

# Receita de um planeta água

Pesquisa brasileira lança uma nova teoria para o surgimento do líquido na Terra, unificando modelos diferentes

A história de como a Terra ganhou a água de seus oceanos é um mistério. Embora 70% de sua superfície seja coberta pelos oceanos, a região do Sistema Solar onde o planeta se formou e se encontra é um deserto no espaço. Pesquisadores que investigam o assunto se dividem. De um lado, a maioria deles propõe que a água veio de asteroides; de outro, que as rochas que formaram o planeta já tinham água em sua composição. Nenhuma das explicações, no entanto, resolve o mistério. Agora, um estudo brasileiro promete causar rebuliço neste meio ao propor que as duas coisas podem ter acontecido. A teoria conciliadora pode talvez enfim explicar por que a Terra tem mais água de planeta água.

Para entender a inovação proposta pelo trabalho da astrônoma Karla Torres é preciso voltar às origens do Sistema Solar. A estrela e seus planetas surgiram do material de uma nuvem interestelar de gás e poeira há mais de 4,5 bilhões de anos (veja ilustração nas págs. 32 e 33). Depois que o Sol nasceu, o que restou da nuvem formou um disco em seu entorno, que é de onde surgiram os planetas e sua água.

Na faixa do disco entre o Sol até uma

distância de 2,5 UA (unidade astronômica – uma UA tem 150 milhões de quilômetros, que é a distância da Terra ao Sol), a água permaneceu na forma de vapor, que tendia a escapar para a parte mais externa do disco. A partir desse ponto, a temperatura já era baixa o suficiente para a água condensar em cristais de gelo. Essa fronteira é conhecida como a linha do gelo. Enquanto a proporção de rocha para água na Terra é de 0,02%, os corpos que se formaram além de 2,5 UA possuem mais água em sua composição, como os cometas, que são feitos de 80% de gelo.

Daí se supunha que a água teria vindo dos cometas que caíram aqui. Isso mudou no final da década de 1990, quando astrônomos observaram que a composição da água dos cometas não batia com a da Terra. Essa comparação é feita com a chamada “água pesada”, que leva esse nome porque é composta por um tipo de hidrogênio mais “gorducho” que o tradicional. Conhecido como deutério (D), ele tem em seu núcleo um próton e um nêutron, enquanto o hidrogênio (H) só tem um próton. Astrônomos descobriram que a proporção entre água pesada e normal (razão D/H) dos cometas era diferente da terrestre. Pela

conta, eles poderiam ter contribuído no máximo com 10% de nossa água.

A razão D/H indica onde no Sistema Solar a água se formou. Observações sugerem que quanto mais distante do Sol, mais deutério a água tem. A água dos cometas tem uma razão D/H duas vezes maior que a terrestre, que é de 149 átomos de deutério para um milhão de átomos de hidrogênio normais. A proporção daqui, no entanto, parece ser grande demais para a distância de 1UA, o que sugere que nossa água seja uma mistura de águas formadas em diferentes regiões do Sistema Solar. De onde, exatamente, é a dúvida.

## O melhor dos dois mundos

A escola mais numerosa de planetólogos acredita que a maior parte da água chegou aqui com asteroides formados além da linha do gelo. O ponto positivo dessa teoria é que a razão D/H dos asteroides é bem parecida com a da nossa água. O número de impactos de asteroides com a Terra, porém, precisaria ter sido tão grande que é improvável.

Os dissidentes defendem que os grãos de poeira do disco antes da linha do gelo que se fundiram e deram origem à Terra

## A ORIGEM DA ÁGUA DA TERRA

# 60%

Água trazida por asteroides que colidiram com os embriões planetários que originaram a Terra

# 2% a 5%

Água que chegou pela chuva de cometas que atingiram a Terra recém-formada

# 35% a 38%

Água absorvida pelos grãos do disco que formaram os embriões planetários



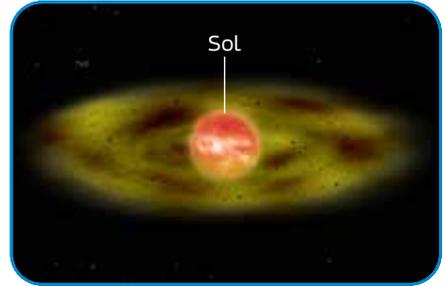
## COMO NASCEU O SISTEMA SOLAR



Estrelas e planetas surgem nas nuvens moleculares de nossa galáxia, tais como os "Pilares da Criação", fotografados pelo telescópio espacial Hubble



4,5 bilhões de anos atrás, o trecho de uma nuvem molecular colapsa sobre o próprio peso. Do gás concentrado no centro, nasce o Sol



100 mil anos depois, em torno do Sol, gira um disco de gás e poeira microscópica. Elementos mais pesados migram para dentro do disco e os mais voláteis, para longe

teriam, sim, absorvido vapor e conservado dentro de si água suficiente para encher as bacias oceânicas. Mas isso não explica a estranha razão D/H dos oceanos.

Ao assumir que as duas teorias podem estar em parte corretas, Karla Torres conseguiu explicar em seu doutorado no Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) não só a quantidade de água na Terra (o que outros modelos já explicavam), mas também obteve o que parece a melhor explicação até agora para o valor da razão D/H dos oceanos. O astrônomo Othon Winter, da Unesp de Guaratinguetá, que orientou a tese defendida em 2008, apresentou os resultados na Assembleia Geral da União Astronômica Internacional, que aconteceu entre 3 e 14 de agosto, no Rio de Janeiro. O trabalho foi submetido à revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS).

A conclusão se baseia nos dados atuais, que ainda são muito escassos. Novas evidências podem alterar completamente o rumo das pesquisas

### Astrobiologia

Karla o procurou, em 2004, interessada em Astrobiologia – nova disciplina que busca entender a origem da vida na Terra e onde no Universo seria possível encontrar vida extraterrestre. O assunto era novo para Winter, especializado em analisar as órbitas de satélites, asteroides, planetas, suas luas e anéis. O astrônomo calcula as trajetórias desses corpos celestes, cujos movimentos são regidos pelas leis da gravidade de Newton, descobrindo quais são estáveis ou caóticos. A dupla, então, buscou algum problema dentro da astrobiologia que pudesse ser resolvido com as ferramentas da mecânica celeste.

Karla descobriu um ponto de partida nos trabalhos do astrobiólogo irlandês-americano Sean Raymond, da Universidade do Colorado (EUA). Ele investiga como a mecânica celeste produz as condições para que ao redor de uma estrela se formem planetas rochosos com água líquida na superfície – condição para que haja vida como a conhecemos. Ele simula em computador a dinâmica dos últimos estágios da formação de um sistema planetário baseado no que sabemos sobre a origem do Sistema Solar.

A chave parecia estar no último estágio, quando os gigantes gasosos Júpiter e Saturno já existiam, mais ou menos em suas posições atuais. Naquela época o cinturão de asteroides próximo a Júpiter tinha muito mais corpos do que tem hoje, mais de cem bilhões deles. Onde hoje estão Mercúrio,

Vênus, Terra e Marte, vagavam centenas de embriões planetários, ou protoplanetas, sendo os menores do tamanho da Lua (um centésimo da Terra) e os maiores, de Marte (um décimo da Terra).

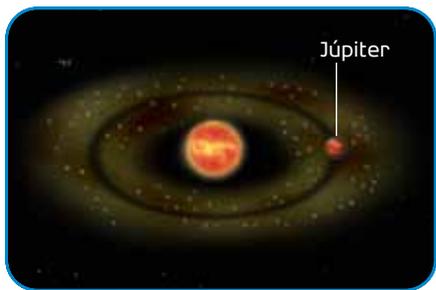
Tanto Raymond quanto Karla estudaram essa última etapa da formação dos planetas rochosos, criando no computador um modelo simplificado desse cenário. Mas enquanto ele assumia que apenas os asteroides além da linha do gelo possuem água, ela considerou que os embriões planetários também tinham um pouco.

Karla começou as simulações em seu computador de mesa mesmo, passou depois para o "cluster" de computadores na Unesp de Guaratinguetá e terminou nos computadores da Keele University, no Reino Unido, onde seu namorado, o astrônomo inglês David Anderson, arranhou um tempo para ela rodar suas simulações.

Foi um trabalho "dramático e desgastante", conta ela. Cada uma das 19 simulações que realizou demorava de um a dois meses para se completar. Às vezes a rede elétrica caía durante o processo e era preciso recomeçá-lo.

Ela apertava "start" e deixava os corpos celestes seguirem seus caminhos sob a influência da gravidade uns dos outros. O produto da simulação é uma espécie de filme em câmera rápida, cada quadro representando um instantâneo do Sistema Solar primitivo a cada cinco dias, durante 200 milhões de anos.

Um típico filme-catástrofe, com colisões



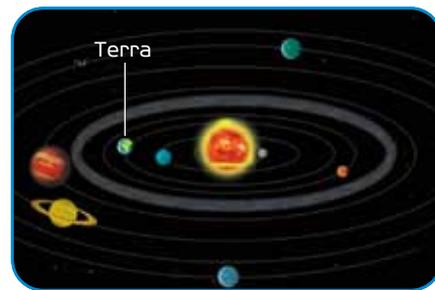
Júpiter

Um milhão de anos depois, da poeira surgem os planetesimais, asteroides de até 1 km de comprimento. Alguns deles capturam gás muito rápido, dando origem aos gigantes gasosos



Cinturão de asteroides

10 milhões de anos depois, Na parte mais interna do disco, planetesimais fundem-se em "embriões planetários", com tamanho entre Lua e Marte

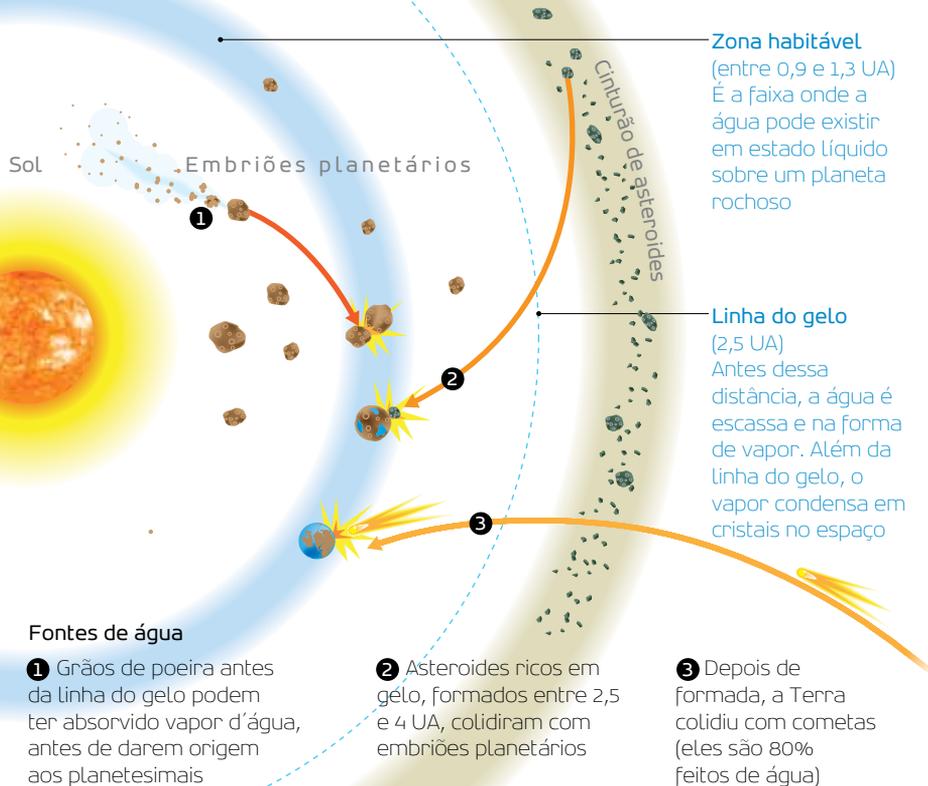


Terra

1 bilhão de anos depois - o Sistema Solar é mais ou menos como hoje, com planetas rochosos, asteroides, gigantes gasosos, planetas anões e cometas

## DE ONDE VEM A ÁGUA DA TERRA

A Terra se formou onde está hoje, a uma distância de 1 UA (unidade astronômica) do Sol, bem no meio da zona habitável, antes da linha do gelo



entre embriões planetários, entre asteroides e entre os dois tipos de corpos. Os maiores ou absorviam os menores ou os espalhavam para fora do Sistema, alguns caindo no Sol. Ao final de cada simulação, sobravam de dois a oito planetas, cada um com uma quantidade de água, com uma razão D/H diferente.

Ao mostrar a Raymond seus primeiros resultados, Karla teve uma surpresa desagradável. Ele estranhou os dados, pois alguns corpos sumiam sem nenhuma razão. A conclusão foi de que havia um erro no programa usado para calcular o movimento dos corpos, o Mercury, desenvolvido por John Chambers, da Nasa.

Karla é graduada em ciências da computação, então resolveu analisar cada linha do código do Mercury. Acabou achando um "bug" na versão baixada na página de Chambers na Internet. "Descobri que havia baseado todo o meu trabalho em um programa com um erro básico de computação."

Ela corrigiu o erro e refez tudo. Juntando seus resultados com os de outros estudos, concluiu que de 35% a 38% da água da Terra veio dos embriões planetários que a formaram; 60% de asteroides; e de 2% a 5% de cometas. Mas essa é uma conclusão provisória. "Precisamos de medidas melhores da razão D/H da água da Terra e também da de cometas e asteroides para ter uma ideia de como elas se encaixam", diz Raymond. "É possível que novas evidências alterem completamente o rumo das pesquisas", concorda Winter.

Nenhuma das três fontes sozinha explica quanta água há na Terra e a sua composição química. O modelo criado por Karla Torres leva em conta as três fontes em conjunto, simulando o último estágio da formação do Sistema Solar para descobrir o quanto cada fonte contribui para o total de nossa água