



## Ou Tuva ou nada!

Gonçalo Figueira

**Pegue num mapa da Ásia, e tente localizar o centro geográfico do continente. Se pousar o dedo num ponto a norte de uma pequena bossa da Mongólia ocidental, está correcto: aí, entre cumes de montanhas cobertas de neve e estepes a perder de vista, fica a remota república de Tuva. Perto da sua capital, Kyzyl, está localizado o marco que assinala o coração do continente asiático: o local da superfície terrestre mais afastado de qualquer oceano.**

Hoje parte da Federação Russa, Tuva foi uma república independente entre as duas grandes guerras, tendo então o nome Tannu Tuva. Apesar de ser então um país obscuro e distante, tornou-se curiosamente popular entre os adeptos da filatelia. Os selos tuvanos retratavam paisagens e animais exóticos em cores vivas, e por vezes tinham formatos invulgares, como triângulos ou losangos. Mas em 1944 o país foi anexado pela URSS, a produção de selos parou e Tuva caiu no esquecimento.

Um dos jovens coleccionadores fascinados com os selos tuvanos era o famoso físico americano Richard Feynman. Como é bem conhecido, Feynman recebeu o Prémio Nobel da Física em 1965, junto com Julian Schwinger e Sin-Itiro Tomonaga, pelas suas contribuições para o desenvolvimento da electrodinâmica quântica. Além disso, tornou-se uma celebridade científica em vida, pelo seu talento como investigador e professor – mas também ad-

quiriu fama como tocador de bongos, arrombador de cofres e malabarista, entre outras excêntricas...

Nos últimos anos da sua vida, Feynman e Tuva voltaram a encontrar-se – quase pode dizer-se, para viver uma improvável paixão. Tudo começou numa noite de 1977, em que Feynman e a sua mulher Gwineth estavam a jantar na sua casa californiana com o seu amigo Ralph Leighton (filho de Robert B. Leighton que, em conjunto com Matthew Sands, editou a conhecida colecção de livros “The Feynman Lectures on Physics”). A dada altura, a conversa pendia para a geografia. Leighton menciona que é um dos seus temas preferidos, e que até acha que conhece o nome de todos os países. Feynman, também reputado pelo espírito brincalhão, decide testar os conhecimentos do amigo: “Com que então achas que conheces todos os países? Pois bem, o que é feito de Tannu Tuva?” A questão realmente intrigava Feynman, mas Leighton nunca tinha ouvido tal nome, e a sua primeira reacção foi achar que a pergunta era uma par-

tida; de facto, Feynman por vezes parecia inventar nomes de sítios e países e lançá-los assim no meio duma conversa. Mas desta vez ele insiste que, de facto, tinha havido algures na Ásia um país com esse nome, que ele conhecia dos belos selos da sua juventude. O seu pai até lhe tinha mostrado uma vez onde Tuva ficava no mapa, mas nunca mais ouvira falar desta terra.

Decidem pegar num atlas para tirar as teimas, e efectivamente “descobrem” Tuva, para grande satisfação de Feynman – já não um país independente, mas uma pequena *Republika Tuvinskaya* na imensa mancha da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Estudam atentamente o mapa. E é então que ele repara num pormenor insólito: o nome da capital tuvana, Kyzyl, era todo composto por consoantes<sup>1</sup>. Feynman, espírito curioso e explorador por natureza, acha este aspecto tão exótico que exclama: um lugar com um nome destes tem de ser interessante! E lança então uma ideia arrojada: que tal se viajássemos até Tuva, só pela aventura de chegar a um sítio tão longe de tudo? Não é difícil imaginar a excitação do momento – este é precisamente o tipo de desafios que Feynman adora. Leighton fica igualmente entusiasmado, e a partir dessa noite começam a desenhar o plano para chegar a Tuva. Mal imaginam que estão no início de uma aventura que vai durar uma década [1]...



Para compreender as dificuldades de tal empreitada, é preciso pôr as coisas em perspectiva. Hoje basta consultar a internet para ficarmos a saber tudo o que precisamos sobre um qualquer destino, e até podemos comprar confortavelmente a viagem *online*. Mas no final dos anos 70, ainda por cima numa época em que as relações entre os EUA e a URSS não eram propriamente amistosas, era extremamente difícil encontrar qualquer informação que fosse sobre aquele território.

Assim, durante os seus tempos livres, os dois amigos começam por percorrer várias bibliotecas e arquivos à procura de tudo o que dissesse respeito a Tuva. Ao fim de alguns meses, os resultados são escassos; apenas alguns livros escritos em russo, algumas fotografias, e um relato em inglês datando de 1913. Num artigo numa revista descobrem que

Kyzyl é a “cidade atômica” da URSS, devido às vastas reservas de urânio da região. Isto preocupa bastante Feynman; dada a sua participação fulcral no desenvolvimento da bomba atômica em Los Álamos, durante a Segunda Guerra Mundial, seria muito difícil que o KGB aceitasse a explicação de que agora queria visitar Kyzyl só por achar graça ao nome... O tempo vai passando e, apesar de alguns avanços no conhecimento da vida e da linguagem tuvanas, ainda não há qualquer progresso quanto à viagem, nem fazem ideia de por onde começar. Entretanto, no verão de 1978 Feynman tem a desagradável surpresa de uma operação de urgência para remover um tumor abdominal, de que leva vários meses a recuperar.

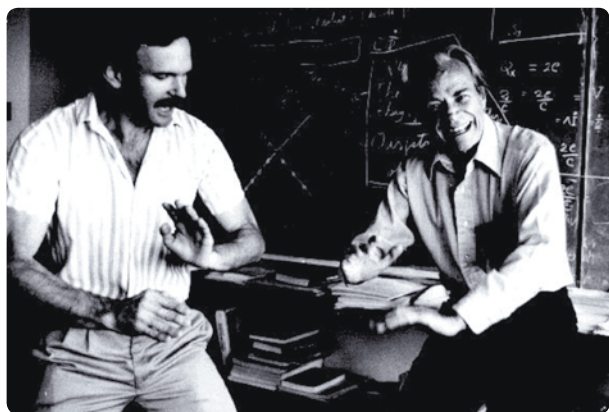
No início do ano seguinte Leighton ouve uma emissão da Rádio Moscovo em onda curta, dedicada a Tuva, à sua história e tradições. No final do programa dizem que é fácil chegar até lá, bastando voar confortavelmente desde Moscovo. Finalmente, a primeira informação útil – e ainda por cima é fácil! Escrevem a dizer que gostaram muito do programa, e a perguntar como proceder para visitar Tuva. Entretanto, com a ajuda de um dicionário russo-tuvano e de um amigo que fala russo começam também a aprender a escrever cartas em tuvano (ou qualquer coisa próxima disso...). Enviam uma ao director do instituto que editou o dicionário – é o único endereço de Tuva que conhecem. Ao fim de algumas semanas, a resposta que chega da Rádio Moscovo é simples e definitiva: a agência oficial soviética de viagens para estrangeiros não cobre a região de Tuva, pelo que não é possível visitá-la. É um balde de água fria que faz regressar tudo à estaca zero. Para piorar as coisas, as relações entre russos e americanos degradam-se seriamente quando a URSS invade o Afeganistão nesse ano, e o sonho de chegar a Tuva parece ficar cada vez mais inalcançável.

Mas nenhum dos dois se deixa afectar por este revés, e o interesse por Tuva continua em crescendo. Inclusivamente fundam uma liga de amigos dedicada a este tema: *Friends of Tuva* [2]. Lêem sobre o curioso canto tuvano, em que o cantor produz duas notas em simultâneo (ver caixa). Recebem – um ano mais tarde – resposta à carta em tuvano que enviaram, que se divertem a decifrar palavra por palavra. Voltam a escrever, e aperfeiçoam o conhecimento do idioma traduzindo histórias tradicionais dum livro que entretanto encontraram. No Carnaval, Feynman decide vestir-se de lama tibetano (o mais próximo de Tuva que conseguiu!) para uma festa de Carnaval. O fato foi um sucesso – a tal ponto que o pintura oficial de Feynman, no Caltech, o retrata nesse hábito de monge, segurando um diagrama

1. Na verdade, a letra y pode ser uma consoante ou uma vogal, conforme a sua posição numa dada sílaba; em “Kyzyl” é de facto uma vogal em ambos os casos, como também por exemplo em “mystery”.

de Feynman na mão direita e um cadeado aberto na esquerda.

Feynman e Leighton encontram-se regularmente, para sessões de percussão e troca de novidades sobre Tuva. Um dia, Feynman mostra-lhe um disco de canto tuvano que recebeu de presente do seu colega do Caltech, Kip Thorne, acabado de regressar de Moscovo: é o primeiro contacto que têm com o misterioso estilo musical, e ficam sem palavras para descrever os sons estranhos que ouvem.



Ralph Leighton (esq.) e Richard Feynman (dir.).

As tentativas de encontrar uma porta para a viagem continuam. Escrevem para o jornal *Pravda* de Kyzyl, à agência de imprensa TASS, e até a membros do Politburo soviético, explicando como a viagem poderia ser útil para amenizar as tensões entre os dois países. Mas os resultados são desanimadores, e os acontecimentos à escala mundial também: em 1984, a URSS e quase todos os países do bloco leste boicotam os Jogos Olímpicos de Los Angeles. Estava-se no auge da guerra fria e, para Feynman e Leighton, Tuva continuava tão longe como há sete anos atrás.

No final desse ano, sai um artigo de várias páginas a cores sobre a Tuva contemporânea na revista *Soviet Life*. É a mais completa fonte de informação que já tinham visto até então. Na última página descobrem, estupefactos, uma fotografia recente de três americanos em Kyzyl. Tratava-se de três botânicos que tinham viajado ao abrigo de um acordo científico, para catalogar espécies de plantas da região. Isto significava duas coisas: que era possível viajar, e que tudo o que era preciso era um motivo sólido. Já antes, Feynman se tinha lembrado de que poderia usar o seu estatuto e fama para conseguir a viagem: por exemplo, poderia oferecer-se para dar umas aulas de física em Moscovo, o que seria certamente aceite pelas autoridades. Mas em troca, Feynman pediria para ir a Tuva *primeiro*, e dar as aulas depois. Muito provavelmente funcionaria; mas Feynman apercebeu-se de que assim seria demasiado fácil, e todo o espírito de aventura e diversão seria perdido,

pelo que desistiu da ideia – o que o movia não era tanto *chegar ao destino* mas antes descobrir *como lá chegar*.

Assim, precisavam de uma razão para que a viagem fosse plausível, desde que Feynman viajasse de modo discreto e incógnito. Detestaria publicidade ao redor da sua viagem, o que seria difícil ao saber-se que um dos mais famosos cientistas do mundo se preparava para visitar Kyzyl; por outro lado, Feynman abominava o tratamento que os cientistas recebiam na URSS, pelo que não queria estar a pedir favores.

E a razão surge de uma fonte inesperada. Em 1985, no decorrer de uma viagem pelas zonas “permitidas” da URSS, Leighton tem conhecimento de uma grande exposição dedicada à antiga Rota da Seda, com vários artefactos tuvanos. A exposição era organizada pela Academia das Ciências soviética e, após percorrer algumas cidades russas, iria para Gotemburgo, Suécia, no ano seguinte. Leighton tem então uma ideia repentina: e se ele propuser que a exposição viaje até um museu americano? Isso seria um motivo poderoso para iniciar uma colaboração que, quem sabe, poderia incluir uma visita a Tuva. O facto de nem ele, nem Feynman, perceberem fosse o que fosse de exposições ou de museus não o preocupou... Por esta altura, os dois estão certamente entre os melhores especialistas do hemisfério ocidental sobre tudo o que é tuvano, e isso é motivação suficiente.

Em Fevereiro de 1986 Leighton vai a Gotemburgo visitar a exposição e encontrar-se com os organizadores. Feynman não o pode acompanhar por entretanto ter sido chamado para a comissão que investigava o desastre do vaivém *Challenger*, ocorrido no mês anterior. Apesar de Leighton, professor de liceu, ser completamente amador no assunto, a reunião corre bem: fica combinado que Feynman escreverá uma carta ao presidente da Academia de Ciências propondo levar a exposição até aos Estados Unidos, salientando como isso poderá contribuir para uma melhoria das relações entre os países. De regresso, conseguem um acordo com o Museu de História Natural de Los Angeles, e começam a tratar das complexidades burocráticas da organização.

Em Setembro, Feynman é outra vez operado; o cancro tinha regressado. Ainda no hospital, recebe a notícia de que a exposição está aprovada para o início de 1989. A estratégia para conseguirem incluir a viagem no acordo é ele e Leighton passarem por fotógrafos, e irem visitar vários sítios da URSS – entre os quais naturalmente Tuva – para recolherem material adicional para a exposição. Na mesma altura, os presidentes Reagan e Gorbachev negociam com sucesso a redução dos arsenais nucleares, e as nuvens da guerra fria começam a dissipar-se. Finalmente, Tuva à vista!

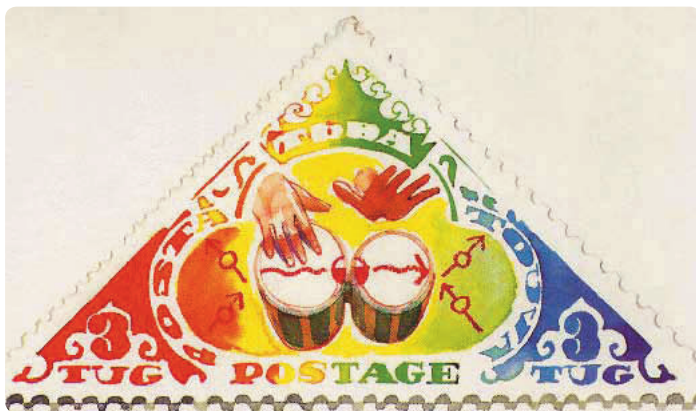
Mas o caminho ainda está cheio de melindres diplomáticos. Para recolherem imagens na URSS, precisam da autorização da agência oficial de filmes soviética. Mais cartas e telexes, num processo que parece interminável. Neste momento, o grupo de viajantes tinha crescido para sete pessoas, incluindo familiares e amigos dos dois. Os tempos de resposta da agência russa são lentíssimos, e não

há qualquer luz ao fundo do túnel. Perdem-se meses em correspondências inúteis, até que se apercebem que a raiz do problema está apenas em não terem ainda compreendido as subtilezas de uma tradicional interacção com russos: para desbloquear uma situação, é sempre esperado um pequeno “favor” voluntário... neste caso, a agência ficará satisfeita com uns meros 80 mil dólares para tratar de tudo! Após negociações que parecem saídas de um filme de mafiosos, conseguem finalmente acordar um preço e assegurar a viagem para Maio de 1988, bastando agora esperar pelo convite oficial da Academia das Ciências para obterem os vistos. Feynman é submetido a mais uma complicada operação, e fica extremamente debilitado. Ambos começam a aperceber-se seriamente de que o tempo está contra eles.

Em Dezembro de 1987 chegam boas notícias: a viagem está prestes a ser aprovada, e será inclusivamente paga pela Academia. Feynman fica entusiasmado: o seu sonho de uma década está a poucos meses de se realizar. No final de Janeiro, é filmado para um documentário de um canal britânico durante uma das sessões de bongo com Leighton, e fala da sua vida, da ciência, e de Tuva [3]. Apesar de andar bastante abatido, este tema fá-lo ganhar energias, e é visível como os seus olhos brilham de entusiasmo. Mas apenas um par de dias mais tarde é internado de urgência no hospital da UCLA. No dia 15 de Fevereiro de 1988, o cancro vence a batalha final.

Duas semanas depois chega a carta da Academia russa com o convite oficial.

A ironia do destino foi um rude golpe nos Amigos de Tuva. Sem Feynman, o projecto já não fazia sentido. Mas Leighton entendeu que devia prestar-lhe uma homenagem, lembrando-se das suas palavras: a maior diversão está em caminhar, não em chegar ao destino. Viajou até Tuva em 1991, deixando em Kyzyl, junto ao monumento que marca o centro da Ásia, um pequeno memorial em honra de Feynman, com as seguintes palavras: “As suas tentativas de atingir este lugar na terra dos seus sonhos inspiraram outros a chegar até aqui.” [4]



Postal em homenagem a Feynman, em forma de “selo” de Tuva.

Passados mais de vinte anos da sua morte, Feynman continua a ser recordado e celebrado como uma das mentes mais brilhantes e imaginativas da história da ciência. As suas *Lectures* continuam a fascinar alunos e professores

de física, pela clareza com que consegue explicar e elucidar conceitos fundamentais. Os vídeos das sete aulas que deu em Cornell em 1964, sob o título “O carácter de uma lei física”, foram recentemente disponibilizados pela Microsoft em formato interactivo. Bill Gates declarou que viu as aulas quando era jovem, e ficou encantado com o estilo de divulgador e o sentido de humor de Feynman. Acabou por vir a adquirir os direitos dos vídeos, com o propósito de poder facultar gratuitamente o acesso aos mesmos, e assim interessar mais pessoas pela ciência. Estão agora reunidos numa página web [5], na qual, além dos vídeos, podemos também aceder a muita informação adicional sobre física e físicos. E qual o nome que foi escolhido para esta iniciativa que celebra o génio de Feynman? Naturalmente, *Projecto Tuva*.

1. A história desta saga é contada em detalhe por Ralph Leighton no seu livro “Tuva or Bust! Richard Feynman’s Last Journey” (Addison Wesley, 1991)

2. O grupo ainda existe e continua activo: <http://www.fotuva.org/>

3. O documentário, de título “Richard Phillips Feynman - The Last Journey of a Genius”, está disponível no seguinte endereço: <http://video.google.com/videoplay?docid=3164300309410618119#>

4. Um caso que se tornou célebre foi o do guitarrista Paul Pena, bluesman americano de origem cabo-verdiana. Pena travou conhecimento com o estilo de cantar tuvano na década de 80, e conseguiu obter um disco com músicas tradicionais. Segundo o próprio admite, escutou as canções de forma contínua durante meses, ao ponto de aprender a cantá-las nos estilos a que a sua voz rouca e grave se adaptava melhor. Cego desde o início da idade adulta, conseguiu contudo aprender a língua tuvana. Em 1993 assistiu a um concerto em São Francisco do famoso cantor tuvano Kongar-ool Ondar, que ficou impressionado quando Pena lhe fez uma demonstração improvisada das suas habilidades. Ondar convidou-o a visitar Tuva e a participar num concurso de canto tradicional que teria lugar em 1995. Pena assim fez, sendo o primeiro estrangeiro a competir no concurso, e acabando por vencer surpreendentemente na sua categoria. A história de Pena e Ondar foi transformada no documentário “Genghis Blues”, que recebeu um dos prémios do festival de Sundance em 1999, e em que Feynman é recordado diversas vezes: quando Pena sobe ao palco para cantar perante uma assistência de tuvanans admirados, ouve-se o grito: “Feynman lives!”

5. <http://research.microsoft.com/apps/tools/tuva/index.html>

## Como cantar duas notas ao mesmo tempo

Dizem as lendas que o canto tradicional tuvano nasceu entre os pastores que passavam largos dias isolados nas montanhas, ao tentarem imitar o som dos elementos da natureza: a cascata de um rio, o vento nas árvores, os pássaros. Hoje, este estilo musical é uma das mais distintivas heranças culturais da região.

Não é exagero dizer que o canto tuvano soa a qualquer coisa de outro mundo, e a primeira vez que se ouve é uma experiência memorável. Normalmente, o cantor faz-se acompanhar de um instrumento de cordas, e começa a cantar com uma voz grave e gutural. De repente, sobrepõe-se a esta uma melodia aguda, num som parecido com o de uma flauta. O ouvinte desprevenido tenta perceber onde está o segundo tocador, até perceber, pasmado, que é a mesma voz que canta duas notas diferentes ao mesmo tempo!

Mas qual o segredo para ter uma voz polifónica? Será que é algo que só os tuvanos conseguem fazer? Para responder a esta questão, temos que analisar primeiro como é gerada a voz humana. Para isso vamos recorrer a um modelo linear simplificado que envolve a interação entre dois componentes independentes: uma fonte sonora e um conjunto de elementos que modificam o som (ou, em linguagem de engenheiro, um modelo fonte-filtro). Para efeitos desta explicação, é uma descrição suficiente.

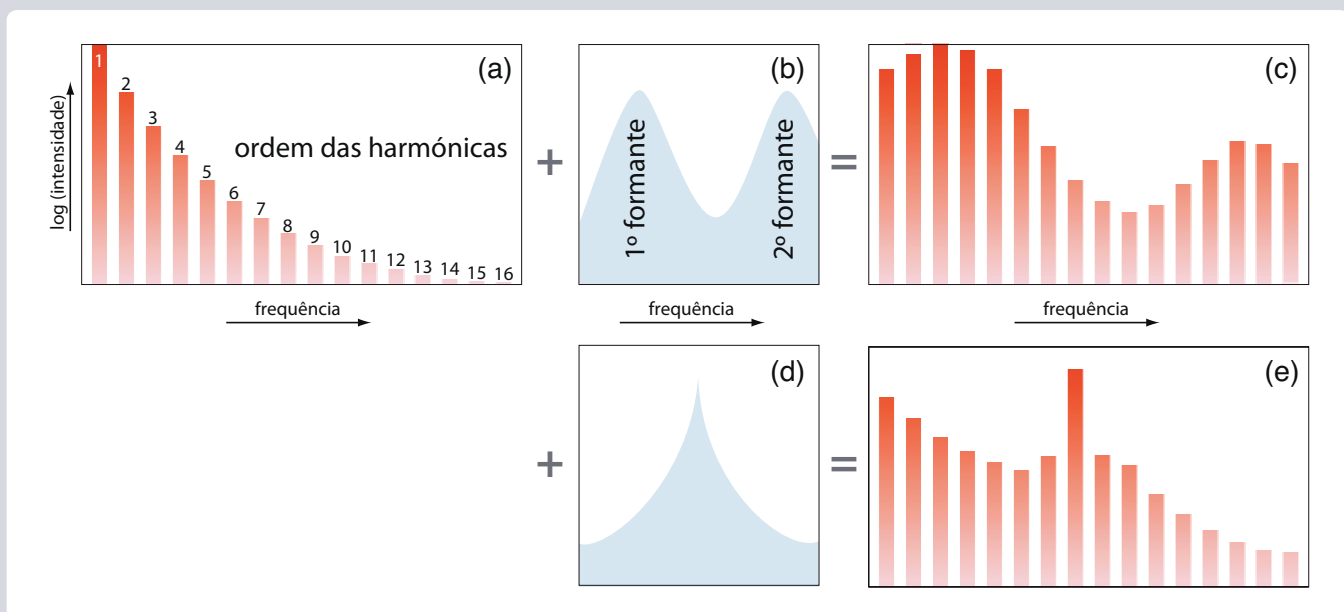
Consideremos então o sistema vocal humano: o pequeno “tubo” que vai da boca até à traqueia. O som é gerado na zona da laringe, quando o fluxo de ar que provém dos pulmões interage com as cordas



www.chirgilchin.com

vocais, pondo-as a vibrar. Ao passar por esta abertura, o ar é também posto a vibrar, dando origem a uma onda sonora audível. A tensão que os músculos da laringe imprimem às cordas vocais define a frequência (isto é, a nota musical) do som produzido – tal como sucede quando apertamos as cordas de um instrumento.

Mas mesmo quando cantamos *uma nota só* – por exemplo, trauteando o samba homónimo – o espectro do som produzido não é apenas uma frequência “pura”. As cordas vocais vibram de um modo complexo, de tal modo que à frequência fundamental junta-se todo um conjunto de *harmónicas*, ou múltiplos da frequência, com intensidade decrescente. Por exemplo, se entoarmos a nota Lá, a uma frequência de 440 Hz, também produzimos som a 880 Hz (chamada a 2ª harmónica), 1320 Hz (3ª harmónica), e por aí fora. É fácil constatar isto com um analisador espectral. Mas o nosso ouvido não percebe estes sons como notas separadas, senão como um todo. Aliás, é precisamente a mistura das harmónicas e a quantidade em que cada uma contribui para um som que lhe confere uma qualidade musical, ou *timbre*, diferente. É este aspecto que nos faz distinguir imediatamente a mesma nota Lá tocada numa flauta ou num violino, que também têm as suas harmónicas próprias.



Modelo fonte-filtro das voz humana. O som gerado nas cordas vocais consiste num espectro de harmónicas (a) que é modelado pelas condições de ressonância no tracto vocal (b), resultando no som final (c). No canto tuvano a região de ressonância é de tal modo fina (d) que uma única harmónica é amplificada e ouvida separadamente das outras (e).

Esquema parcialmente baseado em Levin e Edgerton 1999.

O espectro de frequências passa então pelo resto do tracto vocal – o *filtro* – que o vai moldar de acordo com as suas ressonâncias próprias. Este percurso, de cerca de 17 cm, pode ser idealizado como um tubo em que uma das extremidades está fechada (a garganta), e a outra aberta (a boca). Dada a velocidade de propagação do som no ar, é fácil calcular que existem frequências de ressonância a 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz... As harmónicas próximas destas ressonâncias são amplificadas, e as mais afastadas são atenuadas. No caso do tracto vocal os dois primeiros envelopes de ressonância são normalmente suficientes para definir o carácter de um som. São chamados respectivamente o primeiro e o segundo *formantes* (ver figura da página anterior, parte superior).

Mas a nossa garganta não é um tubo perfeito, e as bandas de filtragem dos formantes podem efectivamente ser deslocadas alterando as condições do meio de propagação – ou, por palavras mais simples, mudando a posição da língua e dos lábios. É este efeito que permite que, para uma mesma frequência fundamental, o som articulado tenha um timbre diferente. Por exemplo, basta mover a língua para passar da vogal “a” para “i”, ou mudar a abertura da boca para passar de “o” para “u”. (Por curiosidade, quando “sintonizamos” as ressonâncias para os valores de um tubo perfeito dados acima, resulta o popular som “aaah...” que alguém faz quando se perde a meio de uma frase.)

Chegados a este ponto, podemos então abordar o mecanismo do canto tuvano. Ao começar por entoar uma nota extremamente grave, o cantor emite um longo espectro rico em harmónicas. O que faz depois é posicionar a língua e aproximar os lábios de modo a criar uma banda de ressonâncias extremamente estreita – de facto, é de tal modo estreita que apenas uma *única harmónica* é amplificada, e as outras são suprimidas.

Daqui resulta o típico som tuvano de cantar duas notas sobrepostas: o zumbido grave da frequência fundamental, e o assobio cristalino de uma harmónica pura. A harmónica é de tal modo amplificada e distinguida das demais que os dois sons são percebidos separadamente.

Mas se se limitasse a isto, o efeito seria monótono; e de facto, o que o cantor faz é cantar uma melodia completa no registo agudo, mantendo a mesma nota fundamental. Como é que isto é possível? Para perceber, consideremos a relação da série de frequências das harmónicas com a posição das notas musicais da escala ocidental. A figura em baixo (para os musicalmente letrados) ilustra a série harmónica da nota Dó (65,4 Hz) situada duas oitavas abaixo do Dó central de um piano. A segunda harmónica (130,8 Hz) também é um Dó, mas uma oitava mais agudo. A terceira harmónica (196,2 Hz) corresponde à nota Sol, e a quarta (261,6 Hz) é o Dó central, duas oitavas acima, e por aí fora. A cada nova harmónica, o “salto” nas linhas da pauta torna-se mais pequeno. As harmónicas seguintes, representadas até à 16ª, começam a ficar de tal modo próximas que, por uma feliz coincidência matemática, conseguem corresponder quase exactamente a todas as notas de uma escala maior: partindo de uma única frequência fundamental, o cantor tuvano consegue sintonizar a ressonância com tal precisão e virtuosismo que usa as *harmónicas isoladas* como notas musicais!

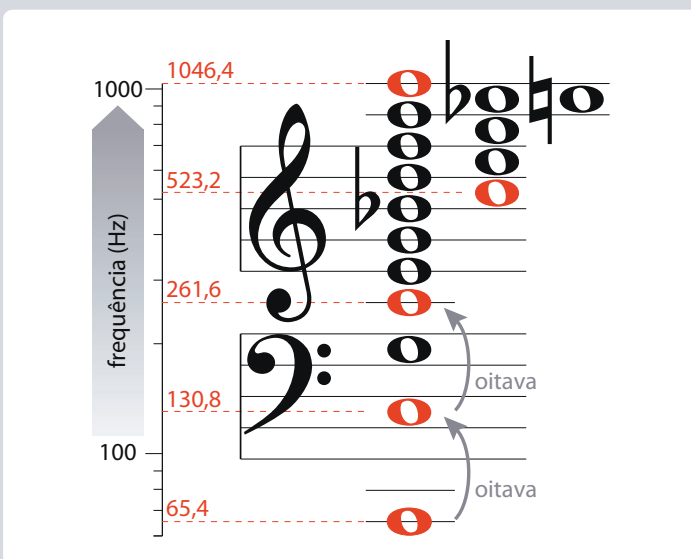
Está pois resolvido o mistério, e qualquer um de nós – tuvano ou não – pode conseguir cantar deste modo, desde que aprenda a atingir e amplificar as harmónicas pretendidas. E como bónus, dado que estas notas vêm automaticamente afinadas pelas leis da física, o canto tuvano é uma opção bastante promissora para qualquer aspirante a cantor que seja duro de ouvido...

#### Para saber mais:

Theodore C. Levin e Michael E. Edgerton, “The throat singers of Tuva”, Scientific American Set. 1999, pág. 80

Vídeo do famoso cantor tuvano Kongar-ool Ondar a actuar num show americano:

<http://www.youtube.com/watch?v=TVyyhHFK18E>



Posição aproximada das harmónicas da nota Dó (65,4 Hz) na escala de temperamento igual. As harmónicas de ordem 2, 4, 8 e 16 correspondentes à mesma nota em oitavas superiores estão assinaladas a vermelho, com as frequências indicadas na escala logarítmica à esquerda.