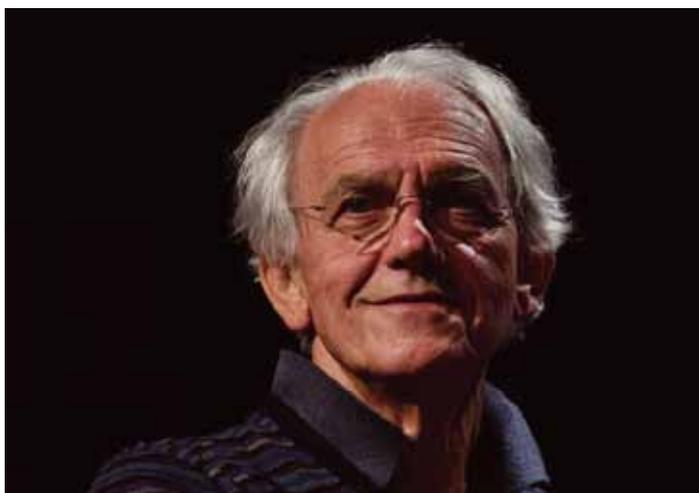


Entrevista – Gérard Mourou

Gonçalo Figueira

Departamento de Física & GoLP/Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear
Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa

goncalo.figueira@tecnico.ulisboa.pt



Gérard Mourou, um dos vencedores do Prémio Nobel da Física de 2018, esteve em Portugal no passado mês de Abril, para uma série de palestras em Lisboa e no Porto. Tivemos oportunidade de o entrevistar para a Gazeta de Física durante a sua visita ao Instituto Superior Técnico, e de falar sobre o Nobel, a sua investigação e a sua visão para os lasers do futuro. Para uma melhor compreensão da entrevista, recomendamos a leitura prévia do artigo “Lasers de alta potência e o Prémio Nobel da Física de 2018”, nesta mesma edição.

No início dos anos 80, estava a trabalhar na ideia de como amplificar impulsos curtos. Quero começar por lhe perguntar sobre como tudo começou – em particular, há aquela história de quando propôs à Donna Strickland (co-premiada com o Nobel da Física) que testasse pela primeira vez a técnica de *chirped pulse amplification* (CPA), e ela receou que não fosse suficientemente importante para uma tese de doutoramento.

É verdade. No início, quando a Donna começou a trabalhar comigo, ela vinha “fresquinha” da universidade. Então eu propus-lhe esta ideia, agora imagine que diz a um aluno: pegas num impulso laser, esticas, amplificas e comprimes e pronto, isso será a tua tese.... Ela disse, bem, talvez não seja suficiente... Afinal, foi uma ironia muito positiva, ela tinha razão: talvez não fosse suficientemente bom para uma tese, mas sim para um prémio Nobel!

Disse que a invenção do CPA não foi exatamente um momento *eureka*, mas sim o resultado de pensar continuamente sobre a possibilidade de alongar e comprimir os impulsos. No entanto, a ideia-chave de usar um par expensor-compressor conjugado surge quando se estava a preparar para esquiar.

Não me estava a preparar, estava mesmo já a caminho, sentado no teleférico! Quando começámos os primeiros testes de CPA com a Donna, a única forma que conseguíamos era amplificar cem vezes: começávamos com um impulso curto que era alongado por um factor de cem numa fibra óptica, amplificávamos, comprimíamos cem vezes usando um par de redes de difracção. Mas o impulso final não era “limpo”, tinha um patamar, por culpa da dispersão na fibra não ser perfeitamente compensada. Sabíamos que o conceito era muito elegante, muito poderoso, mas eu achava que estávamos limitados a essas cem vezes. E eu queria ir a mil, dez mil, cem mil vezes, como fazemos agora. Mas para isso era preciso um par expensor-compressor perfeitamente combinado. E então, na véspera de ir esquiar, li um artigo do Oscar Martinez, onde ele descrevia um compressor de impulsos adequado para a banda das comunicações ópticas, na região dos $1,5 \mu\text{m}$. As fibras ópticas, na zona acima de $1,3 \mu\text{m}$, têm uma dispersão negativa, por isso ele construiu um compressor capaz de introduzir dispersão positiva para a compensar. Quando me apercebi disso, estava eu no teleférico, pensei: espera aí, é disto que eu estou à procura! O compressor do Oscar era o meu expensor ideal, capaz de conjugar todas as ordens de dispersão. Hoje em dia, é claro que toda a gente o usa, mas acho que esse foi realmente um momento *eureka*. Agora, na verdade, raramente explico este conceito com este nível de detalhe, claro, normalmente tenho que fazer uma descrição mais abreviada!

¹ “Numa mesa” por oposição aos sistemas laser de terawatt da época, que ocupavam dezenas de metros quadrados.

Há um artigo seu sobre estes tempos em Rochester e a descoberta do CPA, em que descreve a primeira aplicação experimental do CPA para gerar impulsos laser de terawatt (10^{12} watts) – aparentemente, num sábado à noite! Como foi esse momento?

É verdade! O terawatt- numa-mesa¹, ou T3 (*table-top terawatt*), aconteceu durante a noite. Estava lá no laboratório com a minha equipa, foi uma festa! Então ocorreu-me: o que vem a seguir a “tera”? Fomos todos para o gabinete do director a tentar descobrir em algum livro. Nisto, entra o director, fica surpreendido a olhar para nós e eu digo-lhe: Bob, acabámos de criar um terawatt em cima de uma mesa! Entretanto, alguém descobre que a seguir a “tera” vem “peta”. Então, vamos ter que ir ao petawatt, disse eu, e esse foi o ponto de partida de um artigo chamado *En route to the petawatt*.

Apercebeu-se logo da importância que o CPA teria, de como levaria ao crescimento sem precedentes da intensidade máxima dos lasers?

Eu diria que a percepção da importância começou a surgir por volta de 1987-88. No princípio, eu tinha a noção de que estávamos a mudar as coisas por várias ordens de grandeza e, geralmente, quando se mudam coisas por várias ordens de grandeza, algo acontece. Esse foi o meu raciocínio na altura. Por exemplo, eu sabia que no CEA (França), no grupo do Manfray e noutros estavam a gerar harmónicos de ordem elevada, e então pensei que também podíamos gerar harmónicos usando o CPA – já seria bom, mas nós queríamos mais aplicações. Mas foi só em 1989 – e é uma história muito interessante, sabe, o Toshiki Tajima e eu não nos conhecíamos – o Toshiki tinha publicado um artigo com o John Dawson em 1979, sobre esta ideia de acelerar partículas na esteira (*wakefield*) de um plasma usando lasers de alta potência. Mas, claro, na época não havia lasers com potência suficiente, o CPA só foi demonstrado em 1985 e depois na versão melhorada com o expansor-compressor combinado, o terawatt e por aí fora ... ou seja, eu não conhecia o Toshiki nem a ideia da aceleração a laser. Em 1988, mudei-me de Rochester para a Universidade de Michigan, e por volta dessa altura o pessoal do NRL (Naval Research Laboratory) – o Eric Esarey, o Tony Ting, o líder do grupo, Phil Sprangle – esses tipos perceberam que poderiam juntar as duas coisas: a ideia do Tajima e o CPA. Eles conheciam os dois conceitos, sabiam sobre aceleração a laser e tinham acabado de ouvir falar sobre o CPA, e perceberam que colocá-los lado a lado poderia realmente ser algo de revolucionário. Este foi um passo muito importante, só mais tarde é que me apercebi. Lembro-me de que o Eric veio várias vezes ao Michigan enquanto eu lá estava, para conversar com o Donald Umstadter, e foi nessa fase crucial que nasceram algumas das

aplicações mais espectaculares que eu andava a procurar.

Das muitas aplicações que resultaram do CPA, tem alguma que seja a sua preferida pessoal? Falou da aceleração de electrões, ou talvez a cirurgia ocular...

A cirurgia ocular foi uma enorme surpresa. Agora é engraçado, claro, mas na altura foi um acidente com um aluno meu, ficou com uma lesão na retina... felizmente foi uma lesão muito pequena e ele hoje em dia vê perfeitamente. Sabe, naqueles tempos trabalhava-se com lasers sem usar óculos de protecção, não é como agora. Faziam-se as coisas assim, alinhava-se um laser sem usar qualquer protecção. Foi o caso, dá-se o acidente e o estudante veio ter ao meu gabinete e contou o que se tinha passado. Lembro-me que ele estava muito abatido, não tanto por ter causado um acidente a si próprio, mas pelo sentimento de culpa, já que isto poderia levar ao encerramento do laboratório, nos EUA estas coisas são levadas muito a sério. Bom, levo o estudante às urgências e ele foi visto por um médico – quer dizer, na altura nem era médico, ainda estava a fazer o internato – chamado Ron Kurtz. Examinou-lhe o olho, concluiu que sim, tinha uma lesão na zona da fóvea – não ficou cego por milímetros! Mas também ficou surpreso com a perfeição da lesão, disse que era o *furo mais perfeito* que já tinha visto. Tinha sido um laser de femtossegundos, ele nunca tinha visto nada assim. Passados uns dias, recebi uma chamada do Ron a perguntar se podia vir trabalhar comigo no nosso laboratório. Esse foi o começo da moderna cirurgia ocular de femtossegundos. E foi muito bom vê-los aos dois, o Ron e o meu antigo aluno, em Estocolmo, quando recebi o prémio.

Além da investigação académica, teve um papel no lançamento da empresa de tecnologia laser Medox – quais foram as suas principais contribuições para isso?

É verdade. Tudo começou ainda em Rochester, antes da Medox nós usávamos *klystrons* e esse tipo de coisas, não eram lá muito rápidos. Os nossos lasers funcionavam a uma taxa de repetição de 10 Hz, o que não é muito. Um grande amigo meu, Marcel Bouvier, estava em França e com vontade de ir passar algum tempo nos EUA, pelo que veio trabalhar comigo. O Marcel teve a ideia de desenvolver circuitos electrónicos para controlar células de Pockels², e consegui fazer-lo e demonstrá-lo ao nível do kilohertz. Ora isto significava que, a partir desse momento, os lasers poderiam disparar a kilohertz! A partir daí muitas portas se abriram. Naquela altura surgiu também o laser de titânio-safira e, graças à excelente condutividade térmica deste cristal, conseguimos obter uma potência média elevada. Isto foi demonstrado pelo François Salin, que veio passar um ano sabático ao Michigan, e pelo Jeff Squier. Criaram o primeiro laser potente de kHz por causa da célula de Pockels e do nosso sistema Medox, e a partir daí, além da potência de pico, também a potência média dos la-

² Dispositivos electro-ópticos para rodar a polarização de um feixe laser, muito usados em amplificadores laser de alta potência para injeção e extracção de impulsos.

sers disparou. Por outro lado, o número de lesões oculares também se multiplicou por cem (risos)!

Há cerca de dez anos atrás, no verão de 2008, visitou o Técnico para uma reunião do projecto ELI e teve a oportunidade de lhe fazer uma breve entrevista para a Gazeta de Física. Na sua opinião, como tem evoluído desde então a tecnologia laser de alta intensidade e quais são os principais marcos?

Não podemos desacoplar os lasers de alta intensidade de todo o progresso que teve lugar com os impulsos curtos. Por exemplo, na área dos attossegundos o progresso tem sido extraordinário. Temos hoje impulsos de 50 attossegundos, isto é fundamental para tentar atingir intensidades ultra-elevadas.

A conjectura de Mourou.

Exactamente. Chamamos *potência à energia* dividida pelo *tempo*. Logo, se quer uma potência muito elevada, vai precisar de impulsos curtos. Mas o contrário também é verdade: para obter impulsos muito curtos, preciso de potências de pico elevadas. É mesmo assim. E nesta área estamos a progredir nos dois caminhos, a tentar criar impulsos curtos para obter altas potências e a tentar criar altas potência para obter impulsos curtos.

Acha que algum dia chegaremos a um ponto de saturação por limitações tecnológicas, em termos de se atingir um limiar na potência de pico?

Não estou a ver isso acontecer. Repare, com o meu amigo Toshiki Tajima, há 25 anos que exploramos os limites e as possibilidades dos lasers de alta potência... Por enquanto, este tipo de lasers trabalha na região espectral do visível, ou perto, mas se entrarmos na região dos raios-X podemos ir até intensidades muito, muito mais elevadas. Hoje temos lasers ultra-potentes com durações de 10 ou 20 fs, se conseguirmos comprimir ainda mais estas durações, atingiremos um regime de raios-x de intensidade ultra-elevada.

Acha que chegar ao nível do exawatt é apenas uma questão de escala?

Não me parece; quer dizer, sim se for no sentido de *diminuir* o tamanho, criando impulsos de durações muito curtas. Se eu tiver um impulso com uma energia de um joule – como sabe, um joule é uma quantidade ínfima de energia – mas com uma duração de attossegundos, então obtemos 10^{18} watts! Acho que é muito parecido com os começos do CPA, quando eu estava em Rochester no Laboratório de Energética Laser: todo o edifício era ocupado por um laser terawatt, e nós fizemos o mesmo em cima de uma mesa, porque usámos impulsos muito mais curtos.

A estratégia é então avançar para comprimentos de onda cada vez mais curtos?

Sem dúvida. Para mim, esse é o caminho, porque permite criar potências de pico muito elevadas e aceder quase imediatamente ao regime de Schwinger. A outra coisa que me atrai nos raios-x é que ao criar potências elevadas (estou a falar de alta potência de pico, terawatts a petawatts nos

raios-X) então podemos fazer aceleração *wakefield* em sólidos, já que os raios-X se podem propagar em sólidos, e isto permite obter amplificações muito elevadas. Isto continua válido hoje em dia, para obter potências de pico elevadas, há duas maneiras: ou aumentando a energia (e isso significa sistemas laser muito grandes), ou tentando encurtar o impulso e manter o sistema muito compacto. Esta é minha visão.

Ainda em relação a tecnologia laser, e tendo em conta que é um forte proponente tanto de sistemas de estado sólido como de fibras ópticas, qual vê como sendo a mais promissora para os lasers do futuro?

Tenho estado envolvido no projecto XCAN para acoplar fibras ópticas de alta potência, e acho que está a progredir muito bem. Já somos capazes de sincronizar 60 lasers de fibra de alta potência, ora ao conseguir 60, chegamos às 100, e se temos 100... por aí fora. Isto é ideal para aplicações realmente grandes, na casa das centenas de milhões de euros – estou a pensar, por exemplo, na transmutação. Se queremos uma máquina capaz de realizar transmutação, vamos inevitavelmente precisar de centenas de milhões de euros. Temos que pensar em termos de aplicações e, para este tipo de aplicações, o custo não pode ser um problema. Se a sociedade precisa, será feito.

Finalmente, li uma entrevista recente do John Dudley, onde ele diz que você tem muitos interesses além da física – em particular, que também compõe música.

Ah não, não é realmente compor, eu não sou compositor... Bom, sim, pode-se dizer que gosto de compor música, mas é na companhia de músicos de verdade! É verdade que gosto de música, é a minha paixão, certamente, mas também adoro nadar... e esquiar, é claro!