

EXPOSIÇÃO PARTÍCULAS

do bóson de Higgs à matéria escura

NESTE NÚMERO

- Os 30 anos do LIP
- Entrevistas com Ana Godinho, Mário Pimenta e Conceição Abreu
- "Anomaly!" by Tommaso Dorigo
- Muões em Auger e RPCs para detetar neutrões
- Estágios avançados no LIP

EDITORIAL

O ano em que o LIP celebrou o seu 30º aniversário enche as páginas deste Boletim. Não por acaso, podemos defini-lo como um Boletim de diálogos, de comunicação cá dentro e para fora. A física, enquanto motor e objectivo último de todos estes esforços, está presente em todas as páginas.

A exposição “Partículas, do bósão de Higgs à matéria escura” foi um elemento incontornável das comemorações dos 30 anos. A escolha de espaços universitários nas três cidades em que o LIP está presente estreitou a ligação às Universidades que são sócias do LIP e proporcionou grande visibilidade institucional. As inaugurações em Coimbra e em Braga, assim como a sessão pública do dia do aniversário, em Lisboa, são lembrados logo nas primeiras páginas. A exposição prossegue agora o seu caminho no Planetário Calouste Gulbenkian em Lisboa, onde colegas do LIP têm assegurado mensalmente os “Encontros com um Cientista”.

Sob o signo do diálogo, surgem neste Boletim três entrevistas. Os tempos são de mudança, e falámos com o presidente do LIP sobre os desafios que aí vêm. Falámos também com Ana Godinho, que desde Setembro último lidera o grupo ECO - Education, Communication and Outreach do CERN. Também por lá os tempos são de mudança, e este grupo resulta da fusão dos grupos de comunicação e de educação. O estreitar das relações com os gabinetes de comunicação dos institutos no estados membros é um projecto que nos é particularmente caro. E conversámos ainda com a nossa colega Conceição Abreu, presidente da SPF - Sociedade Portuguesa de Física. Fica lançado o desafio de aumentar a cooperação do LIP com a SPF, elemento por excelência de ligação dos físicos à sociedade, nomeadamente através da divisão de física de partículas. Em Setembro de 2016, uma parceria LIP-SPF trouxe a Portugal Arthur MacDonald, Nobel da Física em 2015 e responsável da experiência SNO, que fez uma palestra pública no pavilhão do Conhecimento em Lisboa, visitou as oficinas do LIP em Coimbra, onde estão em produção elementos para o sistema de calibração de SNO+, e abriu o Encontro Nacional de Física 2016 em Braga.

E passemos então à física. Dois seminários realizados recentemente no LIP-Lisboa surgem agora no Boletim. O do nosso convidado Tommaso Dorigo, que nos traz uma interessante reflexão sobre as flutuações estatísticas que periodicamente agitam a comunidade de física de partículas, reflexão baseada no seu livro “Anomaly”, em que se debruça em particular sobre o caso de CDF e discute o o critério dos “5 sigma” usado para validar uma descoberta. Dos projectos, chegam-nos os intrigantes resultados de Auger sobre a abundância de muões em cascatas de raios cósmicos de muito alta energia. Como explicado pelo nosso colega Lorenzo Cazon, este resultado recentemente publicado, tem uma história já longa de escrutínio dentro da colaboração, mas, por outro lado, clama por mais dados, e em particular por uma separação mais directa das componentes electromagnética e muónica da cascata. A esta página chega também como notícia breve a visibilidade que a investigação dos nossos colegas de Coimbra no desenvolvimento de RPCs para detectar neutrões térmicos tem merecido no projecto europeu de que fazem parte. E fica também a promessa de um artigo mais aprofundado nesta área já no próximo Boletim. As páginas dedicada aos lipianos estão cheias de novidades, com a entrada de um novo grupo, prémios e muitas teses defendidas. A todos, as nossas saudações e felicitações.

Não podemos terminar sem referir que demasiado tempo passou sem que saísse um Boletim. Este facto não é alheio à intensa actividade deste ano de comemorações, aliada aos limitados recursos humanos. Aqui deixamos o nosso compromisso de que o próximo Boletim estará aí na Primavera, e de que a reorganização do grupo ECO que está em curso também no LIP permitirá assegurar não só uma maior regularidade na saída do Boletim mas mais actividade e uma melhor divulgação do que se faz. Neste contexto, o Boletim termina, já na contracapa, com uma agenda dos eventos de comunicação, divulgação e formação avançada já previsto para o ano que agora começa.

Votos de um bom 2017 para todos, e para o LIP também!

Catarina Espírito Santo
Pela equipa editorial do Boletim

CONTEÚDOS

DESTAQUES	3
À CONVERSA COM	6
INVESTIGAÇÃO	8
CONVIDADO	10
ENTREVISTA	12
FORMAÇÃO AVANÇADA	14
OUTREACH	16
LIPIANOS	18
AGENDA	20

SIGA-NOS NO FACEBOOK

www.facebook.com/pt.lip

LIP NEWS

edição n.11 janeiro 2017

O boletim do LIP é uma edição da C4 - Comissão Coordenadora do Conselho Científico do LIP. Esta edição teve como equipa editorial Conceição Abreu e Catarina Espírito Santo.

Contribuição/Autores Agostinho Gomes, Bruno Morgado, Catarina Espírito, Diogo Valada, Fernando Barão, Filipe Martins, Guilherme Milhano, Juan Pedro Araque, Liliana Apolinário, Lorenzo Cazon, Márcia Quaresma, Nuno Leonardo, Patrícia Conde, Pietro Vischia, Ricardo Gonçalves, Sofia Andringa, Tommaso Dorigo.

Edição Gráfica Carlos Manuel

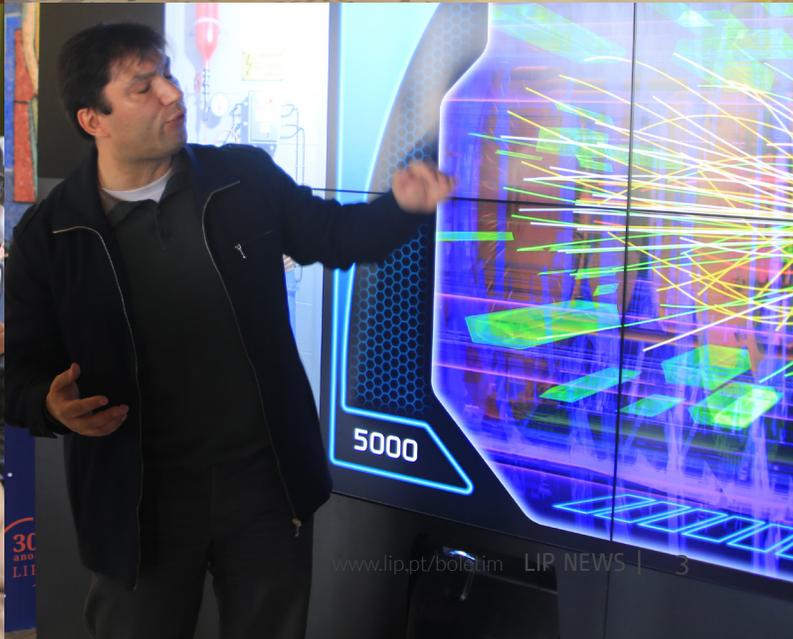
Contatos boletim@lip.pt
www.lip.pt/boletim



30
anos
LIP

30º Aniversário do LIP

No dia 9 de Maio de 2016 o LIP comemorou 30 anos com uma sessão pública na reitoria da Universidade de Lisboa. A sessão incluiu uma palestra de Rolf Heuer, anterior director-geral do CERN, com o título "From (astro) particle physics to application – the role of scientific institutes in the development of society", assim como intervenções da direcção do LIP, do reitor da Universidade de Lisboa, Professor António Cruz Serra, e do ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Professor Manuel Heitor.



Exposição PARTÍCULAS

do bóson de Higgs à matéria escura

No âmbito das comemorações do 30 anos do LIP, foi apresentada nas Universidades do Minho, Coimbra e Lisboa, entre Fevereiro e Maio de 2016, uma exposição sobre os grandes desafios da física de partículas para as próximas décadas. Pode ler-se no início da exposição:

“De que é feito o Universo? Esta é a pergunta a que os físicos de partículas procuram responder, estudando as partículas elementares que compõem tudo quanto existe e a forma como elas interagem entre si. Conhecendo aquilo de que somos feitos, conseguimos também contar a história do Universo, aproximando-nos do momento em que tudo começou.

Para comemorar os seus 30 anos, o LIP convida-o para uma das grandes aventuras da ciência e da tecnologia: uma viagem pelos desafios da física de partículas para as próximas décadas, partindo das mais recentes descobertas em direção ao desconhecido.”

O visitante é assim acolhido e, logo a seguir, ele próprio “acelerado” em direção à exposição, com uma introdução às partículas e uma viagem pelo mundo dos detetores que nos ajudam a “vê-las”. Cada módulo da exposição nos apresenta depois um desafio. Os módulos são partículas: quarks e glúons, bóson de Higgs, antimatéria, neutrinos, matéria escura. E falamos do que se sabe, do que falta saber, das aplicações. E também do papel do LIP nesta aventura, ao longo dos seus 30 anos de existência, e em direção ao futuro. No túnel interativo do LHC, produzido pelo MediaLab do CERN, os visitantes são convidados a acelerar os prótons com a energia de um pontapé e a conversar sobre os resultados da colisão.

A exposição foi apresentada em espaços universitários nas três cidades em que o LIP está presente e trabalha em estreita colaboração com as Universidades locais. Foi inaugurada em Braga no dia 16 de Fevereiro pelo Reitor da Universidade do Minho, Professor António Cunha, no âmbito das comemorações do dia da Universidade, na presença do Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Professor Manuel Heitor. De 5 a 23 de Abril, a exposição pôde ser visitada no Museu da Ciência de Coimbra, no edifício do Colégio de Jesus, onde foi inaugurada pelo reitor da Universidade de Coimbra Professor João Gabriel Silva. Por fim, a reitoria da Universidade de Lisboa, na Cidade Universitária, recebeu a exposição entre 2 e 25 de Maio.

A exposição foi visitada por cerca de 5 mil pessoas e deu considerável visibilidade institucional ao LIP.

Em cima - O túnel interativo do LHC, produzido pelo MediaLab do CERN, é uma peça central da exposição.

Ao centro - Universidade do Minho, 12 de Fevereiro 2016. Inauguração da exposição.

Em baixo - Vista geral da exposição com a mesa do módulo dos detetores em primeiro plano.

Mais informações sobre a exposição e actividades a decorrer em paralelo em www.lip.pt/particulas



© CERN Media Lab



© LIP, 2016



© LIP, 2016

DESTAQUE

A exposição dos 30 anos do LIP no Planetário

Na noite de 30 de Setembro de 2016, Noite Europeia dos Investigadores, a exposição voltou a ser aberta ao público no Planetário Calouste Gulbenkian, em Lisboa, embora sem o Túnel interativo do LHC entretanto regressado ao CERN. Até ao dia 3 de Maio, pretende-se aumentar a visibilidade junto do público escolar, em particular professores e alunos do ensino secundário. Além de visitas guiadas para os grupos que o solicitarem, uma vez por mês decorre a sessão “Encontro com um cientista”: investigadores do LIP apresentam uma palestra dedicada a cada um dos módulos da exposição.

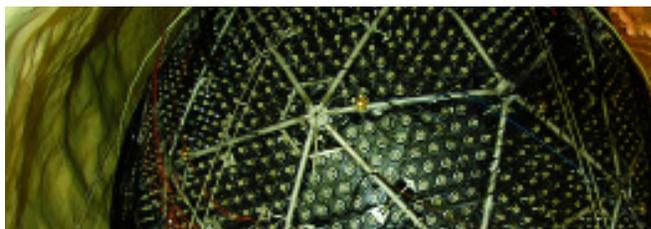
SESSÕES NO PLANETÁRIO:



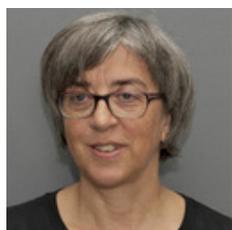
6 Outubro 2016,
“Antimatéria”, Fernando Barão
 (Semana Mundial do Espaço)



3 Novembro 2016,
“Quarks and gluões”
 Helena Santos



24 Novembro 2016,
“Neutrinos”
 Sofia Andringa
 (Dia Nacional da Cultura Científica e Tecnológica)



18 de Janeiro 2017,
“Mistérios do Universo: à procura da matéria escura”
 Isabel Lopes



15 de Fevereiro 2017,
“Detectores de partículas: tecnologia para ver o invisível”
 Alberto Blanco



8 de Março 2017,
“O bosão de Higgs”
 Patrícia Conde Muiño
 (Dia Internacional da Mulher)

3 de Maio 2017,
Sessão de encerramento



à conversa com Mário Pimenta

No momento em que o LIP celebrou 30 anos e enfrenta vários desafios, quer internos quer externos, o Boletim conversou com o Presidente da Direcção do Laboratório.



Porquê e para quê uma mudança dos estatutos do LIP neste momento?

O LIP foi criado há 30 anos num contexto completamente diferente. Não havia de todo investigação em física de partículas em Portugal, e muito pouca em física experimental; não havia experiência de trabalhar em grandes colaborações internacionais. Os estatutos permitiram que durante 30 anos o LIP funcionasse e se desenvolvesse, mas a situação é hoje completamente diferente. O LIP começou com uma dúzia de doutorados, em Lisboa e em Coimbra. Hoje, tem 90 doutorados, 200 pessoas ao todo, pólos em Lisboa, Coimbra e Minho, pessoas em várias universidades. Os próprios sócios mudaram: os sócios fundadores eram o INIC e a JNICT. Hoje, temos a FCT mas também as Universidades. Ao longo do tempo, a participação das pessoas na vida do LIP passou a ser mais efectiva. Temos hoje um conselho científico (CC), uma comissão externa de acompanhamento. Há toda uma prática de há já vários anos que não estava reflectida nos estatutos. Esta mudança tem dois grandes objectivos: adaptar os estatutos ao que são as práticas internas entretanto estabelecidas; e criar um quadro que pode facilitar a entrada de novos associados nomeadamente da FCUL, como entretanto já se verificou.

Quais as mudanças principais? No essencial, o que muda na organização e gestão do LIP?

Como disse, o objectivo é adaptar os estatutos à prática, e também consolidar essa prática. Os novos estatutos consagram a existência de pólos, articulam as direcções locais com a direcção nacional, articulam o CC com a direcção, articulam investigadores e associados na escolha da direcção. Os estatutos implicam ainda a existência de um regulamento interno a ser sufragado por todos — a aprovação deste regulamento é um dos objectivos para 2017 no plano interno. De facto existem no LIP membros com funções e situações profissionais muito diferentes a que devem corresponder direitos e deveres diferenciados. É preciso articular as várias situações na gestão diária do LIP e é preciso articular as competências dos vários órgãos — os novos estatutos criam a mesa e o presidente do CC, as direcções por pólos, etc. Outro aspecto muito importante é a consagração da existência no LIP de infra-estruturas científicas e de computação. Estas infra-estruturas sempre existiram mas tinham uma existência muito interna — é necessário adotar agora um quadro que permita o reforço da sua abertura para o exterior. Para crescer, o LIP precisa que a comunidade exterior saiba o que o laboratório sabe fazer: o LIP é um laboratório de ciência fundamental muito específica, ou tem competências científicas e técnicas úteis para a sociedade em geral? Precisamos de ter consciência das nossas competências e torná-las públicas.

Os estatutos estão aprovados. O que se segue? Quais são os próximos passos neste processo?

No plano interno, o que se segue é precisamente o regulamento interno do LIP, que está entre os estatutos (aprovados pelos associados) e a actividade diária das pessoas no seio dos grupos. Este regulamento deve dar uma visão do LIP como um todo, nas suas várias componentes, e ser uma carta de navegação para as pessoas saberem como funcionar, e motivá-las para outras actividades e formas de participação além do que as trouxe ao LIP. O regulamento pretende dar este enquadramento, não pretende gerir o dia-a-dia — isso são os órgãos de gestão que fazem.

O LIP tem um novo sócio, a FCUL, que na verdade está ligada ao LIP desde a sua fundação. Porque foi este processo desencadeado agora e qual a sua importância?

O LIP foi criado por professores da FCUL, do IST e da Universidade de Coimbra. Foi este o núcleo fundador, e o que cresceu nestes 30 anos. O número de estudantes vindos da FCUL é uma fracção considerável de todos os estudantes que fizeram o doutoramento no LIP. Os sócios do LIP eram essencialmente as agências de financiamento, mas há cerca de seis anos houve a noção de que era importante que as universidades com que o LIP trabalhava passassem a ter uma ligação formal ao LIP como associados. Havia na altura duas universidades em Lisboa, a Universidade de Lisboa e a Universidade Técnica de Lisboa. Por razões dos estatutos da Universidade de Lisboa na altura, a FCUL não tinha autonomia administrativa. Entraram por isso a reitoria da Universidade de Lisboa, e o IST, que tinha essa autonomia. Houve assim uma assimetria criada por condições jurídicas. A situação evoluiu, deu-se a fusão das universidades. Foi preciso trabalhar numa solução que permitisse a entrada à FCUL, que tem agora um estatuto legal diferente, mas sem criar assimetrias regionais. Isto foi corrigido com os novos estatutos — está agora previsto que os associados podem ter entre um e três votos. Neste momento, a representação é igual para cada uma das universidades e para a FCT. Isto quer dizer que temos um quadro que permite acomodar no futuro a entrada de instituições como por exemplo a Universidade do Porto, que tem uma faculdade de ciências e uma faculdade de engenharia bem diferenciadas.



Para 2017, quais os grandes desafios e expectativas?

Temos desafios internos e desafios externos, que estão evidentemente ligados — os desafios internos são uma condição prévia para que consigamos vencer os externos. O desafio maior nos próximos anos é sem dúvida o emprego científico. A estrutura de investigação cresceu muitíssimo nos últimos 30 anos, e em ritmos acelerados até 2010. Teve depois uma fase de estagnação, se não de retrocesso. Mas em todas as fases o problema do emprego científico não foi considerado. O desenvolvimento fez-se muito à base de bolsas. No início, era a solução possível e adequada. Mas ao fim de tantos anos não se pode estruturar uma comunidade científica com base em bolsas. Na minha opinião, o sistema só é harmonioso se houver uma ligação muito forte entre as instituições de investigação e as instituições de ensino superior, sendo uma grande parte dos lugares permanentes oferecidos nas universidades, e sendo a investigação feita nos centros. Isto não exclui a existência de lugares de investigação, em particular no LIP, mas um crescimento significativo por aí é inviável e, mesmo que fosse possível, seria perverso. A solução passa, espero, por uma abertura faseada nas universidades que crie um número suficiente de lugares de carreira para entrarem as pessoas que mostrarem vontade, capacidade, e que têm CV para isso. No caso do LIP, dos 90 doutorados cerca de 40 são precários. E a transição está agora à volta do 46 anos: abaixo dessa idade, contam-se pelos dedos de uma mão os que têm lugar permanente. E é claro que a faixa etária dos 30 aos 50 é fundamental. Se houver quebra de testemunho, há um retrocesso que pode ser fatal. A boa notícia é que a consciência do problema se está a generalizar, há hoje uma pressão muito grande sobre o sistema para encontrar soluções. O desafio para o LIP é ser um participante activo nesse debate, e contribuir para que haja um número razoável de contratações nos próximos quatro anos — digamos 10 a 20, e seria bom que fossem mais 20 do que 10.

Nos desafios externos, o maior é inserir plenamente o LIP na malha científica, técnica e de ensino em Portugal. Por razões nossas de crescimento e de fecho das universidades, acabámos com ligações não tão fortes como podiam e deviam ser. Vai ser preciso um esforço muito grande para alterar este estado de coisas. Sempre fizemos muita coisa, mas de maneira desarticulada e sem que se passasse a ideia do LIP como um todo. Este esforço de facto já começou, com o novo relatório público, a exposição dos 30 anos, a intervenção ao nível do ensino, os programas doutorais. É um caminho que deve ser reforçado e que nos deve permitir também obter novas fontes de financiamento, que serão importantes para o crescimento do LIP. Internamente, temos desafios como melhorar a organização para atingirmos plenamente os nossos objectivos. É óbvio que o desafio primeiro é fazer física fundamental. E temo-la feito bem. Temos linhas de programação de médio-longo prazo que derivam do contexto internacional, e é nessa malha que nos inserimos. Nos próximos anos, no CERN, o High Lumi LHC trará desafios enormes — tecnológicos, de construção de detectores, e também de análise de dados. É a parte em que estou mais descansado. Temos um longo historial e uma capacidade bem demonstrada. Mas não deixam de ser desafios, e cada vez mais exigentes. E implicam a capacidade de atrair os melhores estudantes. Nos últimos 10 anos, como em todo o mundo, a comunidade de astropartículas desenvolveu-se e o LIP tem hoje responsabilidades chave em experiências de raios cósmicos, neutrinos e matéria escura. Existem também enormes desafios tecnológicos e de construção de detectores. Sobretudo graças ao LIP-Coimbra, temos competências grandes e reconhecidas nesta área. Essas competências têm de ser desenvolvidas e enquadradas em projectos que permitam o seu desenvolvimento, o que significa também o seu financiamento. Temos também sinergias com o exterior e com outras áreas, como a física médica e o Espaço. São áreas em que se passa da física fundamental para a física aplicada. Esta passagem das ideias para o mercado é difícil e muitas vezes controlada por grandes empresas. É precisa capacidade de encontrar nichos adequados. No caso do espaço, com a ESA, o quadro de participação está definido, mas ainda assim não é fácil. É um quadro de curta duração, de prestação de serviços a ritmos elevados. Conciliar esta prestação de serviços com desenvolvimento científico e tecnológico não é simples. É esse o grande desafio, mas também uma das grandes oportunidades do LIP para os próximos anos.

Um palavra ainda sobre a área das infraestruturas, nomeadamente na área da computação. O LIP tem tido um percurso notável nesta área, que é uma referência conhecida e reconhecida na comunidade, e em particular no CERN. Nos próximos anos, as responsabilidades na comunidade geral em Portugal vão ser acrescidas, com a Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída, que já foi aprovada. Novamente, um grande desafio e uma oportunidade.

No caso de Lisboa, existe agora o desafio das novas instalações. Pela primeira vez, vamos ter em Lisboa instalações adequadas que vão permitir, além da melhoria das condições de trabalho, ter um conjunto de laboratórios quer para as infraestruturas científicas quer para o ensino. A área consagrada a essas actividades nas novas instalações vai ser cerca de metade do espaço total. Tenho esperança de que a imagem do LIP mude bastante.

Algo não encaixa na fronteira dos 100 TeV

Lorenzo Cazon

Que surpresas nos trarão os novos dados?

Os raios cósmicos de energia extrema abrem janelas para o conhecimento dos fenómenos mais violentos do Universo, mas também para o estudo das interações de partículas a energias inatingíveis nos aceleradores terrestres. Resultados recentemente publicados pelo Observatório Pierre Auger mostram que encontramos mais muões do que esperamos nas cascatas geradas em colisões de partículas a 100 TeV, o que tem recebido alguma atenção nos *media*. Vale a pena perceber a história desta medida e das questões que levanta a sua interpretação.

Na última década, a Colaboração Pierre Auger tem vindo a observar características inesperadas nas cascatas: o número de muões que chega ao chão é substancialmente superior quando comparamos com cascatas simuladas com os modelos hadrónicos mais recentes. Não é claro se deveríamos estar surpreendidos, dado que estes modelos foram testados no LHC apenas até energias bem inferiores, e sem cobrir de todo a região cinemática onde a cascata se desenvolve.

Depois de a ter validado internamente por vários métodos de análise independentes e apresentado em conferências, Auger publicou em 2013 [1] uma medida com cascatas inclinadas (onde a componente eletromagnética foi já completamente absorvida na atmosfera), mostrando que existia de facto um excesso do 30% e 80% com respeito ao previsto pelos modelos pós-LHC, EPOS-LHC e QGSJetII.04 respectivamente. A simulação era

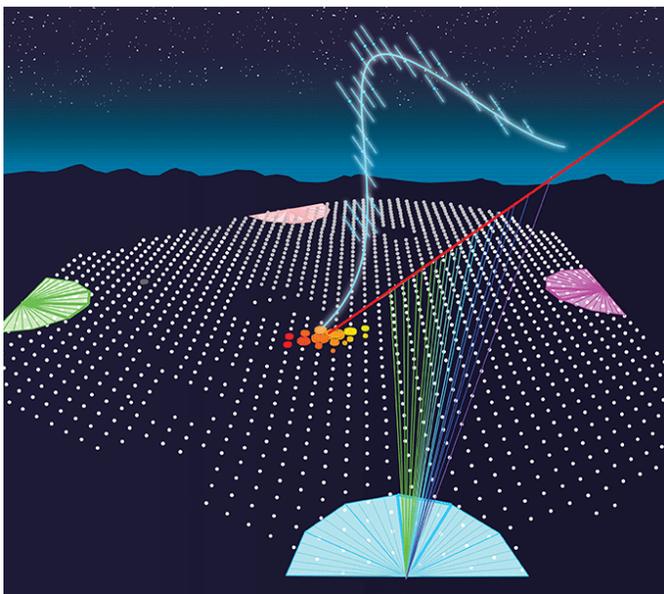


Figura 1: Princípio de detecção de cascatas iniciadas por raios cósmicos de muito alta energia em Auger: os pontos brancos representam os tanques de Cherenkov e os quatro sectores coloridos nas bordas do observatório representam os telescópios de fluorescência. Um conjunto de tanques detecta partículas carregadas da cascata (as dimensão representa a densidade de partículas e a cor o tempo de chegada), permitindo obter o eixo do chuvereiro (linha vermelha). Os telescópios de fluorescência medem o perfil longitudinal da cascata. (imagem tirada de [4]).

sempre feita com a mistura de partículas primárias que acertava a distribuição medida para a variável mais sensível à massa do primário, a profundidade do máximo da cascata eletromagnética. Mas este resultado tinha um *caveat*: a medida da energia da cascata depende do conhecimento preciso da produção de luz de fluorescência na atmosfera, e da monitorização a níveis sem precedentes das qualidades ópticas da atmosfera na região da pampa Amarilla. Dado que o número de muões numa cascata aumenta quase linearmente com a energia, incertezas na escala da energia da ordem de 14% traduzem-se diretamente numa incerteza similar no número de muões. A significância desta discrepância via-se portanto reduzida.

Em 2014, a colaboração Pierre Auger publicou um artigo [2] mostrando que mesmo o modelo que previa com menor discrepância o número de muões no chão (EPOS-LHC) falhava estrondosamente na previsão da profundidade de produção dos muões na atmosfera. Aumentou assim a suspeita de que a física fora da zona do LHC não é de todo a esperada. Ou se calhar havia simplesmente um problema de ajuste fino da cascata, como defendiam os construtores dos modelos. De facto, as sucessivas versões dos modelos hadrónicos já vinham a aumentar o número de muões desde que tinham surgido os primeiros resultados de Auger.

Por fim, após passar severos escrutínios das análises, em que os membros do grupo de Auger do LIP participaram, e depois de se validar a resposta dos tanques de Cherenkov com RPCs *made in Portugal*, em 2016 publicámos na PRL o artigo "Testing Hadronic Interactions at Ultrahigh Energies with Air Showers Measured by the Pierre Auger Observatory" [3], que tem chamando a atenção de muitos (ver por exemplo [4],[5] e [6]). Neste artigo, fomos capazes não só de confirmar o excesso de muões (30% e 50% para EPOS-LHC e QGSJetII.04, respectivamente), agora para inclinações diversas, mas também de medir a escala de energia electromagnética no chão (Figura 2). O resultado indica que esta não precisa de ser grandemente alterada, e que incluindo todas as incertezas derivadas da produção de luz de fluorescência e da óptica da atmosfera o erro é inferior a 10%.

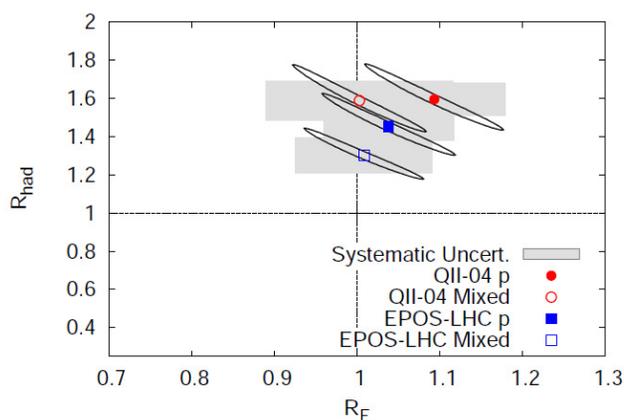


Figura 2: Razão entre o sinal medido em Auger e esperado em diversos modelos, na componente electromagnética (eixo horizontal) e muónica (eixo vertical) da cascata.

INVESTIGAÇÃO

Mas não termina aqui a história. Importa agora perceber quais podem ser as causas deste excesso, e se produzem cascatas coerentes com o resto das medidas de que dispomos, que são bastantes. Existem também no Observatório detectores de nova geração, desde antenas de rádio (que serão capaz de dar uma medida independente da escala de energia) até uma matriz de RPCs debaixo dos tanques de Cherenkov (capaz de medir directamente os muões das cascatas) que nos vai ajudar a conhecer melhor que o que se passa para lá do LHC.

A importância destas linhas de trabalho é dupla: por um lado, ter acesso a física a energias desconhecidas, e quem sabe se haverá surpresas. Por outro lado, reduzir a incerteza dos modelos hadrónicos vai permitir-nos medir a massa dos raios cósmicos de energia extrema, o que, juntamente com as medidas do seu espectro de energia e anisotropia, nos aproximará de uma resposta definitiva sobre a origem das partículas mais energéticas do Universo.

Referências

- [1] Muons in air showers at the Pierre Auger Observatory: Mean number in highly inclined events, Pierre Auger Collaboration (Alexander Aab (Siegen U.) et al.). Aug 6, 2014. 12 pp.
Published in Phys.Rev. D91 (2015) no.3, 032003, Erratum: Phys.Rev. D91 (2015) no.5, 059901
- [2] Muons in air showers at the Pierre Auger Observatory: Measurement of atmospheric production depth, Pierre Auger Collaboration (Alexander Aab (Siegen U.) et al.). Jul 22, 2014. 15 pp.
Published in Phys.Rev. D90 (2014) no.1, 012012, Addendum: Phys.Rev. D90 (2014) no.3, 039904, Erratum: Phys.Rev. D92 (2015) no.1, 019903
- [3] Testing Hadronic Interactions at Ultrahigh Energies with Air Showers Measured by the Pierre Auger Observatory, Pierre Auger Collaboration (Alexander Aab (Siegen U.) et al.). Oct 26, 2016. 9 pp.
Published in Phys.Rev.Lett. 117 (2016) no.19, 192001
- [4] <https://physics.aps.org/articles/v9/125>
- [5] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/nov/03/cosmic-ray-showers-create-more-muons-than-expected>
- [6] <http://www.forbes.com/sites/startswithabang/2016/11/29/cosmic-rays-may-reveal-new-physics-just-out-of-lhcs-reach/#fb210ed4da0a>

RPCs no SINE2020

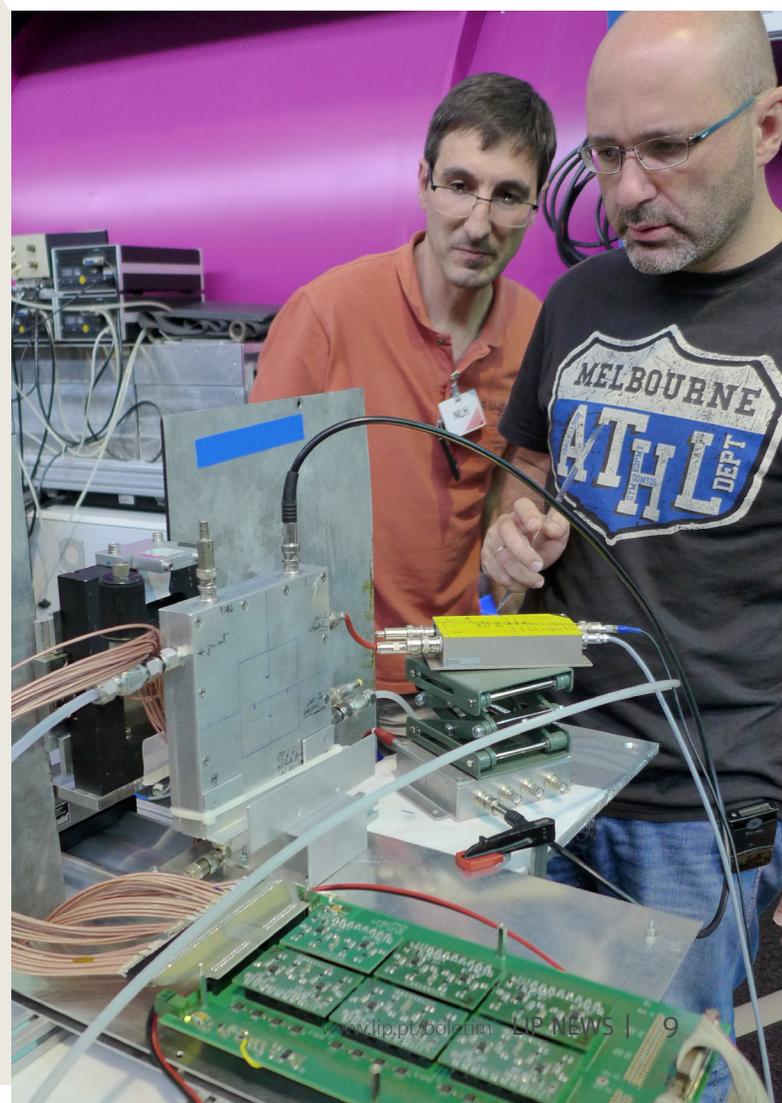
O desenvolvimento de RPCs revestidas com Boro-10 para a deteção de neutrões térmicos (lentos) no LIP, no âmbito do projeto europeu SINE2020, foi destacado no site do projeto:

What if neutron scattering uses the same type of detectors used to look into space?

Resistive plate chambers (RPCs) are widely used for large area detectors (over 100m²), as for instance, in High Energy Physics to study the nature of the particles that constitute matter or in Astroparticle physics to observe cosmic rays. These detectors, due to their simple structure, are not expensive, which make them very suitable for large area applications. Despite the simplicity, they provide very good spatial resolution and very fast timing. Researchers from LIP Coimbra, Portugal, are investigating the use of RPCs for neutron scattering detectors in the framework of the SINE2020 Detectors work-package.

ver artigo completo em:
<http://sine2020.eu/news-and-media/what-if-neutron-scattering-uses-the-same-type-of-detectors-used-to-look-into-space.html>

Fica prometido um artigo mais aprofundado sobre estes temas para o próximo Boletim!



"Extraordinary Claims: the 0.000029% solution"

A seminar at LIP

by Tommaso Dorigo

On October 27, I visited Lisbon to give a seminar at LIP.

The institute is a member of the AMVA4NewPhysics network, an european "Innovative Training Network" funded under the Horizon2020 program. I am grateful to Prof. Joao Varela for the invitation, and I enjoyed a lot the visit and the hospitality of the researchers there.

The AMVA4NewPhysics members in LIP are physicists who work in the CMS experiment; I share with them an interest in Higgs boson physics, and in fact we are devising two parallel strategies to study the self coupling of the Higgs boson, a parameter which determines how likely it is that a Higgs particle splits into two identical copies of itself. This parameter is called "lambda", and the only way to measure it is by studying a rare process at the Large Hadron Collider: the production of events with two Higgs bosons. While my group in Padova does that by searching for events containing four b-quark jets (each Higgs boson in fact can decay to a b-quark pair), LIP looks for events where a Higgs boson decays to a b-quark pair and a second one decays to a tau-lepton pair.

In this short post I cannot go into the details of the lecture I gave last October, which lasted almost one hour. Besides, if you were really interested, you could read the details in a publication of mine,

http://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/pdf/2015/14/epjconf_icnfp2014_02003.pdf.

Here I can give you the flavour of what it was about. The title was "Extraordinary Claims: the 0.000029% Solution". The focus is indeed on the "five-sigma" criterion which is commonly used by particle physicists to decide whether an observed signal is strong enough to allow them to claim they have observed a new phenomenon. Five sigma, i.e. five standard deviations for a Gaussian distribution, correspond to a probability of 0.00000029. In other words, in particle physics one needs that very high level of confidence on the strength of an effect before one can safely claim it is meaningful.

The setup of collider searches for new particles or new phenomena is the one where you assume that your data follow some pre-existing and well-tested model. This is your "null hypothesis". High-energy physicists usually identify that with the Standard Model, the theory that describes the phenomenology of particle collisions and all subnuclear reactions. One then computes the probability to observe data at least as discrepant with that "null hypothesis" as the one that one has actually gotten. This defines the "p-value". That p-value must be smaller than $2.9 \cdot 10^{-7}$ to claim a discovery.

In my lecture I went into quite a bit of detail of the history of the criterion to set the stage for a critical assessment of the few pros and the many cons of having a fixed, and totally arbitrary,

threshold for the many searches for standard and non-standard signals, be them indicative of new physics or just confirmations of the Standard Model.

The idea of setting the bar at five sigma was born in 1968, when Arthur Rosenfeld, a Berkeley physicist, noted that many claims of observation of new hadrons were being put forth by colleagues who analyzed particle reactions in bubble chamber experiments. Unfortunately, those claims were not credible, as one would roughly expect the same number of deceptive statistical fluctuations to appear in the thousands of histograms that were being studied. In other words, the physicists were looking for anomalies in too many places, and it was thus unsurprising that they found some — but those were not signals of new physics, but rather just fluctuations enhanced by the large number of tests that were carried out.

By going through the history of particle physics from the sixties to our days, I could show how the five-sigma criterion was or was not used in the past, and whether it did protect physicists from putting forth false discovery claims. In so doing I was able to discuss some history of the CDF experiment, and the quest for new physics that went on in the eighties and nineties there. I wrote a book on the matter - it is called "Anomaly! Collider Physics and the Quest for New Phenomena at Fermilab". It is a book for laypersons where I try to explain the physics but also the sociology of a big experiment rich with physicists keen for searches of anomalous effects in the data. You can find more information on the book at the World Scientific web site

<http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/q0032>.

In the remainder of this piece I will give you an example of the kind of prose of the book, which is written in a colloquial way and where I have tried to reconstruct real conversations that took place among the collaboration members when they were trying to argue in favour or against the publication of controversial data analysis. I hope you like it. The episode described below is from chapter 6, which describes the frantic last few months before CDF finally published an article describing the first evidence of a top quark signal in their data. Evidence, not discovery: they had a three-sigma effect in their hands, not five sigma!

Convidado

From the book "Anomaly!" by Tommaso Dorigo, chapter 6

The real question was whether anything about the Event Structure could also be said at the conference. Bellettini this time had a convincing argument in favor of that. His student Marina Cobal was now close to finishing her Ph.D. thesis. A physicist who could not demonstrate the trust of her colleagues by speaking on behalf of the collaboration would be seriously hampered in her post-Ph.D. job search. The chance to present CDF results would repeat itself after Marseille, yet the problem would not go away. On the contrary, those events in the tail of the jet ET spectra had started to be regarded, for good or bad, as a systematic effect rather than a statistical fluke. Hence, it was only natural to expect that additional events would be found with the addition of new data that the Tevatron was continuing to deliver. Furthermore, a heavy top quark - one with a mass in the 150-170-GeV range - was now being suggested by indirect information collected by the LEP experiments. This made Grassmann's analysis a problem destined to grow bigger for CDF, as its sensitivity to the top signal was comparatively higher if the mass of the particle was larger.

A compromise had to be struck. The conveners discussed the matter with the spokespersons, and a solution was found. Marina would present a short talk on results of "New particle searches at CDF" in a parallel session, and in her slides she would be allowed to insert one graph from her own analysis. The graph showed the characteristics of her top candidates in the plane defined by the measured transverse energy of the second and third jet. That "ET,2 vs ET,3" graph was the "money plot" summarizing the Event Structure search. The figure compared the VECBOS expectation to real data that had been collected until then during Run 1. In showing the graph, it was agreed that Marina would read a carefully crafted sentence, a disclaimer stressing that CDF did not consider the outlier top-like events an evidence of top production in their data, due to the untrustworthiness of the background distribution they were compared with.

Marseille 1993 turned out to be a huge conference for particle physics standards: 800 participants from 39 countries around the world gathered there at the end of July. The conference was organized in two three-day parts: an initial phase of 19 parallel sessions, where short presentations could be made on very specific topics, followed by a second phase of plenary sessions with broader summary talks. This was an important time for particle physics. The LEP experiments had recently collected a much larger bounty of Z bosons than what had been accumulated in previous years, thanks to the improved performance of the accelerator. There were obviously great expectations for the precision measurements of electroweak parameters that they would present. In addition, of course, many attendees were curious to know whether the Tevatron would show first indications of a heavy top quark.

Marina gives her talk in parallel session 9, in front of scores of colleagues interested in new particle searches, the topic of the session. This is her first important talk at an international conference, and she is visibly tense and a bit scared. Finally, she places on the projector the controversial transparency with the ET,2 vs ET,3 scatterplot, with the tantalizing clustering of three black data points on the top right corner, where backgrounds

can hardly contribute. Facing the large screen where the slide is projected, she waves at the graph with a pointing stick.

"So as you see in this plot, the black points are experimental data from Run 1, and the boxes indicate the expected contribution from W + jet backgrounds as predicted by the VECBOS simulation."

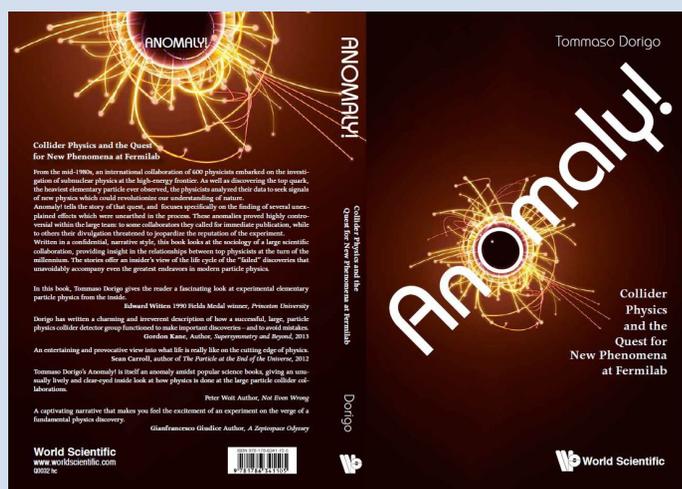
Then she duly supplements the description with the mandatory disclaimer, reading aloud the text spelt in thick black letters under the graph:

"Due to the large uncertainty in the modeling of backgrounds, this distribution cannot be taken as an indication of a departure of the data from known sources."

But then Marina turns her back to the screen and faces the audience, looking at them as she adds, with a different tone of voice:

"I have been asked by the CDF collaboration to read you that sentence, however I believe that these outlier events are hard to explain with backgrounds alone, while they fit quite well with the hypothesis of being due to the decay of pairs of heavy top quarks."

The audience is taken aback. CDF has a top signal after all! Among the listeners are several of Marina's CDF colleagues. One of them is Melissa Franklin. She stands up and publically objects, criticizing with colorful words the bad service that Marina is doing to the collaboration. But Marina is not intimidated and retorts that as a scientist she has the right to express her personal views. After some further exchanges, the convener manages to stop the discussion, but the scientists in the room have gotten the message. CDF may be seeing the first top events, and there are internal conflicts on how to handle the matter. But that is only the beginning: in the course of the following months, the rumors about the status of top searches in CDF will continue to grow.



Entrevista a Ana Godinho

Estudou bioquímica na Universidade de Coimbra e doutorou-se em neurobiologia do desenvolvimento no King's College. Fez o mestrado em comunicação de ciência ainda no UK. Coordenou os gabinetes de comunicação do Instituto Gulbenkian de Ciência, do Institute for Stem Cell Research da Universidade de Edimburgo, e da FCT. Desde Setembro, lidera o grupo ECO – Education, Communications and Outreach do CERN. Entre uma reunião e outra, o Boletim conversou com Ana Godinho na cafeteria do CERN.



Como aconteceu isto de vires parar ao CERN?

Vi a posição anunciada em Dezembro de 2015. Decidi concorrer, porque juntava três aspectos muito interessantes: era uma posição já bastante senior em comunicação, exigente em termos de responsabilidade, o que fazia sentido considerando o meu percurso profissional; era no CERN, uma organização internacional, mas também um centro de investigação, e depois da passagem pela FCT — que foi incrível e onde aprendi imenso — eu tinha vontade de voltar a um centro de investigação; por fim, a física de partículas — uma área diferente da minha área científica de formação, e nova para mim. Eu tinha assistido em 2012, no ESOF, a uma palestra do Lyn Evans; foi pouco depois do anúncio da descoberta do Higgs. Achei a palestra fascinante, deixou-me arrepiada. A forma como ele descreveu todo o processo, os dados a acumularem-se, a emoção que sentiram. Era lindo! E também envolto num certo mistério, por ser muito diferente das áreas em que tinha trabalhado.

No teu percurso, há evidentemente o salto da ciência para a comunicação. Mas ao princípio trabalhaste em áreas próximas daquelas em que tinhas feito ciência. Depois veio a FCT, uma agência de financiamento; e agora o CERN. Foi a comunicação a ganhar terreno?

Sim, sim. Quando comecei a trabalhar em comunicação de ciência não gostava que as pessoas dissessem que fazia relações públicas. Explicava sempre que não, que era comunicação de ciência. Interessava-me aquilo a que os anglófonos chamam *outreach*, e também a parte da educação não formal em ciência. Depois, aos poucos, fui começando a fazer também a parte da comunicação institucional nos institutos em que trabalhava. As pessoas que têm um *background* científico começam muitas vezes por querer comunicar a ciência. Mas de facto é muito difícil separar totalmente as coisas. Mesmo aqui no CERN, a decisão foi de juntar as três áreas [divulgação, educação, comunicação] — evidentemente, não há uma pessoa que faça as três coisas, são equipas diferentes, mas estamos todos dentro do mesmo grupo.

Como referiste o CERN acabou de juntar a comunicação e educação. Revês-te neste modelo?

Sim, revejo-me. Eu disse isto ontem na reunião do IPPOG [International Particle Physics Outreach Group], que já várias pessoas comentaram comigo que não faz sentido juntar *outreach* e comunicação, pois são modos de pensar e de agir muito diferentes. É verdade. Mas eu acho que faz sentido juntar as áreas num mesmo grupo, porque há muitas sobreposições, muitas

sinergias possíveis. Penso que é vantajoso tratá-los de forma unificada. Sim, identifico-me com este modelo.

O que algumas pessoas temiam era que com grupos grandes e separados há tanto tempo a alteração trouxesse mais problemas do que soluções. Achas que vai funcionar?

Vamos ver, mas estou convencida de que sim! A reestruturação é recente, do início de 2016, e até Setembro o grupo esteve sem coordenador, foi a directora de relações internacionais que, de forma exemplar, coordenou o grupo durante todo o processo de selecção do novo “group leader”. Do que conheço da equipa penso que vai resultar e que é uma boa aposta. A interacção entre os sub-grupos é muito boa, as pessoas conhecem-se, estamos a conseguir identificar sinergias. Temos muitas reuniões conjuntas e nunca há um assunto que não interesse aos outros, há sempre uma ligação qualquer entre os temas tratados. Portanto, faz sentido estarmos todos juntos, a seguir a mesma estratégia de fundo.

Na tua apresentação nos encontros Ciência 2016, em Lisboa, falaste na importância de estreitar os contactos com a comunicação dos laboratórios dos estados membros. O que está previsto nesta área?

É algo que considero importante, e que descobri entretanto já existe em parte, através do grupo IPPOG e sobretudo da rede EPPCN [European Particle Physics Communications Network], esta última é uma rede de comunicadores do CERN e dos vários estados membros. Depois de apenas dois meses ainda não estou muito por dentro de como funciona o EPPCN — vou na próxima semana à reunião de Outono aqui no CERN e espero aprender mais. A possibilidade de chegar mais perto dos gabinetes de comunicação nos diferentes institutos está em aberto; é certamente interessante. Ainda não começámos a trabalhar nisso, mas existem ideias. Por exemplo, no caso do Reino Unido e dos Estados Unidos, existem dentro do *press office* do CERN pessoas que levam para o seu país notícias relevantes, escrevem por exemplo para a revista *Symmetry* (publicada pelo Fermilab e SLAC, nos EUA) ou para os canais do STFC (Science and Technology Facilities Council) e trazem para o CERN notícias do país relacionadas com o CERN. Seria interessante alargar isto... mas com 22 estados membros será preciso ver como e até que ponto é possível.

Olhando para o teu percurso, já mais do que uma vez foste para instituições montar o gabinete de comunicação. Foram as circunstâncias, ou é isso que gostas de fazer? Aqui, o desafio é diferente...

Foi coincidência, mas de facto é verdade, aconteceu várias vezes. Não foi por opção, foram as circunstâncias, as instituições estavam nessa fase. Aqui, é realmente muito diferente. Este é um desafio novo também nesse sentido. O CERN tem experiência reconhecida, e um historial de comunicação, educação e *outreach* muito extenso e muito forte.

Nós já conhecemos um CERN que comunicava muito menos. Como vê o trabalho que o CERN faz hoje na comunicação?

O CERN comunica extremamente bem e o trabalho que se faz é muito bom. As coisas mudaram muito por influência do anterior director geral Rolf Heuer — houve grande empenho na comunicação institucional, no contacto com os *media*, mas também na abertura do CERN ao público. O CERN recebe cerca de 170 mil visitantes por ano, e quase 300 mil pedidos. Hoje, o CERN está sem dúvida no mundo da comunicação digital, e estamos cada vez mais a reduzir o papel. Também em termos de *outreach*: quase todos os pontos de visita têm exposições multimédia interactivas, é trabalho de vanguarda, que é feito cá, quer a concepção quer o desenvolvimento. E, claro, as duas exposições — *Microcosm* e *Universe of Particles* — são exposições fascinantes. Há muito mais a fazer, projectos novos a iniciar, mas não estamos a começar do nada. O desafio principal é prosseguir o bom trabalho, agora integrando as três vertentes (educação, comunicação e *outreach*), em estreita sintonia com os desafios científicos que o próprio CERN enfrenta.

Quais são os principais desafios para a comunicação do CERN?

De todas as conversas que tenho tido com as pessoas, a grande pergunta é: e se não surgir nenhuma grande descoberta nos próximos anos? Por outro lado, existem muitos planos para o futuro, o LHC de alta luminosidade, e também para o pós-LHC. São projectos muito dispendiosos, que precisam de ser justificados.

Estamos neste momento a preparar a nova estratégia de comunicação, e posso dizer que há duas ideias chave: por um lado, explicar que precisamos de melhorar a infra-estrutura de aceleradores para ir mais longe — se não se descobrir nada nos próximos dois ou três anos, é porque os instrumentos que temos hoje provavelmente não o permitem. E por outro lado, dar relevo às pequenas descobertas, aos pequenos avanços que não são a descoberta do Higgs mas são ainda importantes. E também às outras experiências, as que não são as grandes experiências do LHC. Nestas frentes entra a comunicação de ciência, o *public engagement*. É preciso explicar a importância destas pequenas descobertas para o todo do empreendimento científico. É preciso encontrar histórias para contar, e as pessoas que as poderão contar.

Será também importante comunicar o impacto do CERN — da tecnologia que utiliza e desenvolve, etc. — o que já é, de certa forma, comunicado hoje.

Como é chegar ao CERN pela primeira vez?

Foi muito bom! Na verdade, quando se chega, o espaço em si não impressiona: os edifícios são antigos, são corredores e corredores de gabinetes, e zonas que parecem estaleiros de obras. Vim pela primeira vez em Abril num dia muito cinzento... mas depois basta circular, sentir o burburinho de pessoas a pensar e a trocar ideias, sempre com o computador debaixo do braço. Sentia falta disso, de voltar aos lugares onde a investigação se faz. E o ambiente internacional, com pessoas de tantos países diferentes! Agora,

todos os dias aprendo algo de novo sobre o CERN e sobre a física que aqui se faz... há sempre qualquer coisa nova. E estou ansiosamente à espera do *technical stop* para ir lá abaixo, ver o LHC e os detectores. Mas já fui ao CCC [CERN Control Centre], ao SM18 Test Facility [onde testam os magnetes e instrumentos a baixas temperaturas]. Os pontos de visita do público nestas zonas estão fantásticos.

E Portugal? Como é Portugal visto do CERN / pelo CERN?

Portugal é um estado membro com algum peso, com uma comunidade muito respeitada, em especial tendo em conta a dimensão do país e da comunidade de física de partículas. Muitas das pessoas que encontro falam no José Mariano Gago; muitos conheceram-no pessoalmente. E falam dele com grande admiração e respeito. Como pessoa, e pela instituição LIP. A nível político e na área da comunicação, Portugal é visto como um bom parceiro, com muito trabalho desenvolvido. Em particular com as escolas para professores em língua portuguesa.

No LIP, estamos a tentar estruturar melhor a parte da comunicação. Também temos agora um LIP-ECO, com três pilares: comunicação institucional, divulgação e educação, formação avançada. Que conselho nos darias?

É importante trabalhar muito próximo da direcção, dos processos de decisão. Porque é preciso definir claramente quais são os objectivos da comunicação, as mensagens-chave para os diferentes públicos, e elaborar o plano de comunicação. Este deve estar alinhado com o plano estratégico da organização como um todo.

Em relação à equipa... é fundamental ter alguém para os *media*, alguém para as redes sociais, e um *designer*. E é difícil uma mesma pessoa acumular funções.

Aqui no CERN, temos reuniões editoriais todas as semanas, à segunda-feira, para definir o conteúdo editorial para os vários canais (*website*, redes sociais, publicações). É preciso encontrar as histórias, e os vários grupos devem contribuir. E todos querem contribuir, pelo que é preciso ter uma linha editorial forte, e a estratégia de comunicação pode ser muito útil também aqui.

Não posso deixar de fazer esta pergunta: como foi comunicar a FCT entre 2011 e 2015?

Na verdade, quando fui para a FCT esperava fazer mais comunicação de ciência do que fiz. O que eu gostava de ter criado na FCT era um gabinete de comunicação de ciência. Parecia-me, e parecia à direcção da FCT, que faltava dar a conhecer os resultados, mesmo os pequeninos, da investigação que a FCT, como agência de financiamento, apoia. Tentámos fazer um pouco disso, escrevendo notícias para o site sobre o trabalho de um investigador que ganhava um prémio, etc. Mas fomos um pouco ultrapassados pelas várias mudanças que a FCT implementou, e pelas repercussões que essas mudanças tiveram na comunidade científica. Passámos muito tempo em gestão de crises, em modo reactivo, o que tira tempo para o resto. Foi difícil, mas foi um processo de aprendizagem incrível, para mim e para todos os que lá estiveram.

Como é Portugal visto daqui? Gostavas de voltar?

Se tivesse que voltar agora para Portugal, profissionalmente estaria preocupada. De facto, depois da FCT não descortino qual será o desafio seguinte para continuar a crescer na área da comunicação de ciência. Mas sim, gostava de voltar a viver em Lisboa. E sou muito optimista!

Estágios de verão para estudantes Universitários no LIP

No Verão de 2016, o LIP recebeu em estágios perto de quatro dezenas de estudantes do IST e da FCUL. Os estudantes trabalharam integrados nos grupos das experiências do LHC, ATLAS e CMS, e também no laboratório de raios cósmicos. Os estágios, que tiveram modelos e durações diversas, incluíam alguma formação teórica (palestras e tutoriais) e o desenvolvimento de projectos que foram da electrónica e construção de detectores à computação e análise de dados.

CMS Nuno Leonardo



O grupo LIP-CMS acolheu 11 estudantes do 1º e 2º ciclos do MEFT do IST. O objetivo do programa é integrar estudantes de física, durante um período limitado (sem atividades letivas), em atividades de investigação desenvolvidas no grupo. Durante um período de cerca de 2 meses, os estudantes aprendem e familiarizam-se com ferramentas e técnicas de base usadas em física de partículas. Participam e desenvolvem projetos de análise de dados,

num ambiente internacional, apresentando o seu progresso nas reuniões regulares do grupo. No final do estágio o estudante terá contribuído para um projeto, bem como adquirido uma familiarização direta com a área de investigação. O que lhe permitirá ainda contribuir eficientemente em projetos de análise de dados no futuro.

Os 11 estudantes trabalharam com um número equivalente de tutores, em 9 projetos específicos. Os projetos incluíam as primeiras medidas de produção de mésons B a 13TeV com dados frescos do Run2 do LHC, buscas de novos estados hadrónicos, ajustes fenomenológicos globais a medidas de produção de estados quarkonia, optimização da selecção de jatos de hádrons B para buscas do quark top em colisões de íões pesados, desenvolvimento de técnicas multi-variadas para buscas do parceiro supersimétrico do quark top ou de pares de bósons de Higgs.

No final do estágio, cada estudante fez uma apresentação detalhada do seu trabalho num *workshop* (6/10/2016, na sala de seminários do LIP). Alguns dos trabalhos foram apresentados pelos próprios estudantes em reuniões dos grupos de física relevantes da Colaboração CMS.

Coordenador: N. Leonardo
Supervisores: N.Leonardo, B.Galinhas; P.Bargassa, C.Silva; M.Gallinaro, G.Strong; J.Seixas, P.Faccioli; também P.Silva, F.Fiori, no CERN.

Laboratório de Raios Cósmicos (LabRC)

Fernando Barão

Os alunos de Física no IST, mais de 60 por ano, possuem um interesse crescente por pequenos estágios realizados fora do âmbito do curso e que os motivem e ancorem nas suas escolhas futuras. Além do mais, permite-lhes construir pontes entre o ensino algo compartimentado das disciplinas e as necessidades de mais largo espectro de conhecimento ligadas às actividades de investigação.



O objectivo último dos estágios é, transformar os alunos em colaboradores científicos (ultrapassar portanto a relação aluno-professor!) e contribuir para o acumular de competências transversais. Nesse sentido, tenho organizado ao longo dos dois últimos anos estágios de verão, cobrindo quer actividades de análise de física ligadas a experiências científicas, quer actividades técnicas ligadas a testes de placas de aquisição de dados em desenvolvimento e aplicações de *software* para leitura e controle de dados.

Um dos trabalhos propostos em 2016 enquadra-se no desenvolvimento de um telescópio portátil de muões (AMU), capaz de medir taxas de muões e fazer correlações com efeitos solares, dia-noite, etc. O telescópio, baseado em placas cintiladoras e fibras ópticas lidas por SiPM's utiliza uma placa aquisição desenvolvida para ser associada a um micro computador Beaglebone. No âmbito do estágio do verão, os alunos concentraram-se no teste da placa de aquisição, simulando os sinais de entrada, e ainda na construção de um *framework* de leitura dos dados em linguagem Python, que inclui aquisição dos acontecimentos e escrita numa base de dados. Verifiquei e agradeço a grande disponibilidade dos alunos e o seu empenho nos diferentes (4) trabalhos realizados este verão.

FORMAÇÃO AVANÇADA

ATLAS Ricardo Gonçalo



O foco do estágio organizado pelo grupo ATLAS em Lisboa foi permitir aos estudantes participar na investigação experimental em Física de Partículas. Aos 19 estudantes que participaram no estágio, vindos de vários anos da FCUL e do IST, foram entregues nove pequenos projetos, dentro dos assuntos de investigação do grupo do LIP. Os temas foram desde a caracterização de cintiladores destinados à atualização do calorímetro hadrónico de ATLAS até ao desenvolvimento de métodos multivariacionais para supressão de ruído na reconstrução de colisões de iões pesados ou à análise de decaimentos do bóson de Higgs, passando pelo estudo do desempenho de algoritmos paralelizados usando GPUs e destinados ao futuro trigger de ATLAS.

Com temas diversos e atuais, pretendeu-se oferecer aos estudantes uma visão realista do nosso campo e motivá-los com objectivos que vão para além dos trabalhos académicos a que estão habituados. Ao mesmo tempo, o grau de exigência dos trabalhos foi ajustado à experiência e ano académico de cada estudante, de modo a obter o melhor de cada um. Os membros do grupo foram incansáveis no acompanhamento próximo dos estudantes.

Como introdução ao estágio, que durou ao todo quatro semanas, foram organizadas durante a primeira semana várias palestras e tutoriais, e ainda uma visita virtual à sala de controlo da experiência.

Este período foi importante para conhecer os estudantes e prepará-los para o seu trabalho de investigação. No final de cada semana foram apresentados os resultados preliminares de cada projeto numa reunião geral do grupo. Finalmente, na última semana de estágio, os resultados finais foram apresentados num *workshop* em que os estudantes receberam diplomas que detalhavam o seu trabalho.

Um questionário feito no fim do estágio permitiu avaliar o seu sucesso e as suas falhas. Dos pontos positivos destaca-se uma excelente avaliação da experiência por parte dos estudantes. Estes mostraram um enorme entusiasmo e dedicação, continuando até alguns deles a colaborar com o LIP. Os pontos a melhorar incluem a duração (demasiado curta!) e que devemos no futuro evitar a sobreposição com o início do calendário académico. Foi também constatado que, além da palavra passada por professores e colegas, o velho cartaz, exposto atempadamente nos departamentos das universidades, continua a ser uma das melhores formas de publicidade para estes eventos.



Testemunho de um estudante Diogo Valada

"Os pontos fundamentais desta experiência são a quantidade de coisas novas que aprendi (sobre os mais variados temas, que foram surgindo); o facto de ter sido o primeiro projeto multidisciplinar que fiz, sendo necessário aprender temas desde a parte da criação do *software* necessário, adquirir conhecimento mais profundo sobre o funcionamento de *hardware* (entre os quais se menciona a utilização de I/O e os processos de comunicação utilizados), até à Física por detrás da experiência; a colaboração entre os vários participantes do projeto, mais organizada que habitualmente (destaca-se a utilização de um *logbook* em que eram registados os vários conhecimentos que iam sendo adquiridos e os vários passos realizado para o projeto)".



4 Perguntas a Conceição Abreu, Presidente da Sociedade Portuguesa de Física e investigadora do LIP

Como surgiu e porque aceitaste o desafio da presidência da SPF?

Foi por impulso. Eu estava convencida de que o José António Paixão, vice presidente do mandato anterior, e que eu apoiava a 100%, se candidatava. Em meados de janeiro percebi que ele não o faria porque estava muito preocupado com a realização já em 2018 da Olimpíada Internacional em Lisboa, e achava que as responsabilidades no seu grupo de investigação, departamento e olimpíadas eram demais a somar com a presidência da SPF. Nos últimos anos estive na Delegação Regional Sul e Ilhas e fiquei preocupada por não ver, a menos de 15 dias do fim da apresentação de candidaturas, ninguém avançar entusiasticamente. Pensei: porque não ser a presidente e continuar com os vices da anterior direcção? Assim ficava com o outro vice, o José Marques, a puxar pela SPF, e o José António a coordenar a olimpíada internacional que se avizinha. Propus-lhe isto e pareceu-lhe bem, e o José Marques alinhou. Resolvemos avançar com um ajuste da minha lavra: incluir nos órgãos sociais mais colegas do ensino básico e secundário.

Como vês o papel da SPF hoje? Achas que está a ser cumprido?

Se eu soubesse muito claramente qual o papel de uma sociedade deste tipo, penso que dormia muito melhor do que durmo desde que assumi funções a 1 de Abril. Por outro lado, mesmo que soubesse bem o papel, precisa-se sempre de gente e dinheiro, mas começo pelas pessoas porque elas geram projetos e estes permitem ir à procura de financiamento. Na SPF não temos neste momento o número suficiente de entusiastas que permita cumprir tarefas mínimas, mas estamos muito gratos a um punhado de colegas que nos tem ajudado. Daí o meu empenho em chamar os sócios e em trazer novos sócios, em especial os mais novos que andam esquecidos de que a SPF existe e de para que serve. Na Alemanha a sociedade deles tem mais de 60 mil sócios; nós contando bem contado temos 600. A estrutura da SPF é uma secretária, uma bolsreira de gestão e comunicação e um professor do ensino secundário em mobilidade. O resto são voluntários de Braga a Faro passando pela Madeira e Açores, com incursões para o interior. Na falta de gente temos de estabelecer prioridades para que a física não estiole. Estamos a dar prioridade ao ensino da física em todos os ciclos. Isto quer dizer ter opinião sobre os programas, metas curriculares, manuais, revisões curriculares, formação dos professores, motivação dos professores e dos alunos, olimpíadas e outros projetos com prémios, artigos na Gazeta de Física nestas áreas. Por isso a Divisão de Educação da SPF é fulcral. Mas o horizonte não acaba aqui e para que a SPF seja local de encontro dos físicos de todas as áreas temos de saber criar momentos de partilha entre todos e em todo o país. Será que a conferência bianual chega? E cumpre? Os anúncios na página web são úteis? A Gazeta é um local de encontro com os seus 3-4 números anuais? Ou nas 11 Divisões e Grupo de História da Física podemos abrir mais janelas? E como nos relacionarmos com as sociedades que abrangem temas mais específicos da física? É uma história sem fim, mas não nos podemos perder na floresta!

Estão em curso algumas mudanças? Quais e com que objectivos?

Não penso que estejam a ocorrer mudanças, as direcções anteriores fizeram imensas coisas interessantes e não estou a dizer isto por simpatia nem estou a falar da anterior, estou a falar de todos os que deram o corpo ao manifesto e *pro bono* desde 1971, quando se começou o "movimento de libertação" da Física da SPQF. Quando a 19 de Abril de 1974 tive o privilégio de assinar a escritura de criação da SPF em conjunto com mais colegas já havia muito trabalho feito. Depois de 1976 não me dediquei muito a SPF por várias razões, entre elas ter um doutoramento para fazer e a divulgação em que me emburhei. Voltei digamos em 2000 quando o Augusto Barroso me desafiou a ser vice, em especial para representar o sul do país — eu estava na Universidade do Algarve. No nosso programa pouco esperamos conseguir fazer com memória para além da Olimpíada Internacional que se vai realizar em Lisboa na última semana de Julho de 2018, e que vai envolver 450 alunos de 90 e tal países e mais 200 professores, com 1 milhão de euros à mistura — ou seja, um pequeno web summit de jovens na física. Tenho a esperança de que consigamos ainda dar um contributo à formação e motivação dos colegas do ensino básico e secundário, e em simultâneo dar mais "GAZ" às Divisões, em especial colaborar em elucidar os nossos estudantes universitários dos vários ciclos sobre o que é a física em Portugal no início do século XXI e motivá-los para fazerem o seu melhor, as novas gerações são sempre o motor. Para já estamos a dar todo o pano às Divisões e a premiar os melhores estudantes nas conferências nacionais e outras iniciativas de mérito.

Temos a sorte de a Gazeta de Física estar em boas mãos, o nosso colega Gonçalo Figueira tem mesmo jeito para a Revista, que anda nas bocas dos seguidores do Facebook que se não me engano já são 40 mil, é a segunda revista mais seguida do género. Precisamos é que os colegas contribuam com os seus artigos de modo abrangente para termos uma comunidade de físicos bem informada do que se passa hoje na física no país. Conseguir alargar a comunidade, redobrar a atenção no que se ensina, desde o 1º ciclo ao fim da escolaridade obrigatória quer nos cursos científico quer nos profissionais. Sem ambição desmesurada, ainda gostaria (para isso preciso de mais físicos na SPF) de aumentar a influência na EPS e nos seus grupos de trabalho e revistas; e um sonho que até vem ao encontro da última reunião no âmbito da FFMS, que é trabalhar com os físicos na diáspora. Temos muitos colegas fora de portas que podem ser um recurso excelentes para os mais jovens que querem estar algum tempo no estrangeiro, e uma fonte inspiradora para mudanças no ensino e investigação em Portugal. Quem se chega à frente para dinamizar este filão?

Como vês a relação entre o LIP e a SPF?

Como estou no LIP esta talvez tenha sido a relação mais simples e que deu resultados rápidos. A cereja no topo do bolo foram os temas das sessões plenárias da Conferência de Física 2016, baseados nos prémios Nobel dos dois últimos anos, e neste período haver um Nobel no campo dos neutrinos. Foi o casamento perfeito entre a SPF e o LIP, trazer o Arthur McDonald a Portugal. Além de participar na Física 2016 em Braga, estive no LIP de Lisboa e Coimbra a visitar laboratórios e a proferir palestras. Mas também vamos sempre divulgando na SPF as atividades das partículas. E houve a adesão de físicos do LIP na coordenação e na dinamização da Divisão da Física de Partículas. O LIP faz parte do núcleo de sócios coletivos, aderiu no primeiro momento, e nesta categoria tem acesso a pelo menos uma coluna por número na Gazeta de Física, sabiam?? Mas penso que nesta relação só será plena quando todos os Físicos do LIP forem SÓCIOS.

Aceitam o desafio?



OUTREACH

CALENDÁRIO 2017

- 04 Mar**
Évora, UE

08 Mar
Vila Real, ECTUTAD

09 Mar
Bragança, IPB

10 Mar
Braga, ECUM

15 Mar
Açores, UAçores
- 18 Mar**
Beja, IPBeja
Lisboa, FCUL
Porto, FCUP

22 Mar
Braga, ECUM

25 Mar
Aveiro, UA
Coimbra, FCTUC
Funchal, UMA
Lisboa, IST
São Tomé e Príncipe, ISP-STP

01 Abr
Covilhã, UBI
Lisboa, IST

ver mais em: www.lip.pt/masterclasses

leituras



Jorge Dias de Deus, físico e astrofísico, professor e divulgador, traz-nos as principais respostas, tanto antigas como modernas, que o homem tem dado a perguntas tão velhas como a própria humanidade: O Universo teve um princípio? Terá um fim? O que se passou desde o início? Como se formou a matéria que hoje vemos? O Universo é infinito ou finito? O que vemos quando olhamos para grandes distâncias? Existirão outros Universos? De início, as respostas foram lendas e mitos, alguns dos quais remontarão à pré-história. Na Antiguidade Grega começou a procura da racionalidade. Mas foi com a Revolução Científica, no século XVII, que passámos a ter um conhecimento ao mesmo tempo empírico e matemático. E no século XX surgiu a era moderna com a cosmologia, baseada em observações precisas e teorias avançadas, com avanços tremendos nas respostas àquelas perguntas. Não temos completas certezas, mas sabemos muito mais sobre o vasto Cosmos do que quando começámos a viver nele. Este livro conduz-nos, com sabedoria e mestria, numa maravilhosa viagem à história do nosso conhecimento do Cosmos.

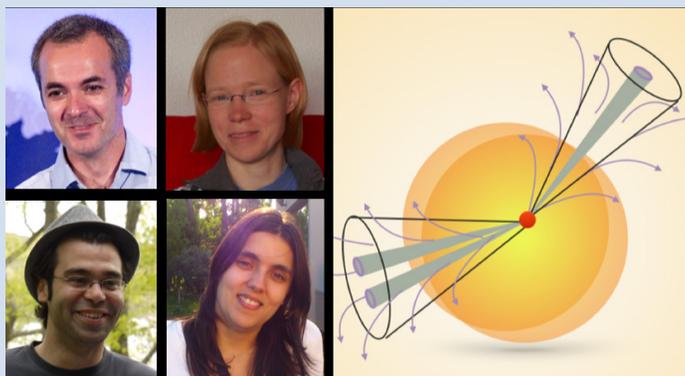
Do prefácio do autor:

"Para Começar, é preciso explicar o título: Ciência Cosmológica. No fundo, ele quer dizer ciência relacionada com a cosmologia, isto é, para a moderna ciência do Universo. A questão é que a ciência, como actividade humana socialmente relevante, é relativamente recente. Mas a cosmologia, como visão do Universo ligada a construções mágicas e religiosas, é bem mais antiga. Os mitos da criação e do caos inicial têm milhares de anos, ao passo que a ciência moderna só tem poucas centenas de anos, mas a cosmologia de base científica só existe há umas dezenas de anos."

LIPIANOS

Um novo grupo de investigação no LIP

O grupo de Fenomenologia de Iões Pesados (HIP@LIP), liderado por José Guilherme Milhano (investigador FCT e membro do CERN) e composto por (esquerda para a direita e cima para baixo) Korinna Zapp, Tolga Altinoluk e Liliana Apolinário, foi recentemente integrado no laboratório. As suas principais actividades de investigação centram-se: (i) no estudo do plasma de quarks e gluões (QGP), produzido em colisões ultra-relativistas de iões pesados nos actuais aceleradores RHIC (BNL) e LHC (CERN), (ii) na evolução da complexa matéria nuclear que após colisão dá origem ao QGP. Ambas estas linhas de investigação estão relacionadas com as propriedades intrínsecas da Cromodinâmica Quântica (QCD), teoria que descreve os constituintes elementares da matéria hadrónica. Para tal, os trabalhos realizados pela equipa estão focados: na determinação da estrutura do protão e do núcleo no regime de alta densidade e consequentes observações experimentais; na fenomenologia de jets como potencial objecto para determinação da evolução do QGP; no desenvolvimento de geradores de eventos Monte Carlo para colisões protão-protão e iões pesados. Os interesses de investigação do grupo são também partilhados com os grupos experimentais de ATLAS, CMS e Auger do LIP, existindo como tal fortes sinergias. Adicionalmente, ao nível internacional, as actividades de investigação são realizadas em colaboração com o grupo fenomenológico da Universidade de Santiago de Compostela (Espanha) e com os grupos teóricos e experimentais no CERN e no MIT.



Filipe Martins e Joana Miguéns receberam o Outstanding Achievements Award atribuído pela colaboração ATLAS



Este prémio distingue as contribuições de maior relevo durante o último ano para esta colaboração internacional, com mais de 3000 cientistas, que opera o maior detector de partículas do LHC.

Muitos parabéns ao Filipe Martins, membro do grupo ATLAS do LIP, e à Joana Miguéns que terminou recentemente o seu Doutoramento no mesmo grupo. Os prémios foram-lhes atribuídos pelas suas valiosas contribuições para os sistemas de seleção de colisões em tempo real (Joana) e de controlo do calorímetro hadrónico TileCal (Filipe) e pelo seu esforço e dedicação entusiastas, que incluiu muitas noites e fins de semana na sala de controlo para assegurar que ambos os sistemas funcionavam na perfeição.

O TileCal é o calorímetro hadrónico de ATLAS e foi desenhado para medir a energia de jactos de partículas e contribuir para a medição

da energia transversa em falta. O sistema de controlo do detector (DCS) é responsável pela operação correcta e segura do detector. Para tal o DCS monitoriza diferentes parâmetros operacionais, executa acções decididas pelo operador e assinala anomalias por intermédio de alarmes. Durante a longa paragem do LHC de 2013 a 2015, foram desenvolvidos e implementados novos componentes e actualizações no DCS do TileCal, ao mesmo tempo que se dava um apoio essencial a uma manutenção profunda que envolveu toda a electrónica dos 256 módulos do detector. As alterações introduzidas contribuíram decisivamente para que o DCS funcione no Run 2 em curso de forma estável e robusta e seja de fácil utilização tanto para os operadores de turno como para os especialistas. Tendo em vista a actualização para a futura Fase II, têm vindo a ser preparados os sistemas para os testes em feixe de partículas do módulo demonstrador do TileCal, que engloba novos componentes de DCS. Além da preparação de software e hardware é também garantida a assistência durante a manutenção ou tomada de dados de física, assistência essa que passa pela análise dos dados de DCS, fundamental na identificação de falhas na electrónica. O TileCal iniciou a tomada de dados de física no Run 2 em excelente forma, com mais de 99% dos canais e 99.9% das células operacionais.

O sistema de seleção de colisões em tempo real (o trigger) de ATLAS processa os 40 milhões de cruzamentos de pacotes de protões que o LHC proporciona por segundo para escolher aqueles que vão ser utilizados para os estudos de física. Isso faz-se através da comparação de milhares de assinaturas experimentais correspondentes a processos de física interessantes, em dois passos diferenciados: no primeiro nível utilizando electrónica específica, e no HLT (ou High Level Trigger) com algoritmos de software. O sistema de trigger tem de ser robusto e eficaz porque os eventos descartados perdem-se para sempre. Assegurar o contínuo funcionamento do HLT e a robustez dos milhares de assinaturas que são analisadas requiere um enorme esforço de validação e monitorização constante, em vários níveis, desde o software base até o desempenho dos algoritmos e os problemas da tomada de dados. A Joana contribuiu na coordenação e assegurou o funcionamento do software de monitorização do HLT no Run 2. Contribuiu ainda para a operação e monitorização diária do HLT, na sala de controlo e como expert-on-call, resolvendo todo tipo de problemas e proporcionando apoio constante aos operadores da sala de controlo.

TESES Mestrado

Desenvolvimento de um telescópio de Raios Cósmiticos

Bernardo Rosário, Maio 2016

Radiation Environment and its Effects on the Martian Surface and Underground

Pedro Magalhães, Junho 2016

Efeitos do Ambiente de Radiação Espacial em Missões Tripuladas a Marte

Ana Luisa Casimiro, Junho 2016

Search for ttH production with the ATLAS experiment at the LHC

Emanuel Gouveia, Junho 2016



Search for heavy fermions with the ATLAS experiment at the LHC collider

Juan Pedro Araque, UMinho, Abril 2016

Na presente tese é apresentada uma pesquisa de novos fermiões usando os dados de LHC coletados em 2012 pela experiência ATLAS. Em particular, a produção simples e de pares de quarks vetoriais com carga eléctrica de $2/3$ (T) e $-1/3$ (B) que decaem para bosões Z é discutida. Neste estudo a análise de dados foi dividida em dois canais, em função da multiplicidade de leptões, sendo estes combinados para obter um resultado final. Não tendo sido observada nenhuma evidência de sinal nos dados analisados, limites na massa dos quarks vetoriais foram obtidos. O impacto de um hipotético glúão pesado na pesquisa da produção de pares de quarks vetoriais foi também estudado.



Funções de Distribuição Partónicas Dependentes do Momento Transverso através de SIDIS e Drell-Yan em COMPASS

Márcia Quaresma, IST, Julho 2016

A estrutura de spin do nucleão tem sido estudada pela experiência COMPASS no CERN. A medição da difusão inelástica profunda semi-inclusiva (SIDIS) tem sido uma ferramenta poderosa no acesso às funções de distribuição partónicas (PDFs) e às funções de distribuição partónicas dependentes do momento transverso (TMD PDFs). O alvo polarizado de COMPASS oferece a possibilidade de medir as modulações azimutais dependentes da orientação de spin e a extração das assimetrias de spin transverso, que são convoluções de TMD PDFs e Funções de Fragmentação (FF) do nucleão. As TMD PDFs são também acessíveis através da medição do processo de Drell-Yan (DY) polarizado. Em 2010 a tomada de dados de COMPASS foi dedicada à medição do processo de SIDIS, com muões positivos naturalmente polarizados longitudinalmente difundidos no alvo de protões polarizados transversalmente. A análise destes dados em diferentes intervalos cinemáticos foi apresentada nesta tese. Em 2015 a tomada de dados de COMPASS foi dedicada à medição do DY polarizado, e a experiência teve para isso de sofrer modificações. A tomada de dados de 2015 foi precedida por uma tomada de dados piloto no final de 2014. A análise preliminar destes dados foi apresentada. Estes resultados são muito promissores para a comunidade de TMD PDFs.

Search for tZ production via FCNC at the ATLAS experiment

Ana Peixoto, Setembro 2016

Search for Vector Like Quarks in a multilepton topology at the ATLAS experiment

Tiago Vale, Setembro 2016

Search for Vector Like Quarks in a fully hadronic topology at the ATLAS experiment

José Ricardo Correia, Setembro 2016

Analysis of Near Relativistic Protons and Electrons in Solar Events. (Using the HI-SCALE and EPAM instruments)

Bruno Morgado, IST, Julho 2016

No início da década de 90 foi lançada a sonda espacial Ulysses com a missão principal de investigar o Sol numa órbita em torno dos seus pólos. Em 1997 foi lançada a sonda Advanced Composition Explorer (ACE), com a missão estudar partículas carregadas de alta energia provenientes do Sol e de outras fontes. Os instrumentos Heliosphere Instrument for Spectra, Composition and Anisotropy at Low Energies (HI-SCALE), a bordo da Ulysses, e Electron, Proton, and Alpha Monitor (EPAM), a bordo da ACE, mediram electrões entre 40 keV e 300 keV e protões entre 50 keV e 5 MeV, gama de energias adequada para entender a composição de partículas em fenómenos de alta energia no Sol (SEPs). Esta tese incidiu principalmente em duas questões: minimizar a incerteza na determinação das energias dos electrões; e maximizar as energias para as quais era possível detectar protões. Foi possível diminuir a incerteza no momento de libertação de electrões na superfície solar a ± 2 minutos. Para os protões, foi possível estender o alcance do instrumento a mais de 1 GeV desde os originais 5 MeV e diminuir a incerteza no momento de libertação de protões na superfície solar a ± 1 minuto.



Search for a charged Higgs boson in taunu and tb decays in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=7$ and 8 TeV with the CMS detector

Pietro Vischia, IST, Julho 2016

O LHC arrancou em 2010, colidindo protões com protões com energias de 7 e 8 TeV no centro de massa; em 2012, foi descoberto um bosão neutro com propriedades compatíveis com o bosão de Higgs previsto pelo Modelo Padrão (MP). A descoberta de um outro bosão de Higgs, desta vez com carga eléctrica, representaria uma prova experimental muito clara da presença de física fora do MP. Neste panorama, o meu trabalho começou com a medida da massa do quark top, e continuou com a medida da secção eficaz de produção de pares de quarks top. Este trabalho preparatório me permitiu-me depois dedicar-me à busca de um bosão de Higgs carregado, a primeira busca directa de um bosão de Higgs carregado com massa maior da massa do quark top. Infelizmente, não descobri nenhuma nova partícula, mas o LHC está agora a acumular dados a 13 TeV — até agora, quase o dobro do que acumulou a 8 TeV — e o desafio (aceite :D) vai ser de usar métodos estatísticos mais sofisticados para aumentar a sensibilidade da análise.

Second Lisbon mini-school on Particle and Astroparticle Physics

06 a 08 Fevereiro 2017, Sesimbra, Portugal
indico.lip.pt/indico/conferenceDisplay.py?confId=250

INDIGO – DataCloud all-hands

06 a 09 Fevereiro 2017, Sesimbra, Portugal
indico.lip.pt/indico/conferenceDisplay.py?confId=250

Palestra Planetário

15 Fevereiro 2017, Lisboa
"Detectores de Partículas – Tecnologia
para ver o invisível" – Alberto Blanco

LIP career day

1 Março 2017, IST Lisboa

CERN technology day

2 Março 2017, FCUL

Masterclasses Internacionais 2017

04 Março a 01 Abril 2017

www.lip.pt/masterclasses

Palestra Planetário

08 Março 2017, Lisboa
"O Bóson de Higgs" – Patricia Conde
Muíño
www.lip.pt/particulas

LIP student workshop

24, 25 Março 2017, Universidade Coimbra
www.lip.pt/events/2017/students_workshop_coimbra

Aniversário do LIP / LIP open day

9 Maio 2017

IDPASC student workshop

26, 27 Maio 2017, Braga

7th IDPASC School

20 a 30 Junho 2017, Asiago, Italy
www.idpasc.lip.pt/LIP/events/2017_idpasc_school

LIP summer student program

Julho a Setembro 2017

Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa

(Inscrições abertas a partir de Maio 2017)
CERN

www.lip.pt/cern_em_portugues

Noite Europeia dos Investigadores

29 Setembro 2017