasegus* sería el epíteto de una divinidad bienhechora.

En fechas posteriores Olivares incluyó *Vasecus* como un epíteto masculino de un teónimo omitido¹⁰³ y más recientemente Prosper señala la presencia del sufijo lusitano **-aiko-*¹⁰⁴, hecho ya advertido desde

⁸⁵ ENCARNÇÃO, 1989, p. 114.

⁸⁶ ALARCÃO, 1988a, p. 98, n.º 3/166; *id.*, 1988b, p. 158 y 218.

⁸⁷ ALMACRO-GORBEA Y LORRIO, 2011.

⁸⁸ RIBEIRO, 1989, p. 132.

⁸⁹ RIBEIRO, 1989, p. 140 s.

⁹⁰ ÉTIENNE Y FABRE, 1976, n.º 2, 4, 6, etc.; GARCIA, 1987; RIBEIRO, 1989, p. 144 s.

⁹¹ SCHMOLL, 1959, p. 56.

⁹² VIVES, 1963, 1363, p. 248, col. 2; TOVAR, 1976, p. 256.

⁹³ UNTERMANN, 1985, p. 348, § 3.4 y n. 17.

⁹⁴ ALBERTOS FIRMAT, 1975a, p. 62.

⁹⁵ ALARCÃO, 1988a, p. 98, n.º 3/166; *id.*, 1988b, p. 158 y 218.

⁹⁶ RIBEIRO, 1989, p. 138 s.

⁹⁷ POKORNY, 1959, I, p. 1471 y 1172.

⁹⁸ HOLDER, 1907, III, col. 118.

⁹⁹ POKORNY, 1959, I, p. 86 y 1173.

¹⁰⁰ POKORNY, 1959, I, p. 1174.

¹⁰¹ ALBERTOS FIRMAT, 1966, p. 248, 252 e 253; *id.*, 1972, p. 317; ABASCAL, 1994, p. 543, 547; VALLEJO, 2005, *passim*.

¹⁰² BLÁZQUEZ, 1962, p. 113.

¹⁰³ OLIVARES, 2002, p. 49.

¹⁰⁴ PRÓSPER, 2002, p. 344.

Leite de Vasconcellos, con la tendencia del lusitano a monoptongación en *-eko*¹⁰⁵, pero niega la relación de *Vaseco* con el IE **wesu-* “bueno” y con el teónimo galo *Vosego* (CIL XIII, 6059, 6080). En su opinión, este teónimo pudiera derivar del celta **upo-segho-*, pero finalmente se inclina, tras diversas posibles y discutidas interpretaciones, por relacionarlo con el epíteto del dios *Coso Vacoaico* de Viseu¹⁰⁶, relacionado a su vez con el étnico *Domo Vacoeci* de Santa María de Trives, Orense, derivado de **waku-áiko-*, por lo que *Vasecus* procedería de un hidrónimo **waku-yaiko-*. Por ello, sería comparable a otros hidrónimos atestiguados como epítetos divinos en la epigrafía lusitano-romana, como *Coso Oenaco*, de **ei-no/*oi-no*, derivada del IE **ei* “correr”, que ha producido numerosos hidrónimos en indoeuropeo¹⁰⁷, *Bandi Oilienico*, de **oilo > eil*, “depresión del terreno de forma acanalada” en noruego dialectal¹⁰⁸, *Coso Esoaeco*, relacionado con el río *Esba* o *Esva*, del Alteuropäisch **eis-wā > *eisw-aiko-*, de la raíz **eis*, “moverse con rapidez o violencia”¹⁰⁹.

En resumen, se trata de un ara de gran interés, que testimonio un dios de origen lusitano, *Vasecus*, al que se rinde culto en una fecha tan tardía como el siglo IV d.C., por lo que no queda alejada de las “supersticiones lusitanas” documentadas por el obispo Martín de Braga en el siglo VI¹¹⁰. Su etimología resulta discutida, pero sin duda era una divinidad protectora y patrona de un pequeño territorio y de sus gentes como *genius loci*, como observó con acierto Alarcão¹¹¹, pues estos númenes protectores constituían un elemento esencial de la estructura religiosa y de la cosmovisión del mundo lusitano¹¹². De aquí la importancia de esta pequeña árula de la Academia das Ciências de Lisboa.

7. Lucerna romana de disco (Fig. 9)

Dimensiones: Longitud máxima: 110 mm; Diámetro: 76 mm; Altura total: 65 mm.

Descripción: Lucerna de disco hecha a molde. Es de arcilla relativamente compacta de color pardo-rojizo claro. Ofrece el cuerpo circular de perfil troncocónico relativamente panzudo y profundo, con un hombro u orla ancha y convexa inclinada hacia el exterior y una gruesa moldura que marca el borde del disco circular, cóncavo y con una gruesa perforación central de 20 mm de diámetro para alimentar el aceite. El hombro aparece decorado con perlitas en relieve, poco resaltadas por estar el molde bastante gastado, organizadas en cuatro filas ordenadas. El pico, con un amplio agujero para la mecha, es redondeado y apenas sobresale del cuerpo, al que queda unido de forma suave, mientras que en el lado opuesto ofrece una sencilla asa de orejeta vertical bastante elevada, cuya perforación no se ha llegado a terminar. La base es un simple reborde de forma circular, sin que ofrezca marca ni señal alguna en su interior.

Comentario y paralelos: Las lucernas o lámparas romanas eran uno de los productos cerámicos más frecuentes y populares en el mundo romano por su uso habitual y han pasado a ser uno de los objetos más apreciados por los coleccionistas, por lo que suelen ser objetos habituales en todas las colecciones anticuarias.

¹⁰⁵ PRÓSPER, 2002, p. 231, N. 5.

¹⁰⁶ PRÓSPER, 2002, p. 230 s.

¹⁰⁷ PRÓSPER, 2002, p. 227.

¹⁰⁸ PRÓSPER, 2002, p. 227, 263.

¹⁰⁹ POKORNÝ, 1959, p. 299-300; PRÓSPER 2002, p. 229.

¹¹⁰ MACIEL, 1980; NALDINI, ED., 2015.

¹¹¹ ALARCÃO, 1988a, p. 98, n.º 3/166; *ID.*, 1988b, p. 158 y 218.

¹¹² ALMAGRO-GORBEA Y LORRIO, 2011, p. 164 s.



Figura 9. Lucerna romana de disco de tipo Dressel-Lamboglia 30B.

representa la evolución final de las lucernas de disco de Dressel¹²⁴, cuya cronología precisó Lamboglia al observar la variación en la forma de insertarse el pico¹²⁵, un elemento clave en su evolución tipológica, junto a su altura y la forma del asa. En este aspecto, este ejemplar de la Academia das Ciências puede incluirse en el tipo 30B¹²⁶, pues ya no ofrece delimitación entre pico y disco, lo que indica su carácter avanzado.

Valoradas y recogidas desde los primeros coleccionistas de antigüedades, su clasificación tipológica puede considerarse iniciada por H. Dressel en el volumen XV del *Corpus Inscriptionum Latinarum* al recoger las marcas existentes en las lucernas¹¹³. Los trabajos dedicados a dar a conocer las lámparas romanas en colecciones y yacimientos se cuentan por cientos, pero cabe destacar los de H. B. Walters sobre las lámparas del British Museum¹¹⁴, recientemente reestudiadas por D. M. Bailey¹¹⁵, los de S. Loeschcke sobre los hallazgos de *Vindonissa*¹¹⁶, el gran *corpus* de las lucernas de Hungría reunido por D. Ivanyi¹¹⁷, los trabajos de N. Lamboglia para precisar su cronología en *Albentimilum*¹¹⁸ y el *corpus* de las de Cartago¹¹⁹ realizado por J. Deneauve con una tipología actualizada y generalmente utilizada, etc. Este contexto permite valorar las dos lucernas romanas de la Academia das Ciências de Lisboa.

Esta lucerna, por sus características, es de disco, y debe incluirse en el tipo Dressel-Lamboglia 30B, Loeschcke VIIIA, Ivanyi XI; Broneer 28; Palol 12-A; Bailey R; Leibundgut XXXV, Deneauve XIA, Alarcão y da Ponte B-II, Moreno Jiménez 30¹²⁰ y Rodríguez Marín VI-6¹²¹.

Su decoración de perlitas (*Warzenlampen*) era característica del tipo Dressel 2 de época republicana¹²², pero esta decoración renace a partir de los Severos y perdura hasta el siglo IV-V, como se documenta en *Conimbriga*¹²³. El tipo Dressel-Lamboglia 30B, al que pertenece este ejemplar,

¹¹³ DRESSEL, 1899, lám. III.

¹¹⁴ WALTERS, 1914.

¹¹⁵ BAILEY, 1975; *ID.*, 1980; *ID.*, 1988.

¹¹⁶ LOESCHCKE, 1919.

¹¹⁷ IVANYI, 1935.

¹¹⁸ LAMBOGLIA, 1949; LAMBOGLIA Y BELTRÁN, 1952.

¹¹⁹ DENEAUVE, 1969.

¹²⁰ MORILLO, 2015, p. 369 s., fig. 21.

¹²¹ RODRÍGUEZ MARÍN, 2005, p. 125.

¹²² DRESSEL, 1899, lám. 3.

¹²³ ALARCÃO Y DA PONTE, 1976, p. 141, n.º 64 y 66.

¹²⁴ DRESSEL, 1899, lám III, n.º 30.

¹²⁵ LAMBOGLIA, 1946; LAMBOGLIA Y BELTRÁN, 1952.

¹²⁶ LAMBOGLIA-BELTRÁN, 1952.

Estas lámparas se han fechado desde época severiana, a fines del siglo II o inicios del III, hasta el siglo V d.C.¹²⁷, pero su uso parece extenderse en especial de mediados del siglo III a inicios del IV¹²⁸. Deneauve las fecha desde finales del siglo III al siglo IV d.C. y Bailey las data hasta inicios del siglo V d.C.¹²⁹, mientras que Szentleky, Provoost, Leibundgut, Alarcão y da Ponte y Morillo las sitúan en los siglos III-IV d.C.¹³⁰ Aunque su evolución tipológica también dependía de cada taller, la evolución de la forma del pico y del asa, del grosor del cuerpo y la degeneración de la decoración de perlitas, cada vez más pequeñas y con su distribución más descuidada, hacen que este ejemplar no deba considerarse de cronología muy avanzada dentro de su tipo¹³¹, aunque esta variante todavía no aparece en los niveles anteriores a la crisis del siglo III d.C., lo que lleva a datarlo hacia finales de ese siglo III, mejor que en el IV d.C., pero, en todo caso, este ejemplar de la Academia das Ciências es muy semejante a dos de las que forman parte de la colección anticuaria del *Gabinete de Numismática e Antiguidades* de la Biblioteca Nacional de Portugal, con gran probabilidad procedentes de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*¹³², aunque más evolucionado que las dos lucernas de este mismo tipo conservadas en la Real Academia de la Historia de Madrid¹³³.

Las lucernas de tipo Dressel-Lamboglia 30B están bien representadas en el Occidente del Imperio Romano, desde el Centro de Italia, zona que se considera la originaria, al Norte de África¹³⁴, Hispania y el sur de las Galias, aunque también llegaron a Grecia¹³⁵. En la antigua Lusitania están documentadas, por ejemplo, en *Conimbriga*¹³⁶ y en *Augusta Emerita* con numerosos ejemplares¹³⁷, como también son bastante frecuentes en la Bética¹³⁸ y en otras partes de *Hispania*¹³⁹. Todo ello, así como los paralelos citados de la Biblioteca Nacional de Portugal, apunta a que debe tratarse de un hallazgo local, procedente de algún yacimiento de la Lusitania meridional, probablemente del Alentejo, como la mayoría de los restantes objetos que forman esta colección y varios de los conservados en la Biblioteca Nacional de Portugal.

8. Lucerna romana de disco falsa? (Fig. 10)

Dimensiones: Longitud máxima: 106 mm; diámetro del disco: 85 mm; altura del cuerpo: 41 mm.

Descripción: Lucerna de disco hecha con una arcilla de color claro y de características extrañas, pues no parece ser de la arcilla habitual de las lucernas.

Su cuerpo es circular con la forma y perfil de neumático poco profundo y con un extraño hombro convexo que acaba en un reborde alzado casi vertical, que lo separa del disco circular, plano y un pequeño relieve longitudinal que es el arranque roto de una especie de orejeta, junto a la cual se abre en el centro un pequeño orificio para el aceite de 4 mm de diámetro. Toda la pieza, en especial el disco, aparece muy retocada, como si hubiera sido muy restaurada.

¹²⁷ LEIBUNDGUT, 1977, p. 53; MORENO JIMÉNEZ, 1991, p. 159 s.; RODRÍGUEZ MARÍN, 2005, p. 125; MORILLO, 2015, p. 370.

¹²⁸ BAILEY, 1980, p. 378 s.

¹²⁹ BAILEY, 1980, p. 378-379.

¹³⁰ SZENTLEKY, 1969, p. 96; PROVOOST, 1976, p. 44-45; LEIBUNDGUT, 1977, p. 53; ALARCÃO Y DA PONTE, 1976, p. 99; MORILLO, 1999, p. 123.

¹³¹ MORENO JIMÉNEZ, 1991, p. 160.

¹³² ALARCÃO Y DELGADO, 1969, p. 73, n.º 87 y 88.

¹³³ RODRÍGUEZ MARÍN, 2005, p. 125 s., n.º 59-60.

¹³⁴ PONSICH, 1961; DENEAUVE, 1969.

¹³⁵ BRONEER, 1930; MORENO JIMÉNEZ, 1991, p. 159 s.; MORILLO, 1999, p. 122 s.; ID., 2015, p. 370.

¹³⁶ BELCHIOR, 1969, lám. XIII, n.º 3 y 5.

¹³⁷ RODRÍGUEZ MARÍN, 2002, p. 142, fig. XV, n.º 215 y XVI, n.º 220.

¹³⁸ MORENO JIMÉNEZ, 1991, lám. 364-388; FERNÁNDEZ GÓMEZ Y FERNÁNDEZ HURTADO, 1991, p. 42.

¹³⁹ AMANTE SÁNCHEZ, 1993, p. 116, n.º 103; etc.



Figura 10. Lucerna romana de disco hecha en el siglo XVIII.

El pico también resulta extraño, pues ofrece un amplio agujero para la mecha casi circular con un reborde que se eleva hacia arriba, mientras que en el lado opuesto ofrece un asa anular perforada que se eleva por encima del hombro.

La base es circular, muy ancha y totalmente plana, sin el reborde característico que suelen ofrecer las lucernas.

Comentario y paralelos: Esta lucerna parece ser una lucerna de disco de tipo Loeschcke VIII, pero todas sus características formales son anómalas, lo mismo que su pasta. Estas características obligan a considerarla una falsificación, que hoy consideraríamos bastante burda. En este sentido, es interesante asociarla a otras dos lámparas muy similares que conserva el *Gabinete de Numismática e Antiguidades* de la Biblioteca Nacional de Portugal, muy probablemente procedentes de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*¹⁴⁰.

Las características que ofrecen estas tres lucernas resultan más bien propias de una invención, ya que no imitan ningún tipo original de lámpara romana en concreto. Este hecho hace suponer, en cualquier caso, que se trata de lucernas falsas, que han debido hacerse antes de que se generalizara el conocimiento de la tipología de las lucernas romanas tras la publicación por Dressel del volumen XV del *Corpus Inscriptionum Latinarum*¹⁴¹, perfeccionado por Loeschcke en el catálogo de las lámparas romanas de *Vindonissa*¹⁴².

Sin poder ser concluyentes en este aspecto, todo inclina a suponer que es una falsificación anticuaria, que cabría relacionar con otras piezas de la colección (*vid. infra*), lo que inclina a datarla hacia el siglo XVIII, sin poder ser más concluyentes en este aspecto.

9. *Signaculum* de bronce falso (Fig. 11)

Dimensiones: Longitud máxima: 50 mm. Anchura máxima: 19 mm.

Descripción: Sello de bronce en forma de placa rectangular fundida a la cera perdida. Ofrece por su lado principal una cartela rectangular con las letras de la inscripción en relieve y por su parte posterior una anilla circular de sección igualmente circular. Las letras quedan rodeadas de una línea igualmente en relieve que enmarca la inscripción, de lectura espejular, de derecha a izquierda, para que, una vez impreso el sello, éste se pudiera leer correctamente.

¹⁴⁰ ALARCÃO Y DELGADO, 1969, p. 73, n.º 85 (de 103x85x41,5 mm) y n.º 86 (de 103x85x43 mm).

¹⁴¹ DRESSEL, 1899.

¹⁴² LOESCHCKE, 1919.

La lectura, en dos líneas, es la siguiente: C·MARIVS. Debajo: M·AQVLI· (sic). En el extremo derecho, en vertical y hacia arriba: COSS.

Carece de procedencia.

Comentario: Este sello es un *signaculum* de bronce falso, que pretende ser el de los cónsules romanos C. Mario y Man. Aquilio.

C. Mario fue uno de los mejores militares de Roma y es una de las máximas figuras de la tarda República Romana¹⁴³, pues obtuvo el consulado hasta siete veces entre el 107 y el 100 a.C., lo que no llegó a lograr nadie antes del Imperio. A su vez, Manio Aquilio era miembro de la antigua *gens Aquillia* y fue compañero de Mario en el V consulado de éste, formado por C(aius) Marius y Mannius Aquillius el año 653 *ab Urbe condita*, que equivale al 101 a.C.¹⁴⁴, 12 años antes de su muerte, que se produjo el 88 a.C.

La falsedad de la pieza resulta evidente. Al margen de su aspecto, prácticamente nuevo y nunca usado, basta señalar que este tipo de *signaculum* es un objeto de época imperial y que las características paleográficas de las letras tampoco se adecuan a la época republicana a la que pertenecería según la inscripción, como también son erróneos el nombre *Aquili(us)* por *Aquillius* y la abreviación del *praenomen*, *M(arcus)*, por *Mannius*. Todos estos detalles hacen suponer que la persona que falsificó este objeto pretendería atribuirlo a los citados cónsules, pero su obra evidencia poco conocimiento histórico y muy escasos de Epigrafía y de Latín.

A juzgar por estos indicios, todo hace pensar que estos *signacula* son interesantes falsificaciones epigráficas del siglo XVIII, habituales en gabinetes y colecciones de la época¹⁴⁵, en los que estos sellos eran muy apreciados¹⁴⁶, aunque, en algunas ocasiones incluían falsificaciones más o menos burdas¹⁴⁷, como ocurre en este caso, aunque no dejan de tener su interés, ya que atestiguan el valor de las inscripciones en estos inicios del coleccionismo.

10. *Signaculum* de bronce falso (Fig. 12)

Dimensiones: Longitud máxima: 76 mm. Anchura máxima: 28 mm.

Descripción: Sello con forma de plaquita de bronce de forma rectangular fundido a la cera perdida. Ofrece por su lado principal una cartela con las letras de la inscripción en relieve y por su parte posterior una anilla circular de sección igualmente circular.



Figura 11. *Signaculum* de bronce romano falso de los cónsules C. Marius y Man. Aquillius.

¹⁴³ VAN OOTEGHEM, 1964; CARNEY, 1970; EVANS, 1995.

¹⁴⁴ HÜLSEN ET AL., 1893, p. 152: *Mario V et Aquillio*.

¹⁴⁵ ALMAGRO-GORBEA, 2011; ABASCAL Y GIMENO, 2000: 276 s.

¹⁴⁶ CASTELLANO, GIMENO Y STYLOW, 1999, p. 59 s.

¹⁴⁷ ALMAGRO-GORBEA, 2003, p. 223 s.



Figura 12. *Signaculum* de bronce romano falso de Cn. Plancius.

Las letras quedan rodeadas, como en el caso anterior, por una línea igualmente en relieve que enmarca la inscripción. Ésta presenta una lectura especular, de derecha a izquierda, para que una vez impreso el sello éste se pudiera leer correctamente.

La lectura, en dos líneas, es la siguiente: [CN: PLANC: Debajo: AED: CVR]. Es curioso señalar que los signos primero y el último, que parecen una C y una C inversa, ofrecen una extraña forma geométrica, como si se quisieran representar dos corchetes: [Cn(eus). Planc(ius):Aed(ilis):Cur(ulis)]

Carece de procedencia.

Comentario: Este sello, como el anterior, es un *signaculum* de bronce falso, que pretende haber pertenecido a Cn. Plancio, un *homo novus* que fue un importante personaje del final de la República Romana.

Su vida es relativamente bien conocida gracias a las noticias transmitidas por su amigo Cicerón¹⁴⁸. Fue edil en Roma el 55 a.C. y acuñó ese año un

denario a su nombre *ex senatu consulto* con el busto de *Diana Planciana* o de *Macedonia* a derecha, con la leyenda CN-PLANCIVS AED-CVR-S-C¹⁴⁹, moneda en la que probablemente debió haberse inspirado el falsario de este *signaculum*.

Cn. Plancio había servido el 69 a.C. con Aulo Torquato en Africa (Cic. *Planc.* 27), después luchó con Metelo contra los piratas en Creta el año 67 y el 61 a.C. militó a las órdenes de Antonio, en Macedonia, donde fue nombrado cuestor el 58 a.C. y donde trabó amistad con Cicerón, al que tuvo bajo su protección (Cic. *Planc.* 98). Fue elegido tribuno de la plebe al año siguiente, el 57-56 a.C., y edil curul el año 55. Acusado de soborno en las elecciones edilicias del 54 a.C., fue defendido por Cicerón, que logró su absolución gracias a un famoso discurso, *Pro Plancio*, que se ha conservado¹⁵⁰ y todavía hay noticias suyas en algunas cartas familiares de Cicerón dirigidas a él y a César (Cic. *Fam.* 4,14-15; 13,16)

La relevancia del personaje por su relación con Cicerón y la amplia circulación de sus denarios pudieran explicar de dónde surgió la idea de falsificar un *signaculum* con su nombre y su cargo, que cabe considerar, como en el ejemplar anterior, una burda falsificación.

Por sus características, este sello, como el anterior, deben atribuirse al siglo XVIII, cuando este tipo de falsificaciones se hicieron frecuentes para satisfacer afanes coleccionistas¹⁵¹, lo que permite relacionar estos sellos con lo dicho a propósito de los ídolos falsos analizados a continuación (n.º 11 y 12) y, muy posiblemente también, con la lámpara n.º 8 y sus paralelos de la Biblioteca Nacional.

¹⁴⁸ PETERSSON, 1963, p. 315 s., 671 s.

¹⁴⁹ CRAWFORD, 1974, n.º 432-1.

¹⁵⁰ WATTS 1989; GASOW, 2015.

¹⁵¹ ALMAGRO-GORBEA, 2003, p. 223 s.

Un ejemplo del aprecio que despertaban estas piezas y que explica estas falsificaciones lo ilustra la *Dactylothea* del Duque de Medinaceli, que contenía 15 sellos que publicó Maffei en 1749 y que se suponen que procedían de la colección de su antepasado, el I Duque de Alcalá, quien las habría reunido durante su estancia como Virrey de Nápoles entre 1558 y 1571. Esta colección, incrementada por sus herederos, acabó por pasar al Museo Arqueológico Nacional de Madrid tras ser adquirida para la Biblioteca Real¹⁵². En efecto, también la Real Biblioteca fundada por Felipe V de España en 1711 formó un Gabinete para el que se adquirieron sellos de este tipo, entre otros los citados del Duque de Medinaceli y, tras la fundación del Museo Arqueológico Nacional en el siglo XIX, otro importante conjunto de 15 sellos se adquirió con la Colección del Marqués de Salamanca en 1874¹⁵³, pues este tipo de piezas siempre han sido muy apreciadas por los coleccionistas y otros diversos recogió E. Hübner en el *Corpus Inscriptionum Latinarum* (vid. *infra*).

11. Idolo de terracota falso (Fig. 13)

Dimensiones: Altura máxima: 169 mm. Anchura máxima: 62 mm. Grosor: 15 mm.

Descripción: Figura de terracota en forma de cuerpo humano cubierta de una pátina de color grisáceo, pero con cierto aspecto momiforme, pues parece lejanamente inspirada en *ushebtis* o, más bien, en alguna escultura osiríaca.

Ofrece una cabeza de aspecto animal, con dos ojos amigdaloides horizontales y las fosas nasales y la boca señaladas, pero su rasgo más característico son un morro curvado, dos grandes orejas y unos cuernos curvos hacia atrás que le dan aspecto caprino, lo que indica que pretende representar un ser mítico zoomorfo, muy probablemente con formas de macho cabrío. El resto del cuerpo momiforme queda oculto. La parte trapezoidal que corresponde a los hombros está inclinada y, a continuación, la parte del pecho hasta la cintura es rectangular y casi cuadrada. La zona de las piernas es algo más estrecha y queda enmarcada por dos molduras verticales de sección semicircular, que llegan hasta una pequeña plataforma rectangular sobre la que reposan los pies. Éstos aparecen apoyados sobre una pequeña plataforma por debajo de la “túnica” y están hendidos, seguramente para reforzar su aspecto caprino. Tras una pequeña moldura en forma de tosco cuarto de bocel, un pequeño plinto paralelepípedo sirve de basamento a la figura.

Por su parte posterior, la figura es mucho más simple y casi totalmente lisa, aunque leves



Figura 13. Idolo de terracota falso en forma de divinidad caprina.

¹⁵² CASTELLANO ET AL., 1999, p. 60.

¹⁵³ CASTELLANO ET AL., 1999, p. 61.

estrechamientos permiten distinguir la parte triangular de la cabeza con cuatro líneas horizontales en el centro, la espalda cuadrada y la parte inferior que corresponde a las piernas sobre la doble plataforma sobre la que se sustenta la figura. Sobre la espalda aparece grabada una A incisa que raya la falsa pátina que cubre la superficie.

Toda la superficie delantera de la figura aparece cubierta con una inscripción en caracteres griegos, que se distribuye por las distintas partes del cuerpo. A ambos lados de la cabeza ΓΛ – ΑΡ // ΠΕ – ΔΟ. Sobre el cuerpo: ΘΙΑΧΔΡ // ΜΥΓΟ // ΠΕΣΟΓΡ // ΟΝΣΔΕ. En la parte de las piernas: ΑΓΔΟ // ΝΕΓΡ // ΥΤΛΟΛ // ΟΝΕ. La inscripción resulta ilegible, pero parece emplear algunos signos griegos de época imperial avanzada, como la Σ en forma de una C y la Α en forma de Λ.

Comentario: Las características técnicas, iconográficas y epigráficas de este supuesto ídolo indican, sin lugar a dudas, que se trata de una falsificación, hecho corroborado por la existencia de otras dos figuras muy similares, pero de peor factura y peor conservadas, en el Gabinete de Numismática e Antigüedades de la Biblioteca Nacional de Portugal, muy probablemente procedentes de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*¹⁵⁴.

Su estructura momiforme excluye que se inspirara en una divinidad clásica como el dios Pan o los sátiros, igualmente concebidos con cuerpo humano y cuernos y patas de macho cabrío¹⁵⁵. La alternativa es suponer que su modelo haya sido alguna divinidad egipcia de cabeza zoomorfa a través de publicaciones del siglo XVIII¹⁵⁶, a lo que el falsificador añadió con su fantasía la estructura humanoide con rasgos zoomorfos caprinos, en especial cuernos y pezuñas. Estos detalles son característicos de la imagen popular del diablo y demás seres infernales con “pé de cabra”, bien conocidos en el folklore de Portugal¹⁵⁷, pues todavía se conservan leyendas de seres de este tipo, como la de Dona Chama en el castro de São Brás, en Torre de Dona Chama, Mirandela¹⁵⁸. Tradiciones similares existían en España, como la diosa Mari del País Vasco, según recoge en el siglo XIV Pedro Alfonso de Portugal, Conde de Barcellos, en su *Libro das Linhagens*¹⁵⁹ y también Francisco de Goya representa al diablo como macho cabrío en su *Aquelarre*¹⁶⁰, pintado en 1798, en fechas muy próximas a cuando se debieron fabricar estos idolillos, por lo que refleja la misma tradición mítica, considerada melusiana, aunque más bien pudiera proceder del substrato local prerromano.

La identificación del macho cabrío con el diablo y con divinidades infernales debe proceder de una tradición cristiana que se remonta a la Biblia. En efecto, en el *Levítico* (17,7) y en el libro 2 de las *Crónicas* (11,15) se ofrendan sacrificios a un ser que en la Vulgata latina es traducido como “los demonios”, aunque la traducción literal del término hebreo utilizado, *se’irim*, sería “[*numina* o dioses (o demonios)] velludos con forma de macho cabrío”. Esta divinidad capriforme, que es el máximo ejemplo de idolatría, podría relacionarse, a su vez, con un dios caprino del Bajo Egipto del que da noticia Herodoto (II,46). Esta divinidad bíblica de posible origen egipcio se convirtió en el demonio *Azazel*¹⁶¹, “el chivo expiatorio” de la Biblia (*Lev.* 16,8-10), considerado el “Ángel Caído”, representado desde la Edad Media con cuernos y

¹⁵⁴ ALMAGRO-GORBEA, 2020, p. 27 s., n.º 2 y 3.

¹⁵⁵ RÖSCHER, 1965; WERNICKE, 1965; BORGEAUD, 1979; BOARDMAN, 1997.

¹⁵⁶ CAYLUS, 1752, tomo V, lám. I, II, V, VI, etc.; De Nell, 1820, lám. II, fig. 397.

¹⁵⁷ HERCULANO, 1843; reed. 2012.

¹⁵⁸ Leyenda recogida personalmente en el castro de San Bras, en Torre de Dona Chama, Mirandela (M. Almagro Gorbea, 2016).

¹⁵⁹ MACHADO, 2011; ALMAGRO-GORBEA, 2013, p. 439, §10.

¹⁶⁰ GUARDIA, 1981.

¹⁶¹ LONGMAN III Y GARLAND, EDS., 2008, p. 721, *Azazel* (*Lev.* 16,11-14).

patas de macho cabrío. Esta figura atrajo interés en el siglo XVIII y a ella se dedicaron estudios¹⁶², de donde pudo tomarse la idea de representar con atributos caprinos a una supuesta divinidad local prerromana, probablemente para indicar su pertenencia al ámbito infernal, al mismo tiempo que con este documento se reforzaba la idea de conexiones con el mundo bíblico tan cara a Manuel de Cenáculo¹⁶³.

Se trata por tanto de una falsificación de tipo anticuario, cuyo estilo permite datarla en el siglo XVIII. Además, esta figura y la siguiente de la *Academia das Ciências*, ofrecen notable similitudes con otras figuras igualmente falsas, alguna de ellas de aspecto igualmente momiforme, dos de ellas similares (*vid. supra*), conservadas en el *Gabinete de Numismática e Antiguidades* de la Biblioteca Nacional de Portugal, sin duda procedentes de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*, que habían permanecido inéditas hasta la actualidad¹⁶⁴. De varias de estas figuras la Real Academia de la Historia de Madrid conserva los dibujos hechos por José de Cornide¹⁶⁵, durante su viaje a Portugal de 1798 a 1801¹⁶⁶, lo que asegura que se trata de falsificaciones de la segunda mitad del siglo XVIII (*vid. infra*).

12. Idolo de terracota falso (Fig. 14)

Dimensiones: Altura conservada: 172 mm. Anchura máxima: 62 mm. grosor: 16 mm.

Descripción: Figura de terracota cubierta de una pátina de color grisáceo como en el caso anterior. Ofrece una forma humana femenina, aunque ha perdido la cabeza por rotura. Su estructura ofrece notables similitudes con la figura anterior, lo que permite presumir que sean obra del mismo falsario.

La figura, estante, se apoya en dos columnas laterales. Éstas son de forma extraña, pues su parte inferior tiene una base cúbica de la que surgen una especie de sépalos y el fuste de la columna, rematado en su parte superior en un capitel con forma paralelepípeda muy plana sobre el que se apoyan las manos del personaje representado.

Todo el cuerpo aparece cubierto por una vestimenta compleja y elaborada. La parte del cuerpo es rectangular, casi cuadrada y acaba en una fina incisión a modo de cinturón que la separa de otra parte inferior, que finaliza en forma curva. La zona de las piernas es igualmente más estrecha, como en la figura anterior, pues queda flanqueada por las dos columnas laterales, sobre cuya parte superior se apoyan las manos del personaje representado.

Esa parte de las piernas aparece cubierta por la prolongación de la túnica, bajo la que se observa una forma triangular estriada que parece



Figura 14. Idolo de terracota falso en forma de divinidad femenina.

¹⁶² WINCKLERO, 1736, p. VII s.

¹⁶³ PATROCINIO, 2006, p. 21; ID, 2007-2008, p. 100.

¹⁶⁴ ALMAGRO-GORBEA, 2020, n.º 2 y 3.

¹⁶⁵ ALMAGRO-GORBEA, 2003, p. 349 s, n.º F-147,A y F-148,A.

¹⁶⁶ ABASCAL Y CEBRIÁN, 2009.

representar una tela plisada, que contrasta con el resto de la superficie, que queda lisa y libre para la inscripción. Por debajo del borde inferior de la túnica aparecen dos pies de tipo humano con sus dedos señalados, que se apoyan sobre un pequeño plinto rectangular que sirve de soporte a toda la figura.

Por su parte posterior la figura es mucho más simple y totalmente lisa, aunque se distinguen las distintas partes de su cuerpo. La espalda ofrece en su centro un pequeño recuadro cuadrangular, apenas perceptible, con dos incisiones laterales que son la prolongación de la línea del cinturón de la cara delantera. La parte inferior es de forma perfectamente rectangular y destaca entre las columnas laterales y el plinto bajo sobre el que se apoya la figura.

Toda la superficie delantera del personaje aparece cubierta con una inscripción en caracteres inventados que se distribuye por las distintas partes del cuerpo. Su distribución parece hasta cierto punto ordenada, pues la parte del tronco ofrece 24 signos en tres líneas con 8 signos cada una, bajo la línea de la cintura aparecen otros 8 signos y en la parte inferior hay otros 24 signos, que, en las dos primeras líneas, aparecen como cubiertos por la tela estriada.

Comentario: Como en el caso anterior, se trata de una falsificación, tal como indican las características técnicas, iconográficas y epigráficas de este supuesto ídolo.

Su forma femenina parece haberse inspirado lejanamente en alguna escultura clásica, pero los detalles reflejan la fantasía de su autor. Su mejor paralelo, que pudiera ser incluso el prototipo, es una figura muy similar que se conservaba inédita en la Biblioteca Nacional de Lisboa (Inv. n.º 189), además de otras piezas semejantes, algo menores y de peor estilo y factura, de esa misma colección y del Museo Soares dos Reis de Porto¹⁶⁷. Estas figuras femeninas parecen representar una divinidad, que pudiera haberse inspirado, muy lejanamente, en alguna escultura clásica con forma xoánica¹⁶⁸. Muestra un vestido con velo que ofrece una prolongación triangular en la parte posterior, detalle ausente en la figura de la Academia das Ciências y en las restantes piezas.

El aspecto que ofrece mayor interés son los caracteres inventados de su inscripción. Éstos, sin duda, se han inspirados en las inscripciones tartesias, por lo que tanto esta pieza como la anterior, que pretendían pasar por ídolos prerromanos, deben relacionarse con el círculo anticuario ilustrado impulsado por Manuel do Cenáculo.

La actividad anticuaria de Cenáculo, dirigida a conocer mejor la Historia de su diócesis de Beja, explica que haya sido también el pionero en el estudio de la epigrafía tartesia, pues es el primero que se interesó por recoger las inscripciones tartesias que aparecían por el territorio alentejano, de las que le cabe la gloria de haber recopilado el primer *corpus* en el famoso *Album Cenáculo*, cuyo valioso original todavía conserva la Biblioteca de Évora por el fundada¹⁶⁹. Este interés por la epigrafía se vería facilitado por su conocimiento no sólo de las lenguas clásicas, sino también del hebreo, árabe, siríco y aramaico.

Este contexto histórico ayuda a comprender el ambiente cultural que permite explicar el origen de estas dos interesantes piezas. Su relación con Cenáculo ayuda a precisar la fecha de dichos objetos, pues muy probablemente se realizaron después del 1770, cuando Cenáculo inició su colección de antigüedades en el Alentejo y empezó a valorar la epigrafía tartesia, de cuyo estudio puede considerarse pionero¹⁷⁰.

¹⁶⁷ ALMAGRO-GORBEA, 2020, *passim*.

¹⁶⁸ MONTFAUCON, 1719, p. 19, lám I y XCIII-XCVI; BALTRUSAITIS, 2006, fig. 47 y 59 a 63, 68; De Nell, 1820, fig. 397; etc.

¹⁶⁹ CENÁCULO, s.a., *Album*; VIANA, 1952; BEIRÃO, 1986; UNTERMANN, 1997, p. 114; CANTO, 2014.

¹⁷⁰ CENÁCULO, s.a., *Album*, lám. 91-96; VIANA, 1952; BEIRÃO, 1986; UNTERMANN, 1997, p. 114; CANTO, 2014.

Sin embargo, deben considerarse anteriores a 1800, cuando José de Cornide ya documenta alguna de estas falsificaciones que había visto y dibujado en Lisboa en la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*¹⁷¹. Las similitudes formales que ofrecen todos estos idolillos lleva a considerarlos obra de un mismo *falsarius ignotus* y a suponer que dicho *falsarius* sería alguna persona del ámbito ilustrado de la época, quizás incluso del círculo de Cenáculo, como pudiera ser un personaje tan interesante como Frei Lourenço do Valle, interesado por las antigüedades y la epigrafía prerromana como estrecho colaborador de Cenáculo¹⁷².

El falsario autor de estas figuritas, cualquiera que fuese, pues hay que seguir considerándolo anónimo hasta que se disponga de mejor información, probablemente para enriquecer su colección emulado por la del Obispo de Beja y para rivalizar con ella, realizó una serie de falsificaciones en las que hay que incluir, por sus características, los cuatro ídolos documentados por Cornide en la *Real Bibliotheca Publica da Corte*, conocidos gracias a las copias enviadas a la Real Academia de la Historia de Madrid¹⁷³ y estas dos interesantes piezas conservadas en la *Academia das Ciências*, que, junto a otra conservada en el *Museu Soares dos Reis* de Porto y las diez conservadas en la *Biblioteca Nacional de Portugal*¹⁷⁴, testimonian estas inquietudes anticuarias y revelan el interés epigráfico y coleccionista surgido entre las elites de la Ilustración. De aquí su particular importancia a pesar de ser falsificaciones¹⁷⁵.

EL GABINETE DE ANTIGÜEDADES DE LA ACADEMIA REAL DAS CIÊNCIAS DE LISBOA

La docena de objetos que conserva el *Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa* merece unas breves consideraciones finales.

En primer lugar, hay que valorar la importancia y el interés de esta pequeña colección de *Academia das Ciências de Lisboa*. El conjunto de objetos que conforman la colección es poco numeroso, pues apenas alcanza la docena de objetos, que, en su mayoría, hasta ahora habían permanecido prácticamente inéditos a pesar de su interés, salvo el ara del dios *Vasecus*, que ha atraído a muchos estudiosos desde su descubrimiento (*vid. supra*, n.º 6).

El interés de la colección hay que destacarlo desde diversos puntos de vista. En primer lugar, por la propia importancia arqueológica de algunas piezas, como las dos hachas del Bronce Final y, en especial, las dos figuritas de cabra, igualmente de bronce, que actualmente pueden considerarse las de mejor calidad en todo el conjunto de este tipo de exvotos tan característicos, muy probablemente dedicados a la *Dea Ataegina*¹⁷⁶, además de la citada inscripción de *Vasecus*.

Pero, por otra parte, y en ello estriba su mayor interés, esta pequeña colección de antigüedades, en su mayoría protohistóricas y romanas, es característica de los gabinetes de antigüedades ilustrados surgidos en el siglo XVIII, aunque esta tradición tiene un origen anterior, ya que se remonta hasta el

¹⁷¹ ALMAGRO-GORBEA, 2003, n.º F-147-A y F-148-A.

¹⁷² ENCARNÇÃO Y GAIDÃO, 2015. Se agradece al Prof. J. d'Encarnação la información sobre este interesante artículo.

¹⁷³ ALMAGRO-GORBEA, 2003, n.º F-147-A y F-148-A.

¹⁷⁴ ALMAGRO-GORBEA, 2020.

¹⁷⁵ Sin embargo, la gran similitud entre alguna de estas piezas hace pensar que se trata de "copias", quizás usadas como "regalos de prestigio" como indicaría la cuidada caja en la que se conserva el ejemplar del Museu Soares dos Reis. Otra posibilidad es que se usaran para fomentar el coleccionismo, pues la figura capríforme de la Academia das Ciências ofrece en su espalda una *A(cademia?)*, mientras que la figura femenina de la Biblioteca Nacional y otra de esa colección muestran grabada por la misma mano una *B(ibliotheca?)*.

¹⁷⁶ ALMAGRO-GORBEA, 2018.

Renacimiento¹⁷⁷. Por ello, a su interés meramente arqueológico se suma su interés historiográfico, pues testimonian la tradición anticuaria y museológica de la *Academia das Ciências de Lisboa*. Salvo el ara del dios de *Vasecus* y la pequeña azuela de piedra, donada a mediados del siglo XIX, que es donación documentada del Académico José Leite de Vasconcelos en el siglo XIX, las restantes piezas, muy probablemente, pueden considerarse propias de un gabinete de antigüedades del siglo XVIII.

En realidad, la costumbre de coleccionar objetos se remonta a la Antigüedad (Paus. III,3,8; Strab. VIII,6,23), aunque la tradición de formar colecciones se inicia en el Renacimiento con los *gabinetes de maravillas*, también conocidos como *gabinetes de curiosidades*, que representan una importante fase en la historia del coleccionismo y de la museología. Inicialmente, el “gabinete” era un mueble donde se guardaban pequeños objetos valiosos, pero, a partir del Renacimiento, al aumentar las colecciones, éstas pasaron a conservarse en una pequeña cámara, denominadas *gabinetto di curiosità*, *gabinete de curiosidades* o *de maravillas*, *cabinet des curiosités* o *des merveilles*, *rarities cabinet*, *cabinet of curiosity*, *Wunderkabinet*, *Rariteitenkabinet*, *Wunderkammer*, etc.¹⁷⁸, de los que se formaron cientos en la Europa de los siglos XVI y XVII¹⁷⁹, por lo que representan un fenómeno cultural muy característico.

A partir del siglo XVIII, con la Ilustración, algunos gabinetes se especializaron en antigüedades, como monedas y medallas y otros objetos antiguos, generalmente asociados a bibliotecas que facilitaban su estudio. El motivo es evidente: las moneadas, inscripciones y demás antigüedades se consideraban documentos fidedignos para reconstruir con objetividad una Historia ilustrada. De esta forma surgieron “gabinetes de antigüedades” por diversos países de Europa. Quizás el más famoso pueda considerarse el *Cabinet de médailles* de la *Bibliothèque nationale* de Francia¹⁸⁰, gran institución, que todavía conserva toda su importancia, que procede de las colecciones reales de joyas, objetos curiosos y antigüedades reunidas desde la Edad Media, por lo que se considera el primer “museo” de Francia. Louis XIV lo acrecentó y organizó en Versalles, pero a inicios del siglo XVIII volvió a Paris y se instaló en la Biblioteca Real y pasó a servir de modelo para instituciones similares, como las surgidas en la España de los Borbones, descendientes de Luis XIV.

La llegada de la Ilustración y de la Casa de Borbón a España en el siglo XVIII supuso un auge de gabinetes creados dentro del espíritu ilustrado para fomentar el estudio de las antigüedades, siguiendo la tradición francesa, con una renovación formal y conceptual de los antiguos *gabinetes de maravillas* del Renacimiento, como ocurriría de forma paralela en Portugal. En España, el mejor ejemplo es el *Gabinete de Antigüedades* y el *Museo de monedas* de la *Real Biblioteca Pública* fundada por Felipe V en 1711¹⁸¹, en el que se conservaban objetos arqueológicos, especialmente de época clásica, pero también bronce del Renacimiento e imitaciones o ‘falsificaciones’ clasicistas, que formaban un *Gabinete de Antigüedades* que impresionó a Cenáculo cuando lo visitó¹⁸². Las colecciones del Gabinete de Antigüedades y del Moneterio de la Real Biblioteca pasaron a la *Biblioteca Nacional* al constituirse ésta en 1836, y, finalmente, ingresaron en el *Museo Arqueológico Nacional* al ser fundada esta institución en 1867¹⁸³.

¹⁷⁷ SCHNAPP, 1998; ALMAGRO-GORBEA, 2010; etc.

¹⁷⁸ LUGLI, 1983; GROTE, ED., 1994.

¹⁷⁹ POMIAN, 1987; IMPEY Y MAC GREGOR, EDS., 2017.

¹⁸⁰ SARMANT, 1994.

¹⁸¹ MAÑUECO, 1993; ID., 2004.

¹⁸² MORAIS 2009, p. 216.

¹⁸³ MARCOS POUS, ED., 1993, p. 217.

Otro gabinete español, probablemente el más importante del siglo XVIII, fue el *Real Gabinete de Ciencias Naturales*, fundado por Carlos III en 1771, que contenía objetos muy diversos, como los procedentes del *Gabinete de Historia Natural* creado en tiempos de Fernando VI, pero también importantes antigüedades reunidas en París a partir de 1745 por Pedro Franco Dávila (1711-1786) en su *gabinete* personal, que era considerado uno de las mejores de la Europa en su época¹⁸⁴.

También un *Gabinete de Antigüedades* se formó en la *Real Academia de la Historia*, fundada por Felipe V en 1738 para recoger documentos históricos y monedas, medallas, epígrafes y otras antiguallas, para cuyo cuidado se instituyó en 1763 el cargo de *Anticuuario*, creado a imitación del *Antiquaire* de Francia¹⁸⁵. El aumento de las colecciones, como ocurrió en otros gabinetes de Europa, abocó en el siglo XIX a la creación de un *Real Museo Español de Antigüedades*¹⁸⁶, del que procede el actual *Museo Arqueológico Nacional* de Madrid¹⁸⁷.

En esta tradición de “gabinetes de antigüedades”, generalizada por la Europa ilustrada del siglo XVIII, debe enmarcarse el “gabinete de antigüedades” que debió existir en la *Academia das Ciências de Lisboa*, del que dan testimonio los objetos aquí analizados. Pero el mismo contexto suponen los gabinetes o museos creados en Beja y Évora por Manuel do Cenáculo¹⁸⁸, el famoso *Museu Sizenando Cenáculo Pacense* inaugurado en 1791, que es el origen del Museo de Évora, pues, cuando fue nombrado Metropolitano de esa sede en 1802, se llevó consigo sus colecciones. Por este motivo, con toda justicia, se le considera pionero de la Museología en Portugal¹⁸⁹. Pero el mismo contexto que los gabinetes creados en Beja y Évora por Manuel do Cenáculo¹⁹⁰ debe suponerse para la creación del *Gabinete de Numismática e Antigüedades* de la Biblioteca Nacional de Portugal¹⁹¹, sin duda procedente de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*, a la que estaría asociado, gabinete que también habría creado Cenáculo, quien donó parte de su monetario de Beja para ayudar a constituir ese gabinete de antigüedades¹⁹².

En efecto, estos tres gabinetes portugueses aparecen vinculados a importantes bibliotecas, como solía ser habitual. Además, en la mayoría de los casos, estos gabinetes se han transformado en museos, como evidencian las antigüedades de Cenáculo que actualmente se conservan en el Museo de Évora¹⁹³, mientras que en otros casos han pasado a formar parte de instituciones museológicas, como el citado *Gabinete de Numismática e Antigüedades* de la Biblioteca Nacional de Portugal¹⁹⁴ o el *Museu Maynense* de la *Academia das Ciências*¹⁹⁵.

Esta política de creación de gabinetes de antigüedades hay que relacionarla con la figura del erudito D. Fr. Manuel do Cenáculo Villas Boas (Lisboa, 1724-Évora, 1814), ilustre Académico de Mérito de esta *Real Academia das Ciências de Lisboa*¹⁹⁶ (Fig. 15), y que también fue Académico Supernumerario de la *Real*

¹⁸⁴ CALATAYUD, 1988, p. 62 s.

¹⁸⁵ ALMAGRO-GORBEA, ED., 1999, p. 17 s., 121 s.

¹⁸⁶ ALMAGRO-GORBEA Y MAIER, 1999.

¹⁸⁷ MARCOS POUS, ED., 1993.

¹⁸⁸ BRIGOLA, 2009, p. 42 s.; MORAIS, 2011, p. 10 s.

¹⁸⁹ BRIGOLA 2003; *id.*, 2003,a; *id.*, 2006; *id.*, 2009; MORAIS, 2011.

¹⁹⁰ MORAIS, 2011; BRIGOLA, 2009.

¹⁹¹ ALARCÃO Y DELGADO, 1969.

¹⁹² PATROCINIO, 2006, p. 22.

¹⁹³ MORAIS, 2011; BRIGOLA, 2009.

¹⁹⁴ ALARCÃO Y DELGADO, 1969.

¹⁹⁵ CARVALHO, 1993.

¹⁹⁶ MORATO, 1815.



Figura 15. Retrato de D. Frei Manuel do Cenáculo Villas-Bôas (1724-1814). Óleo sobre tela. Foto de João Luís Cardoso. Academia das Ciências de Lisboa.

Academia de la Historia de Madrid desde 1796¹⁹⁷, probablemente a propuesta de José de Cornide, aunque igualmente mantuvo correspondencia con Pedro Rodríguez Campomanes y otros importantes miembros de la Real Academia de la Historia¹⁹⁸.

No es éste el lugar de hacer el elogio de este conocido personaje ni de trazar su biografía, pero sí es importante señalar algunas características de su polifacética personalidad para poder valorar la colección anticuaria de la *Academia das Ciências* y de instituciones relacionadas en su contexto histórico y cultural. Manuel do Cenáculo es una figura clave de la Ilustración en Portugal¹⁹⁹ y se ha indicado con acierto que fue “homem da sua época por excelência”²⁰⁰. Protegido por el Marqués de Pombal en la política jansenista y regalista de la época²⁰¹, era de vasta cultura, gran amante de los libros como gran lector y notable escritor²⁰², con especial interés por crear bibliotecas²⁰³, pues a él se deben la Biblioteca de la *Real Academia das Ciências de Lisboa*, la *Biblioteca de la Mesa Censoria*, que transformó en *Real*

Bibliotheca Publica da Corte e do Reino, que se convertiría en la *Biblioteca Nacional de Portugal*, la Biblioteca de su Palacio Episcopal de Beja y la *Biblioteca de Évora*, por lo que destaca en este campo tan característico de la Ilustración, bibliotecas en las que debió fomentar, como era norma habitual, la creación de gabinetes de antigüedades, dentro de su deseo de utilizar la Antigüedad como elemento de emulación²⁰⁴.

En su vida tuvo gran importancia su viaje a Roma en 1750 para participar en el Capítulo de la Orden Tercera de San Francisco, a la que pertenecía y de la que fue nombrado Provincial en 1768²⁰⁵. Cenáculo aprovechó este viaje para visitar numerosas bibliotecas, ver colecciones y monumentos y ampliar su cultura y los contactos ilustrados, que mantuvo toda su vida. Además, también fue de 1751 a 1755 Cateadrático de Teología en la Universidad de Coimbra, en cuya reforma ilustrada participó de forma activa²⁰⁶.

Aún más relevante para contextualizar esta política de fomento de gabinetes anticuarios es el interés de Cenáculo por las antigüedades. Su afición por ellas debió surgir en su viaje a Roma y se vería impulsado a través de sus amplias lecturas y contactos ilustrados, dentro de la atracción que sentía por la Historia, en especial en el decenio de 1770 a 1780²⁰⁷, años en los que más empeño dedicó a formar una colección de antigüedades en su obispado de Beja²⁰⁸.

¹⁹⁷ CAPMANY, 1796, p. CXXXIX.

¹⁹⁸ BARAJAS, 1994; CANTO, 2014.

¹⁹⁹ MARCADÉ, 1978.

²⁰⁰ CAEIRO, 1960, p. 189.

²⁰¹ PEREIRA, 1989; VAZ, 2005.

²⁰² VAZ, 2003.

²⁰³ VAZ, 2003; ID., 2009, ID., 2009,a; VAZ Y CALIXTO, 2006; BRIGOLA, 2006; DOMINGOS, 2006; MORÃES, 2011, p. 9, etc.

²⁰⁴ BRIGOLA, 2006, p. 49.

²⁰⁵ CENÁCULO, 1790; MARCADÉ, 1971.

²⁰⁶ ARAÚJO, 2000.

²⁰⁷ BRIGOLA, 2003; CAETANO, 2005; PATROCINIO, 2006.

²⁰⁸ CAETANO 2005, p. 50 s.; MORÃES, 2009.

En efecto, en su afición por coleccionar antigüedades tuvo gran trascendencia su nombramiento como Obispo de Beja en 1770, sede que siguió ocupando cuando fue propuesto como Arzobispo de Évora en 1802, cargo ostentado hasta su fallecimiento en 1814, a los 90 años de edad. En su obispado de Beja, dentro de sus cultas iniciativas de hombre ilustrado, fundó la *Academia Eclesiástica de Beja* en 1793, pero aún más interés despiertan sus visitas a yacimientos arqueológicos, como Mértola o *Mirobriga*, y sus excavaciones, como las del *oppidum* de Cola, cerca de Ourique y diversas otras²⁰⁹. Con todos los hallazgos por él reunidos formó una interesante colección de antigüedades, que incluía un lapidario, monedas y objetos arqueológicos, a lo que se añadían sus libros y documentos sobre la Antigüedad. Con todo ello, en la Biblioteca por él creada en su Palacio de Beja, siguiendo las tendencias de la época²¹⁰, incluyó un gabinete o museo para guardar su colección, el *Museu Sisenando Cenaculo* o *Museu Sisenando Pacense*, creado en 1791, que es el origen del *Museu de Évora*, ya que se llevó consigo sus colecciones cuando fue nombrado Metropolitano de esa sede en 1802. Por este motivo, con toda justicia, se le considera el primer arqueólogo portugués y el pionero de Museología en Portugal²¹¹.

En este marco histórico y cultural se comprende mejor las características de la pequeña colección anticuaria de la *Academia das Ciências*, cuyos inicios pueden explicarse por deseo de emular a su famoso Académico de Mérito, el Excmo. Señor Don Fr. Manuel do Cenáculo Villas Boas, siguiendo el ejemplar modelo por él establecido primero en su Biblioteca de Beja y proseguido después en la Biblioteca-Museo de Évora, aunque parece más lógico pensar que surgiera por estímulo personal de este ilustre académico.

Además, esta idea se ve reforzada por las semejanzas, que en absoluto parecen casuales, que ofrecen algunas piezas falsas de los gabinetes de antigüedades de la *Real Academia das Ciências de Lisboa*, de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*, y de la Biblioteca de su Palacio Episcopal de Beja y de la Biblioteca de Évora, que han ido a parar al *Museu de Evora*.

En este sentido, es interesante asociar los *signacula* de la *Academia das Ciências de Lisboa* a otros ejemplares falsos de esa misma época, como el conservado en el Museo de Évora con el n.º de inventario ME 3403 (Fig. 16A), procedente de la Colección de D. Frei Manuel do Cenáculo, de la que pasó en 1915 a la *Biblioteca Pública de Évora*, pues se conserva la impronta hecha del mismo por Frei Lourenço do Valle²¹², lo que le añade interés (Fig. 16B). Es de forma rectangular, como los de la *Academia das Ciências*, y mide 6,4 cm de largo por 2,9 cm de altura. Es un *sigillum* de bronce de forma rectangular con una anilla circular en su parte posterior y la inscripción SP·NAV·RVTILVS / SEX·FVR·FVSVS / COSS EX S·C·D, que



Figura 16A/16B. *Signaculum* de bronce romano falso de los cónsules *Sp(urius) Nau(tius) Rutilus* y *Sex(tus) Fur(ius) Fusus*.

²⁰⁹ CAETANO, 2005, p. 48 s.; MORÃES 2009, p. 222.

²¹⁰ ALMAGRO-GORBEA, 1999; *ID.*, 2010.

²¹¹ VAZ, 2006; MORÃES, 2011, a, p. 22.

²¹² ENCARNACÃO Y GAIDÃO, 2015, p. 35 s., FIG. 9 Y 11.

cabe leer como *Sp(urius) Nau(tius Sp. f. Sp. n.) Rutilus, Sex(tus) Fur(ius Medullinus) Fusus, co(n)s(ule)s ex S(enatu) C(onsulto) dederunt?*

Quien lo hizo, como ocurre con los signacula de la Academia das Ciências (n.º 9 y 10), pretendía que fuera el sello de dos cónsules romanos, los del año 488 de la fundación de Roma, que corresponden al 265-266 a.C.²¹³ Además, este *signaculum* ya fue descrito por Lourenço do Valle como un “sello de bronce com seu aro de traz para se lhe pegar”²¹⁴, quien lo considera “uma peça romana das antigas pela sua forma e figura das letras que dizem: =*Spurius Nautius Rutilius* [sic], *Sextus Furius Fusus* [sic] *Consules ex Senatu consulto determinarunt.*=”, explicando, a continuación, que correspondían al año 487 a.C., según las fechas consulares, por lo que lo consideró erróneamente del siglo V a.C.

Hübner lo vio en el actual *Museu de Évora*, donde se conserva la colección del *Museu Sisenando Pacense*, y ya lo recoge como falso (CIL II, 476*)²¹⁵, pues es una invención anacrónica atribuida a los cónsules del año 266 a.C., al margen de los errores paleográficos en la forma de las letras. Su falsedad la han confirmado diversos colegas consultados en su día por Encarnação²¹⁶, quien plantea que pudo haber sido adquirido por el propio Manuel do Cenáculo en su viaje a Roma o ser una donación recibida de algún amigo. En cualquier caso, Hübner recoge este sello del Museu de Évora con otros *signacula* similares igualmente falsos, cinco conservados en la *Biblioteca Nacional* de Lisboa (CIL II, 477*, 478*, 479*, 480*, 482*)²¹⁷, que hay que suponer que procedan del gabinete de antigüedades de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*, a los que hay que añadir los dos aquí publicados de la *Academia das Ciências de Lisboa*, hasta ahora inéditos²¹⁸. Se trata, por lo tanto, de un interesante conjunto de *signacula* falsos característicos del siglo XVIII, alguno de los cuales muy probablemente se pueden relacionar con la actividad de Fr. Manuel del Cenáculo.

El interés de estas piezas se confirma al aparecer otros objetos falsos, siempre de características similares, en las instituciones portuguesas citadas. Un ejemplo es la extraña lucerna n.º 8 de la *Academia das Ciências*, del todo similar a otras dos lámparas que conserva el *Gabinete de Numismática e Antiguidades* de la Biblioteca Nacional de Portugal, muy probablemente procedentes de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*²¹⁹. Lo mismo cabe decir de los dos idolillos de la *Academia das Ciências de Lisboa*, idénticos a otros expuestos en la Sala de lectura del *Servicio de Reservados* de la Biblioteca Nacional de Portugal, que deben proceder del Gabinete de Antigüedades de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*²²⁰. Además, a la similitud que presentan la figura femenina y el ídolo capriforme con figuras similares de la *Biblioteca Nacional*, se añade la A grabada sobre la pátina en el dorso de la figura capriforme de la *Academia das Ciências* (n.º 11), mientras que dos figuras de la *Biblioteca Nacional* ofrecen una B en la misma zona, posiblemente grabadas por la misma mano, coincidencia que deja abierta la duda de si no indican,

²¹³ BAITERUS, 1838, p. V, CXCIII y CCIX.

²¹⁴ ENCARNÇÃO Y GAIDÃO, 2015, p. 35-36.

²¹⁵ La impronta de este sello fue enviada por Jose d'Encarnação a Juan Manuel Abascal (31.10.2013), por lo que agradecemos a ambos esta información.

²¹⁶ ENCARNÇÃO Y GAIDÃO, 2015, p. 35 s., recogen las opiniones de António Sartori, “il mondo dei *signacula* ne è infestato! (de falsificaciones)», de Juan Manuel Abascal, de que los sellos de bronce son «siempre port-augusteos y se utilizan para la marca de productos cerámicos» y de Marc Mayer, que coincide en que es una falsificación.

²¹⁷ ENCARNÇÃO Y GAIDÃO, 2015, p. 35, fig. 9 y 11.

²¹⁸ A ellos hay que añadir dos más cuyo origen se desconoce, uno conservado en el Museo público de Porto (CIL II, 482*) y otro de la colección Pascual Gayangos de Madrid de 4,6 por 2,5 cm (CIL II, 481*), pieza que pasó al Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia (ABASCAL Y GIMENO, 2000, p. 266, n.º 498).

²¹⁹ ALARCÃO Y DELGADO, 1969, p. 73, n.º 85 (de 103x85x41,5 mm) y n.º 86 (de 103x85x43 mm).

²²⁰ ALMAGRO-GORBEA, 2020, p. 27 s.

respectivamente, *A(cademia)* y *B(ibliotheca)*²²¹. Como hay otras figuras hechas del mismo modelo, no se puede excluir que se hicieran “copias” con la intención de hacer “regalos de prestigio” o, quizás, para fomentar el coleccionismo, como indicaría la cuidada caja en la que se conserva el ejemplar conservado en el Museu Soares dos Reis.

Estos hechos y coincidencias no parecen casuales, pues aún cabría añadir las que ofrecen otras antigüedades de estas colecciones, como las ciervas lusitano-romanas de la *Academia das Ciências* (n.º 4 y 5), posiblemente relacionadas con las tres conservadas en el *Museu de Évora* que publicó Leite de Vasconcellos en 1895²²², seguramente procedentes del gabinete de antigüedades de la Biblioteca de Manuel do Cenáculo, o, incluso, la lámpara de tipo Dressel-Lamboglia 30B de la *Academia das Ciências* (n.º 8), muy semejante a otras dos de la colección anticuaria del *Gabinete de Numismática e Antiguidades* de la *Biblioteca Nacional de Portugal*, que deben proceder de la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*²²³,

Todos estos datos llevan a plantear la interesante hipótesis de que estas piezas arqueológicas, incluidas las falsificaciones, fueran donaciones de Cenáculo para fomentar la formación de gabinetes de antigüedades en las distintas bibliotecas por él creadas, como la de la *Real Academia das Ciências de Lisboa*, la *Real Bibliotheca Publica da Corte e do Reino*, actualmente la *Biblioteca Nacional de Portugal*, y la Biblioteca de su Palacio Episcopal de Évora, cuya colección acabó por pasar al *Museu de Évora*, por lo que todas estas piezas parecen vinculadas a estos interesantes inicios del coleccionismo de antigüedades durante la Ilustración.

Esta tradición anticuaria acrecienta el interés de las curiosas piezas que parecen haber formado parte del gabinete de antigüedades de la *Academia das Ciências*, como los dos idolillos, uno asociado a la tradición del “pé de cabra” (n.º 11) y otro a las primeras falsificaciones de inscripciones tartesias (n.º 12), ambos fechables, muy probablemente, en el último cuarto del siglo XVIII, pues reflejan el interés suscitado por los estudios pioneros sobre epigrafía tartesia, emprendidos en esos años por Manuel do Cenáculo, tal como documenta su famoso *Album Cenáculo*. Otros objetos, igualmente falsos de la colección, deben asimismo remontarse a esas fechas y proceder del mismo contexto, tal como se ha indicado, como una lucerna (n.º 8) y los dos *signacula* de bronce romanos (n.º 9 y 10).

Todas estas curiosas piezas son objetos muy raros desde el punto de vista museológico, pues habitualmente no se han publicado ni conservado por ser “falsificaciones”. Sin embargo, su análisis ilustra el ambiente anticuario del inicio del coleccionismo, de los primeros estudios epigráficos y del interés por las religiones prerromanas, por lo que, en su conjunto, representan, sin duda, una interesante página de la historia de la *Academia das Ciências de Lisboa* y también de la Historia de la Arqueología de Portugal.

²²¹ ALMAGRO-GORBEA, 2018, n.º 1, 4 y 11.

²²² LEITE DE VASCONCELOS, 1895.

²²³ ALARCÃO Y DELGADO, 1969, p. 73, n.º 87 y 88.

BIBLIOGRAFIA

- ABASCAL, J. M., (1994) – *Los nombres personales en las inscripciones latinas de Hispania*, Murcia.
- ABASCAL, J. M. (1995) – “Las inscripciones latinas de Santa Lucía del Trampal (Alcuéscar, Cáceres)” y el culto a *Ataecina* en Hispania”, *Archivo Español de Arqueología* 68, 31-105.
- ABASCAL, J. M. (2002) – “Ataecina”, *Religiões da Lusitania*. Loquuntur saxa (catálogo de exposición), Lisboa, p. 53-60.
- ABASCAL, J. M. Y CEBRIÁN, R. (2009) – *Los viajes de José Cornide por España y Portugal de 1754 a 1801 (Antiquaria Hispanica 19)*, Madrid.
- ABASCAL, J. M. Y GIMENO, H. (2000) – *Epigrafía Hispánica*. Catálogo del Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia, Madrid.
- ALARCÃO, J. DE (1988,a) – *Roman Portugal, II,2*, Warminster/Wiltshire.
- ALARCÃO, J. DE (1988,b) – *O Dominio Romano em Portugal*, Mira-Sintra.
- ALARCÃO, J. DE, Y DA PONTE, S. (1976) – “Les Lampes”, *Céramiques diverses et verres (Fouilles de Conimbriga VI)*, Paris, p. 93-114.
- ALARCÃO, J. DE, Y DELGADO, M. (1969) – *Catálogo do Gabinete de Numismática e Antigüedades*. I.ª parte. *Antigüedades Ibéricas e Romanas*. Biblioteca Nacional de Lisboa, Lisboa.
- ALBERTOS FIRMAT, M.ª L. (1966) – *La onomástica personal primitiva de Hispania Tarraconense y Bética, Salamanca (Studia Philologica Salmanticensia, 13)*, Salamanca.
- ALBERTOS FIRMAT, M.ª L. (1972) – “Nuevos antropónimos hispanicos (2ª serie)”, *Emerita*, 40, p. 1-29 y 287-318.
- ALBERTOS FIRMAT, M.ª L. (1975) – “Organizaciones suprafamiliares en la Hispania Antigua”, *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 40-41, p. 5-66.
- ALMAGRO BASCH, M. (1940) – “El hallazgo de la Ría de Huelva y el final de la Edad del Bronce en el occidente de Europa”. *Ampurias* 2, p. 85-143.
- ALMAGRO-GORBEA, M., ED. (1999) – *El Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia*. Real Academia de la Historia, Madrid.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2003) – *Epigrafía Prerromana*. Catálogo del Gabinete de Antigüedades de la Real Academia de la Historia, Madrid.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2010) – “Los Gabinetes de Maravillas”, A. Pau Padrón y M.ª C. Francés Causapé, eds., *Las Colecciones: Historia, Arte, Ciencia y Derecho*, Instituto de España, Madrid, p. 7-27.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2011) – “Los epígrafes prerromanos falsos de la Real Academia de la Historia. Una larga tradición historiográfica”, en J. Carbonell, H. Gimeno Pascual y J. L. Moralejo, eds., *El monumento epigráfico en contextos secundarios. Procesos de reutilización, interpretación y falsificación*, Bellaterra, p. 161-177.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2013) – *Literatura Hispana Prerromana. Las creaciones fenicias, tartesias, ibéricas, celtas y vascas (Clave Historia, 39)*, Real Academia de la Historia, Madrid.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2020) – “Ídolos prerromanos inventados o ‘falsos’ en el Portugal ilustrado del siglo XVIII”, *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 26, p. 259-288.
- ALMAGRO-GORBEA, M. (2018) – “Figuritas de cabra bronceas de Ataecina”, *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 24, p. 397-436.
- ALMAGRO-GORBEA, M. Y LORRIO, A. J. (2011) – *Teutates. El Héroe Fundador (Bibliotheca Archaeologica Hispana 36)*, Madrid.
- ALMAGRO-GORBEA, M. Y MAIER, J. (1999) – “El futuro desde el pasado: la Real Academia de la Historia y el origen y funciones del Museo Arqueológico Nacional”, *Boletín de la Real Academia de la Historia CXCVI,2*, p. 183-207.
- AMANTE SÁNCHEZ, M. (1993) – *Lucernas romanas de la Región de Murcia. Hispania Citerior (Anejos de Antigüedades y Cristianismo, I)*, Murcia.
- AMARAL, I. DO (2012) – *Nótulas Históricas Sobre os Primeiros Tempos da Academia das Ciências de Lisboa*. Lisboa.
- ARAÚJO, A. C., ED. (2000) – *O Marquês de Pombal e a Universidade*, Coimbra.
- ARMADA PITA, X. L. Y GARCÍA VUELTA, O. (2003) – “Bronces con motivos de sacrificio del área noroccidental de la Península Ibérica”, *Archivo Español de Arqueología*, 47, p. 47-75.
- BABELON, E. Y BLANCHET, J.-A. (1895) – *Catalogue des bronzes antiques de la Bibliothèque Nationale*, Paris.
- BAILEY, D. M. (1975) – *Catalogue of the Lamps in the British Museum, I. Greek, Hellenistic and Early Roman pottery lamps*, London, British Museum Publications Ltd.
- BAILEY, D. M. (1980) – *A Catalogue of Lamps in the British Museum. II. Roman Lamps made in Italy*, London, British Museum Publications Ltd.
- BAILEY, D. M. (1988) – *A Catalogue of Lamps in the British Museum. III. Roman Provincial Lamps*, London, British Museum Publications Ltd.
- BAITERUS, I. G. (1838) – *Fasti consulares triumphalesque Romanorum ad fidem optimorum auctorum*, Turici.

- BALTRUSAITIS, J. (2006) – *En busca de Isis. Introducción a la egiptomanía*, Madrid.
- BARAJAS SALAS, E. (1994) – “Cartas de académicos de la Historia al obispo de Beja, Frei Manuel do Cenáculo”, *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 91,3, p. 517-562.
- BARBOSA-CANAES, J. de (1849) – comunicación en los *Proceedings of the Society of Antiquaries of London*, 1849,2, n.º 18, p. 46.
- BEIRÃO, C. DE MELO (1986) – “O tesouro de la coleção Barros e Sá, Monsanto de Beira (Castelo Branco)”, *Veleia*, 5, 125-136.
- BELCHIOR, Cl. (1969) – *Lucernas de Conimbriga*, Coimbra.
- BELTRÁN LLORIS, M. (1976) – “Aportaciones a la epigrafía y la arqueología romana de Cáceres”, *Caesaraugusta*, 39-40, p. 19-111.
- BLANCO FREIJEIRO, A. (1960) – “Die klassischen Wurzeln der iberischen Kunst”, *Madri der Mitteilungen* 1, p. 101-121.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1955) – “Los carros votivos de Mérida y Almorchón. Su significación religioso”, *Zephyrus*, 6, p. 41-80.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1962) – *Religiones Primitivas de Hispania. Fuentes literarias y epigráficas*, Roma.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1962,a) – “Bronces Prerromanos del Museo Provincial de Cáceres”, *Archivo Español de Arqueología* 35, p. 128-131.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1975) – *Diccionario de las Religiones Prerromanas de Hispania*, Madrid.
- BLÁZQUEZ, J. M. (1986) – “Einheimische Religionen Hispaniens in der römischen Kaiserzeit”, *Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt*, II,18,1, W. Haaset, ed., *Die Religiösen Verhältnisse in den Provinzen*, Berlin-New York, p. 164-275.
- BOARDMAN, J. (1997) – “Pan”, *Lexicon Iconographicum Mythologiae Classicae*, 8,1, *Supplementum*, Zürich, p. 923-941.
- BORGEAUD, Ph. (1979) – *Recherches sur le dieu Pan*, Roma.
- BOUCHER, S. (1973) – *Bronzes romains figurés du Musée des Beaux-Arts de Lyon*, Lyon.
- BOUCHER, S. (1974) – “Les bronzes préromains d’importation de la Gaule pré-romaine”, *Bulletin des Musées royaux d’art et d’Histoire*, 6 série, 46, p. 111-138.
- BRANDÃO, D. DE PINHO (1970) – “Achados de cobre e de bronze na região de Leiria, O Arqueologo Português, NS, 4, p. 324.
- BRANDHERM, D. y MOSKAL-DEL HOYO, M. (2010) – “Las espadas en lengua de carpa. Aspectos morfológicos, metalúrgicos y culturales”, *Trabajos de Prehistoria*, 67,2, p. 431-456.
- BRIARD, J. (1965) – *Les dépôts bretons et l’Âge du Bronze atlantique*, Rennes.
- BRIARD, J. y VERRON, G. (1976) – *Typologie des objets de l’Âge du Bronze en France. IV, Haches (2)*. Herminettes, Paris.
- BRIGOLA, J. C. (2003) – “Frei Manuel do Cenáculo (1724-1814). O colecionador compósito”, *Coleções, gabinetes e museus em Portugal no séc. XVIII*, Lisboa, FCG/FCT.
- BRIGOLA, J. C. (2006) – “Frei Manuel de Cenaculo. Semeador de Bibliotecas e de Museus. O conceito de Biblioteca-Museu na museologia setecentista”, Francisco A. Lourenço Vaz y José António Calixto, eds., *Frei Manuel de Cenaculo. Constructor de Bibliotecas*, Casal de Cambra, Caleidoscópio 2006, p. 47-55.
- BRIGOLA, J. C. (2009) – *Coleccionismo no século XVIII. Textos e documentos*. Porto.
- BRONEER, O. (1930) – *Terracotta Lamps (Corinth IV,2)*, Cambridge.
- BURGESS, C. (1968) – *Bronze Age Metalwork in Northern England, c. 1000 to 700 B.C.*, Newcastle upon Tyne.
- CAEIRO, F. DA GAMA (1960) – “Cenáculo”, *Hernâni Cidade*, ed., *Os Grandes Portugueses*, 2, Lisboa, p. 189-199.
- CAETANO, C. C. (2005) – “Os restos de Humanidade. Cenaculo e a Arqueologia”, *AA.VV. Imagens e Mensagens. Escultura romana do Museu de Évora, Évora*, p. 48-56.
- CALATAYUD, M. DE A. (1988) – *Pedro Franco Dávila: primer director del Real Gabinete de Historia Natural fundado por Carlos III*, Madrid.
- CANTO, A. (2014) – “El obispo Manoel do Cenaculo Vilas-Boas y la epigrafía peninsular, visto desde España”, apéndice a A. Gil Malta, “O Itinerário Cenaculano no Período Pós-Pombalino”, *Itinerarium, Actas del 3.º Seminário de Investigação 200 anos da morte de Frei Manuel do Cenáculo e 20 anos da morte de Francisco da Gama Caeiro*, Lisboa 20-21 de noviembre de 2014, en prensa.
- CAPMANY SURIS Y DE MONTPALAU, A. DE (1796) – “Noticia del origen, progresos y trabajos literarios de la Real Academia de la Historia. Catálogo de los señores individuos actuales de la Real Academia de la Historia”, *Memorias de la Real Academia de la Historia*, 1, p. CXXXII- CXLIV.
- CARNEY, T. F. (1970) – *A biography of C. Marius*, Chicago.
- CARVALHO, R. DE (1993) – “Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa”, *Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa*, Lisboa.
- CASTELLANO HERNÁNDEZ, Á., GIMENO, H. y SYTLOW, A. U. (1999) – “Signacula. Sellos romanos en bronce del Museo Arqueológico Nacional”, *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 17, p. 55-95.
- CASTELO BRANCO, J. BARBOSA CANAES DE FIGUEIREDO (1851) – “Apontamentos à cerca da Villa de Soure”, *Historia e Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa. Classe de Ciências Moraes e Bellas Lettras*, 2.ª série, III,I (vol. XVI), Lisboa.
- CASTRO VIGO, E. (2009) – “Un nuevo ejemplar de los llamados bronzes votivos sacrificiales”, *Gallaecia* 28, p. 131-138.
- CAYLUS, M. LE COMTE DE (1752) – *Recueil d’antiquités égyptiennes, étrusques, grecques et romaines*, I, Paris.

- CENÁCULO VILLAS-BOAS, M. DO (1790) – *Disposições do Superior Provincial para observancia regular, e literária da Congregação da Ordem Terceira de S. Francisco destes reinos, feitos nos annos de mil setecentos e sessenta e nove e setenta*, Lisboa.
- CENÁCULO VILLAS-BOAS, M. DO (s.a.) – *Album de antiguidades lusitanas e luso-romanas...*, Ms. BPE, CXXIX/1-14, Lápides do Museo Sesinando Cenaculano Pacence (Biblioteca Pública de Évora).
- COFFYN, A. (1985) – *Le Bronze Final atlantique dans la Péninsule Ibérique*. Publications du Centre Pierre Paris 11. Boccard. Paris.
- CONCEIÇÃO, A. DOS SANTOS (1942) – *Soure*, Coimbra.
- CRAWFORD, M. H. (1974) – *Roman Republican Coinage*, Cambridge.
- DE NELL, F. M. (1820) – *Notice sur trois idoles mystiques allégoriques, conservés au Cabinet des antiquités du Compte Nani à Venice*, Vienne.
- DENEAUVE, J. (1969) – *Lampes de Carthage*, Paris.
- DÍAS, M. M. Y SOARES, A. M. (1986) – “Inscrição votiva de Vila Verde de Ficalho”, *Serpa, Fichero Epigrafico* 18, n.º 84.
- DOMINGOS, M. D. (2006). *Frey Manuel do Cenaculo e a Biblioteca Publica. O mecenas*. Lisboa.
- DRESSSEL, H. (1899) – “Lucernae formae”, *Corpus Inscriptiones Latinarum (CIL)*, XV, II,1 (*Inscriptiones Urbis Romae Latinae. Instrumentum Domesticum*), Berolini.
- ENCARNAÇÃO, J. DE (1975) – *Divindades Indigenas sob o Dominio Romano em Portugal*, Lisboa.
- ENCARNAÇÃO, J. DE (1987) – “Soure. Identificados importantes monumentos epigráficos romanos”, *Diário de Coimbra*, 23 de Junho, p. 5.
- ENCARNAÇÃO, J. DE (1989) – “Divindades indígenas da Lusitânia”, *Os Portugueses e o Mundo*, 6, p. 103-115 [reed. em *Conimbriga*, 26, 1987, p. 5-37.
- ENCARNAÇÃO, J. DE Y GAIDÃO, R (2015) – “As informações epigráficas de Frei Lourenço do Valle”, em M. Romão, coord., *MIRA. Homenagem a Justino Mendes de Almeida*, Lisboa, p. 27-41.
- ÉSPERANDIEU, E. Y ROLAND, H. (1959) – *Bronzes antiques de la Seine Maritime*, Paris.
- ÉTIENNE, R. Y FABRE, G. (1976) – “Épigraphie”, *Fouilles de Conimbriga*, II, Paris, p. 7-232.
- EVANS, R. J., (1995) – *Gaius Marius. A political biography*, Pretoria.
- FAIDER-FEYTMANS, G. (1979) – *Les Bronzes Romains de Belgique*, Mainz, Philipp von Zabern.
- FERNÁNDEZ CASTRO, M. C. (1989) – “Acerca de la cierva ibérica de bronce del British Museum”, *Homenaje al Profesor Antonio Blanco Freijeiro*, Madrid, Universidad complutense, p. 107-130.
- FERNÁNDEZ GÓMEZ, F. Y FERNÁNDEZ HURTADO, L. (1991) – “Lucernas romanas del Bajo Guadalquivir”, *Revista de arqueología*, 126, p. 32-43.
- GARCÍA-BELLIDO, M. P. (2001) – “Lucus Feroniae Emeritensis”, *Archivo Español de Arqueología*, 74, p. 53-71.
- GARCÍA, J. M. (1987) – “Da epigrafia votiva de Conimbriga. Observações e novos monumentos”, *Conimbriga*, 26, p. 39-59.
- GARCÍA, J. M. (1991) – Religiões antigas de Portugal. *Aditamentos e observacoes as “Religiões da Lusitania” de J. Leite de Vasconcelos (RAP)*, Lisboa.
- GASOW, A. (2015) – *Cicero Rede “Pro Plancius” und die Lex Licinia de sodaliciis*, Grin Verlag (e-book).
- GIARDINO, C. (1995) – *Il Mediterraneo Occidentale fra XIV ed VIII secolo a. C. Cerie minerarie e metallurgice (British Archaeological Reports International Series 612)*, Oxford.
- GOMEZ DE SOTO, J., COORD. (2009) – “Pour finir avec le Bronze Final? Les haches à douille de type armoricain en France”, *De l’âge du Bronze à l’âge du Fer en France et en Europe occidentale (Xe-VIIe siècle av. J.-C.) La moyenne vallée du Rhône aux âges du Fer. Actes du XXXe colloque international de l’A.F.E.A.F. (Revue Archéologique de l’Est, supplément 27)*. Dijon, p. 507-512.
- GOMEZ DE SOTO, J. (2015) – “Les haches à douilles de type armoricain. Les haches à douilles de type armoricain: une production strictement de l’âge du Fer. Critique des sources documentaires afférant à leur chronologie”, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 2015, 112,1, p.117-136.
- GROTE, A., ED. (1994) – *Macrocosmos in Microcosmo. Die Welt in der Stube. Zur Geschichte des Sammelns 1450 bis 1800*, Opladen.
- GUARDIA, M. (1981) – *El Gran Cabrón del Aquelarre en Goya*, Zaragoza.
- GUERRA, A. (2002) - “Omnibus Numinibus et Lapitearum: algumas reflexões sobre a nomenclatura teonímica do Ocidente peninsular”, *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 5,1, p. 147-159.
- HARDACKER, R. (1976) – “Las hachas de cubo en la Península Ibérica”, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonenses*, 3, p. 151-171.
- HEICHELHEIM, F. (1931) – “Mervasecus”, *Paulys Real-Encyclopädie der Classischen Altertumswissenschaft*, XV,1 (tomo 29,1), Stuttgart, col. 1070.
- HEICHELHEIM, F. (1955) – “Vasecus”, *Paulys Realencyclopädie der Classischen Altertumswissenschaft*, II (tomo 15), Stuttgart, cols. 439 e 440.

- HERCULANO, A. (1843) – “A Dama Pé de Cabra”, *O Panorama*, 2,9 al 21.10 de 1843 (reed. Lisboa, 2012).
- HOLDER, A. (1907) – *Alt-Celtischer Sprachschatz*, III, Leipzig.
- HÜBNER, E. (1869) – *Corpus Inscriptionum Latinarum*, II. *Inscriptiones Hispaniae Latinae* (CIL II), Berlín.
- HÜBNER, E. (1871) – *Noticias Archeologicas de Portugal*, Lisboa.
- HÜLSEN, CH., MOMMSEN, TH. y HENZEN, W. (1893) – *Inscriptiones Latinae antiquissimae ad C. Caesaris mortem. Consilio et auctoritate Academiae litterarum regiae Borussicae cura Guilelmi Henzen et Christiani Huelsen. Elogia clarorum virorum cura Theodori Mommsen et Christiani Huelsen. Fasti anni Iuliani cura Theodori Mommsen. Fasti consulares ad A. V. C. DCCLXVI Pars prior* (*Corpus Inscriptionum Latinarum*, I,2,1), Berolini.
- IMPEY, O. y MAC GREGOR, A., EDS. (2017) – *The Origin of Museums. The Cabinet of Curiosities in Sixteenth- and Seventeenth-Century Europe*, Oxford.
- IVANYI, D. (1935) – *Pannonische Lampen* (*Dissertationes Pannonicae ser. 2, n.º. 3*), Budapest.
- JIMÉNEZ ÁVILA, F. J. (2002) – *La toreutica orientalizable en la Península ibérica* (*Bibliotheca Archaeologica Hispana*, 16), Madrid,
- JITTA, J.-Z, A. N., PETERS, W. J. T. y VAN ES, W. A. (1969) – *Roman Bronzes from the Netherlands*, II. *Statuetes found South of the Limes*, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- JORDÃO, L. M.^a (1859) – *Portugalliae Inscriptiones Romanas*, Lisboa.
- KEUNE, J. B. (1924-1937) – “Vasecus”, *Ausführliches Lexicon der Griechischen und Römischen Mythologie*, VI, Leipzig-Berlin, cols. 165-166.
- LAMBOGLIA, N. (1949) – *Il teatro romano e gli scavi di Ventimiglia*, Bordighera, Istituto di Studi Liguri.
- LAMBOGLIA, N. y BELTRÁN, A. (1952) – “Apuntes sobre cronología cerámica”, *Caes Augusta* 3, p. 87-89.
- LEIBUNDGUT, A. (1977) – *Die Römische Lampen in der Schweiz. Eine Kultur- und handelsgeschichtliche Studie* (*Handbuch der Schweiz zur Römer- und Merowingerzeit*), Bern.
- LOESCHCKE, S. (1919) – *Lampen aus Vindonissa, Ein Beitrag zur Geschichte von Vindonissa und des Antiken Beleuchtungswesens*, Zürich.
- LONGMAN III, T. y GARLAND, D. E., EDS. (2008) – *The Expositor's Bible Commentary (Revised Edition)*, 1, *Genesis-Leviticus*, Zonderan.
- LUGLI, A. (1983) – *Naturalia et Mirabilia. Il Collezionismo enciclopedico nelle Wunderkammern d'Europa*, Milano.
- MACHADO, A. M.^a. (2011) – “O maravilhoso e a poética da incerteza em A dama do pé-decabra (da idade média ao século XXI)”, *O marrare*, 14, p. 1-17 ([http://www.omarrare.uerj.br/numero14/pdf/tra traducao_de_Batalha_do_art_de_Ana_Maria_Machado.pdf](http://www.omarrare.uerj.br/numero14/pdf/tra%20traducao_de_Batalha_do_art_de_Ana_Maria_Machado.pdf), 28.9.2017).
- MACIEL, M. J. P. (1980) – “O ‘De correctione rusticorum’ de S. Martino de Dume”, *Bracara Augusta* 34, p. 483-575.
- MANGAS, J. (1978) – “Religiones indígenas en Hispania”, *Historia de España Antigua*, II, Madrid, p. 579-611.
- MANGAS, J. (1982) – “Hispania Romana”, en *Historia de España*, 3.^a ed., Barcelona, p. 197-446.
- MAÑUECO, C. (1993) – “Colecciones reales en el Museo Arqueológico Nacional”, en A. Marcos Pous, ed., 1993, p. 189-217.
- MAÑUECO, C. (2004) – “El Gabinete de Antigüedades y el Museo de monedas de la Real Librería (1711-1759)”, en E. SANTIAGO PÁEZ, ed., *La Real Biblioteca Pública (1711-1760) de Felipe V a Fernando VI*, Madrid, p. 301-316.
- MARCADÉ, J. (1971) – “D. Frei Manuel do Cenáculo Vilas Boas, Provincial des Réguliers du Tiers Ordre Franciscain 1768-1777”, *Arquivos do Centro Cultural Português* (Paris), 3, p. 431-458.
- MARCADÉ, J. (1978) – *Dom Frei Manuel do Cenáculo Vilas Boas. Évêque de Beja, Archevêque d'Evora (1770-1814)*, Paris, Centro Cultural Português.
- MARCOS POUS, A. (1993) – “Origen y desarrollo del Museo Arqueológico Nacional”, en A. MARCOS POUS, ED., *De Gabinete a Museo. Tres siglos de Historia. Museo Arqueológico Nacional*. Madrid, p. 23-99.
- MEDEROS, A. (2008) – “Las espadas de tipo Huelva y los inicios de la presencia fenicia en Occidente durante el Bronce Final IIC-III, 1150-950 a.C.”. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, 34, p. 41-75.
- MEDEROS, A. (1997) – “Nueva cronología del Bronce Final en el Occidente de Europa”, *Complutum*, 8, p. 73-96.
- MENÉNDEZ PIDAL, R. (1951) – “Mars Cariciocus y la etimología de ‘Quiroga’”, *Boletim de Filologia*, 12, p. 225-227.
- MENÉNDEZ PIDAL, R. (1968) – *Toponimia Prerrománica Hispana*, Madrid, p. 261-266.
- MONTEAGUDO, L. (1977) – *Die Beile auf der Iberischen Halbinsel (Prähistorische Bronzefunde IX,6)*, München.
- MONTFAUCON, B. de (1719) – *L'Antiquité expliquée et représentée en figures*, I,2, Paris.
- MORÃES, R. (2009) – “Um caso exemplar: Cenáculo e o colecionismo no Portugal de Setecentos”, *Cadmo. Revista de História Antiga*, 19, p. 209-228.
- MORAIS, R. (2011) – *A Coleção de Lucernas Romanas do Museu de Évora (Classica Instrumenta)*, Coimbra.
- MORATO, F. M. TRIGOZO D'ARAGÃO (1815) – “Elogio histórico do Excellentissimo e Reverendissimo D. Fr. Maoel de Cenáculo, Arcebispo de Évora”, *Historia e Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa*, IV,1, Lisboa, p. LXIII-CVIII.

- MORENO JIMÉNEZ, F. (1991) – *Lucernas Romanas de la Bética* (Tesis Doctoral de la Universidad Complutense), Madrid.
- MORILLO, Á. (1999) – *Lucernas romanas de la región septentrional de la Península Ibérica* (*Monographies Instrumentum* 8), Montagnac.
- MORILLO, Á. (2015) – “Lucernas romanas en Hispania: entre lo utilitario y lo simbólico”, C. Fernández Ochoa, A. Morillo y M. Zarzalejos, eds., *Manual de cerámica romana II. Cerámica romana de época altoimperial en Hispania. Importación y producción*, Alcalá de Henares, p. 321-428.
- NALDINI, M., ED. (2015) – *Martino di Braga, Contro le superstizioni (De correctione rusticorum)*, Firenze.
- OLIVARES, J. C. (2002) – *Los dioses de la Hispania céltica* (*Bibliotheca Archaeologica Hispana* 15), Madrid.
- PATROCINIO, M. F. S. (2006) – “O registro das antiguidades lusitanas do Sul no legado documental de D. Manuel de Cenaculo”, *Promontoria*, 8, p. 17-36.
- PATROCINIO, M. F. S. (2007-2008) – “‘Tempos de fenícios’: O tema do orientalismo e as suas descobertas nos documentos de D. Manuel do Cenaculo”, *A cidade de Évora II, série 7*, p. 99-124.
- PEREIRA, J. ESTEVES (1989) – *O pensamento político em Portugal no Século XVIII*, Lisboa.
- PETERSSON, T. (1963) – *Cicero. A Biography*³, New York.
- PINHO LEAL, A. SOARES D’AZEVEDO BARBOSA DE (1880) – *Portugal Antigo e Moderno*, IX, Lisboa.
- PINTO, A. J. NUNES (2002) – *Bronzes figurativos romanos de Portugal*, Lisboa.
- POKORNY, J. (1959) – *Indogermanisches Etymologisches Wörterbuch*, vol. I, Bern/München.
- POMIAN, K. (1987) – *Collectionneurs, amateurs, curieux. Paris-Venise, XVI-XIIIe siècles*, Paris.
- PONSICH, M. (1961) – *Les lampes romaines en terre cuite de la Maurétanie Tingitane*, Rabat.
- PRÓSPER, B. M.^a. (2002) – *Lenguas y religiones prerromanas del occidente de la Península Ibérica* (*Acta Salmanticensia. Estudios filológicos* 295), Salamanca.
- PROVOOST, A. (1976) – “Les lampes antiques en terre cuite. Introduction et essai de typologie générale avec des détails concernant les lampes trouvées en Italie”, *L’Antiquité Classique*, XLV, p. 5-39 y 550-86.
- REINACH, S. (1908) – *Répertoire de la statuaire grecque et romaine*, II, Paris.
- REINACH, S. (1913) – *Répertoire de la statuaire grecque et romaine*, IV, Paris.
- REINACH, S. (1924) – *Répertoire de la statuaire grecque et romaine*, V,1, Paris.
- REINACH, S. (1930) – *Répertoire de la statuaire grecque et romaine*, VI, Paris.
- RHYS, J. (1913-1914) – “The Celtic inscriptions of Cisalpine Gaul”, *Proceeding sof the British Academy* 6, p. 23-112.
- RIBEIRO, J. CARDIM (1989) – “O teónimo Vasegus”, *Conimbriga*, 28, p. 124-156.
- RICHTER, G. M. (1930) – *Animals in Greek Sculpture*, Oxford.
- RICHTER, G. M. (1950) – *The Sculpture and Sculptors of the Greeks*, New Haven.
- RODRÍGUEZ MARTÍN, F. G. (2005) – *Lámparas* (*Real Academia de la Historia. Catálogo del Gabinete de Antigüedades. Antigüedades Romanas II*), Madrid.
- RODRÍGUEZ MARTÍN, F. G. (2000) – *Lucernas romanas del Museo Nacional de Arte Romano (Mérida)* Madrid.
- ROHLFS, G. (1985) – *Antroponimia e toponomastica nelle lingue neolatine. Aspetti e problemi*, Tübingen.
- RÖSCHER, W. H. (1965) – s. v. “Pan”, *Ausführliches Lexikon der griechischer und römischer Mythologie*, III,1², Hildesheim (reed. Leipzig, 1897-1902), col. 1347-1406.
- SAA, M. (1959) – *As Grandes Vias da Lusitania*, II, Lisboa.
- SARMANT, T. (1994) – *Le Cabinet des médailles de la Bibliothèque nationale, 1661-1848*, Paris.
- SCHMOLL, U. (1959) – *Die Sprachen der vorkeltischen Indogermanen Hispaniens und das Keltiberisch*, Wiesbaden.
- SCHNAPP, A. (1998) – *La Conquête du passé*, Paris.
- STEUDING, H. (1884-1886) – “Bmervasegus”, en W. H. Röscher, ed., *Ausführliches Lexikon der Griechischen und Römischen Mythologie*, I, Leipzig, col. 788.
- SZENTLELEKY, Th. (1969) – *Ancient Lamps*, Amsterdam.
- TARAMELLI, A. (1921) – “Il ripostiglio dei bronzi nuragici di Monte Sa Idda di Decimoputzu (Cagliari)”, *Monumenti antichi dei Lincei*, 27, p. 6-107.
- THOUVENOT, R. (1927) – *Catalogue des figurines et objets de bronze du Musée Archéologique de Madrid*, Paris.
- TOUTAIN, J. (1920) – *Les Cultes Païens dans l’Empire Romain*, I. *Les Provinces Latines*, III, Paris.
- TOVAR, A. y NAVASCUÉS, J. M.^a DE (1950) – “Algunas consideraciones sobre los nombres de divinidades del oeste peninsular”, *Miscelânea de Filologia, Literatura e História Cultural à memória de Francisco Adolfo Coelho*, II, Lisboa, p. 178-191.
- TOVAR, A. (1976) – *Iberische Landeskunde*, I,2, *Lusitanien*, Baden-Baden.

- UNTERMANN, J. (1985) – “Los teónimos de la región lusitano-gallega como fuente de las lenguas indígenas”, *Actas del III Coloquio sobre Lenguas y Culturas Paleohispánicas* (Lisboa, 1980), Salamanca, p. 343-363.
- UNTERMANN, J. (1997) – *Monumenta Linguarum Hispanicarum, IV. Die tartessischen, keltiberischen und lusitanischen Inschriften*, Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden.
- VALENTE, J. PULIDO, OLIVEIRA, J. C. ALMEIDA y SANTOS, M. PEREIRA DOS (1982) – “Ara votiva de Mértola (conventus Pacensis)”, *Fichero Epigrafico* 1, n.º 1.
- VALLEJO, J. M.^a (2005) – *Antroponimia indígena de la Lusitania romana*, Vitoria.
- VAN OOTEGHEM, J. (1964) – *Caius Marius*, Namur.
- VASCONCELOS, J. LEITE DE (1895) – “Cabrinhas ou bodes de bronze”, *O Arqueologo Português*, 1, p. 296-301.
- VASCONCELOS, J. LEITE DE (1905) – *Religões da Lusitania*, Lisboa.
- VASCONCELOS, J. LEITE DE (1915) – “Objectos paleolíticos do Casal do Monte oferecidos ao Museu da Academia das Ciências de Lisboa”, Coimbra, Imprensa da Universidade (separata do *Boletim de Segunda Classe*, 8. *Academia das Ciências de Lisboa*)
- VASCONCELOS, J. LEITE DE (1919-1920) – “Estudos sobre a época do bronze em Portugal”, *O Arqueologo Português*, 24, p. 192-197.
- VAZ, F. A. LOURENÇO (2006) – “A fundação da Biblioteca Publica de Évora”, en AA.VV., *Frei Manuel do Cenáculo, constructor de Bibliotecas*, Évora, p. 57-86.
- VAZ, F. A. LOURENÇO (2005) – *Jansenismo e Regalismo no pensamento e na obra de D. Frei Manuel do Cenáculo*, Évora, Universidade de Évora. <http://home.uevora.pt/~fvaz/2005-%20Jansenismo%20e%20Regalismo%20no%20pensamento%20e%20na%20obra%20de%20D.pdf> (consultado 5.8.2016)
- VAZ, F. A. LOURENÇO (2003) – “As Bibliotecas e os Livros na obra de D. Frei Manuel do Cenáculo”, *La Memoria de los libros. Estudios sobre la historia del escrito y de la lectura en Europa y América*, Salamanca, Instituto de Historia del libro y de la Lectura, p. 483-498.
- VAZ, F. A. LOURENÇO, ED. (2009) – *D. Manuel do Cenáculo. Instruções Pastorais, Projectos de Bibliotecas e Diário*. Porto.
- VAZ, F. A. LOURENÇO, ED. (2009a). *Os Livros e as Bibliotecas no Espólio de D. Frei Manuel Do Cenáculo*. Lisboa, Biblioteca Nacional de Portugal.
- VAZ, F. A. LOURENÇO y CALIXTO, J. A., EDS. (2006) – *Frei Manuel do Cenáculo. Construtor de bibliotecas*, Évora.
- VIANA, A. (1952) – “Epigrafia Pacense. As pedras de Cenáculo”, *Arquivo de Beja*, 9, p. 3-17.
- VIVES, J. (1963) – *Concilios Visigóticos e Hispano-Romanos*, Barcelona/Madrid.
- VIVES, J. (1971) – *Inscripciones Latinas de la España Romana (ILER)*, Barcelona.
- VV.AA. (1976) – *Bronzes romains de Suisse* (catálogo de exposición), Lausanne.
- WALTERS, H. B. (1914) – *Catalogue of the Greek and Roman Lamps in the British Museum*, London.
- WATTS, N. H., TRAD. (1989) – *Cicero. Pro Plancio* (Loeb Classical Library 158). Cambridge, Mass.
- WERNICHE, K. (1965) – s. v. “(Pan) Kunstdarstellungen”, en W. H. Röscher, ed., *Ausführliches Lexikon der griechischer und römischer Mythologie*, III,1², Hildesheim (reed. Leipzig, 1897-1902), col. 1406-1481.
- WINCKLERO, I. D. (1736) – *Dissertatio epistolaris de hirco Azazel eiusque ritibus atque mysteriis*, Lipsiae.

Índice

DUAS DÉCADAS DE MICROELECTRÓNICA EM MACAU: DE UM DESERTO A UM LABORATÓRIO DE REFERÊNCIA DO ESTADO CHINÊS	7
<i>Rui Paulo da Silva Martins</i>	
PAPEL DO CONTROLO ESTATÍSTICO DA QUALIDADE EM INDÚSTRIA E SERVIÇOS	63
<i>Maria Ivette Gomes, Fernanda Figueiredo</i>	
GENÓMICA FUNCIONAL DE PLANTAS – UM FUTURO ARRISCADO PARA A NOSSA AGRICULTURA? OU PARA NÓS	73
<i>Rui Malhó</i>	
REALIDADE & MITO (O BAIXO MONDEGO)	85
<i>António Ferreira Soares</i>	
ALIMENTAÇÃO DOS FRADES NO CONVENTO DE JESUS – ESCAVAÇÕES NA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, DATAÇÃO, VERTEBRADOS	107
<i>Miguel Telles Antunes</i>	
O ACORDO DE PARIS E A GEOENGENHARIA	127
<i>Filipe Duarte Santos</i>	
CONHECIMENTO DO UNIVERSO – PROCURA DE VIDA EXTRATERRESTRE	139
<i>José Joaquim Pereira Osório</i>	
DOENÇAS GENÉTICAS NA PINTURA: A ARTE PARECIDA COM A VIDA – DO RENASCIMENTO AO BARROCO	173
<i>José Rueff</i>	
PLANT GENOMES. SCIENTIFIC RESULTS, APPLICATIONS AND DEBATES	181
<i>Pere Puigdomènech</i>	

CARACTERIZAÇÕES ALGÉBRICAS DE ESTRUTURAS COMBINATÓRIAS <i>Eduardo Marques de Sá</i>	191
SUMS AND PRODUCTS OF EQUIVALENCE ORBITS OF INTEGRAL MATRICES <i>João Filipe Queiró, Cristina Caldeira</i>	199
NUTRIÇÃO E ENVELHECIMENTO – O PAPEL DO EQUILÍBRIO METABÓLICO NO ENVELHECIMENTO <i>Cecília Leão</i>	207
LA COLECCIÓN ANTICUARIA DE LA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA <i>Martín Almagro-Gorbea, João Luís Cardoso, Miguel Telles Antunes</i>	211

Índice Onomástico

ANTÓNIO FERREIRA SOARES	
<i>Realidade & Mito (O Baixo Mondego)</i>	85
CECÍLIA LEÃO	
<i>Nutrição e envelhecimento – O papel do equilíbrio metabólico no envelhecimento</i>	207
CRISTINA CALDEIRA	
<i>Sums and products of equivalence orbits of integral matrices</i>	199
EDUARDO MARQUES DE SÁ	
<i>Caracterizações algébricas de estruturas combinatórias</i>	191
FERNANDA FIGUEIREDO	
<i>Papel do controlo estatístico da qualidade em indústria e serviços</i>	63
FILIPE DUARTE SANTOS	
<i>O acordo de Paris e a geoengenharia</i>	127
JOÃO FILIPE QUEIRÓ	
<i>Sums and products of equivalence orbits of integral matrices</i>	199
JOÃO LUÍS CARDOSO	
<i>La colección anticuaria de la Academia das Ciências de Lisboa</i>	211
JOSÉ JOAQUIM PEREIRA OSÓRIO	
<i>Conhecimento do Universo – Procura de Vida Extraterrestre</i>	139
JOSÉ RUEFF	
<i>Doenças genéticas na Pintura: a arte parecida com a vida – do Renascimento ao Barroco</i>	173

MARIA IVETTE GOMES	
<i>Papel do controlo estatístico da qualidade em indústria e serviços</i>	63
MARTÍN ALMAGRO-GORBEA	
<i>La colección anticuaria de la Academia das Ciências de Lisboa</i>	211
MIGUEL TELLES ANTUNES	
<i>Alimentação dos frades no Convento de Jesus – Escavações na Academia das Ciências de Lisboa, Datação, Vertebrados</i>	107
MIGUEL TELLES ANTUNES	
<i>La colección anticuaria de la Academia das Ciências de Lisboa</i>	211
PERE PUIGDOMÈNECH	
<i>Plant genomes. Scientific results, applications and debates</i>	181
RUI MALHÓ	
<i>Genómica Funcional de Plantas – Um futuro arriscado para a nossa agricultura? Ou para nós</i>	73
RUI PAULO DA SILVA MARTINS	
<i>Duas décadas de microelectrónica em Macau: de um deserto a um laboratório de referência do Estado chinês</i>	7

