

**N**

**NÃO É FÁCIL** acompanhar a velocidade com que Douglas Rodrigues, 32 anos, escreve na lousa. Vestindo uma camisa do Grêmio, bermuda, chinelo e segurando o inseparável chimarrão, ele leva poucos minutos para preencher 2 metros de quadro-negro com uma série de fórmulas e equações. Colocar ideias na parede é parte da rotina de desenvolvimento de sua tese de doutorado em estatística, um trabalho provisoriamente batizado de “processos de salto com memória de alcance variável e aplicações à modelagem estocástica de redes neurais”. O título não faz o menor sentido para grande parte da humanidade, mas, por incrível que pareça, o conteúdo da obra tem aplicação bastante universal.

É que, em meio a tantos números, símbolos e letras gregas, podem estar respostas para desvendar a mais popular e misteriosa das máquinas já inventadas: nosso cérebro.

Rodrigues é um dos 12 pesquisadores do NeuroMat, centro de pesquisa localizado dentro do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da Universidade de São Paulo. Fundado em agosto de 2013, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), trata-se de uma das poucas instalações no mundo dedicadas ao estudo de uma nova área conhecida como neuromatemática, ciência que combina matemática pura com neurobiologia. Sua missão é criar uma teoria geral do funcionamento do cérebro, ou, em outras palavras, criar modelos que expliquem como os mais de 86 bilhões de neurônios de nossa massa cinzenta se comunicam. “Quando as pessoas vão fazer um estudo econômico,



**TOQUE AQUI PARA VER AS ÚLTIMAS NOTÍCIAS**





elas olham para um modelo e tentam aplicá-lo a determinada situação”, diz Rodrigues. “No caso do cérebro, esse modelo ainda não existe.”

Para criá-lo, o NeuroMat conta com uma equipe de estatísticos, físicos, matemáticos, programadores, médicos e neurocientistas não só da USP mas também de outras instituições do Brasil e do exterior. Ao todo, o centro reúne mais de 50 cientistas. Os resultados dessa colaboração deverão ajudar a medicina a entender questões cruciais para o tratamento de doenças como o Alzheimer, de pacientes que sofreram acidentes vasculares cerebrais (AVCs) ou para os que perderam parte dos movi-

mentos em acidentes — por exemplo, cair de moto.

Afinal, por que algumas pessoas se recuperam mais rapidamente do que outras? Como o cérebro refaz conexões depois de uma lesão? E é possível prever como ele vai se comportar? As respostas estão ligadas a outra pergunta muito mais ampla: existiria um padrão de funcionamento no cérebro?

**“A MATEMÁTICA** é necessária para que possamos definir qual é esse padrão. Pelo que já observamos, ele deve, sim, existir”, diz



Antonio Galves, professor titular do IME e diretor do NeuroMat. “O que eu vou contar agora é algo fascinante, belíssimo, e muito fácil de entender. Mas, ao mesmo tempo, complicadíssimo”, afirma. Aos 67 anos, Galves fala da neuro-matemática como quem conta um

**O NEUROMAT PODE AJUDAR MÉDICOS A ENTENDER COMO ALGUNS PACIENTES SE RECUPERAM MAIS RAPIDAMENTE DE LESÕES NO CÉREBRO**

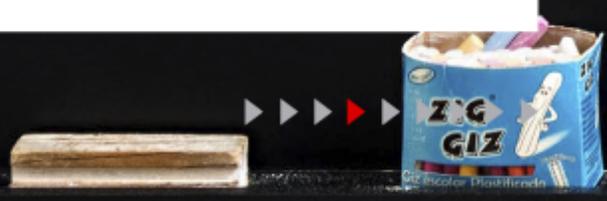
filme. Há personagens importantes, como grandes matemáticos e físicos, e até momentos de suspense, quando as questões a ser resolvidas se transformam em clímax da história. Seu entusiasmo pelo tema atraiu muitos dos alunos que ocupam o prédio de 700 metros quadrados do centro de pesquisa e hoje trabalham como seus orientandos.

Galves também articula grande parte das parcerias e colaborações do centro com outras instituições,

como a neurocientista Cláudia Vargas, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, hoje uma das pesquisadoras principais do NeuroMat. Justamente do laboratório de Cláudia, na UFRJ, saíram importantes dados para compreender a existência desse tal “padrão”. O experimento é simples de entender.

Um grupo de voluntários assistiu a dois filmes diferentes enquanto vestiam uma espécie de touca com 20 eletrodos. O primeiro era um conjunto de bolinhas se movendo de forma aleatória. No segundo, as bolinhas assumiam a forma de um corpo humano caminhando. Os voluntários não sabiam identificar o formato da primeira imagem, mas reconheciam, na segunda, sem problemas, que se tratava de uma pessoa. Parece algo óbvio, mas o que interessava aos pesquisadores era analisar como o cérebro processava essas duas imagens.

“A ideia era calcular a correlação entre pares de eletrodos. Será que, quando um eletrodo registrava uma atividade importante, o outro também tinha atividade? Isso é uma noção de estatística”, diz Galves. Essa relação entre os sinais, espé-



Evandro Rocha (em pé) e Diogo Pedrosa integram o time de desenvolvimento de ferramentas computacionais coordenado pela professora Kelly Braghetto

cie de teia de pontos ligados por conexões, é chamada de grafo. As análises mostraram que os grafos de cada voluntário eram sempre diferentes, mas havia algo em comum: todas as pessoas tinham muito mais conexões registradas num eletrodo específico durante a exibição da imagem aleatória do que ao assistir à silhueta humana. “É como se as regiões tivessem de interrogar mais vezes outras zonas do cérebro para perguntar ‘Ei, não entendi o que é isso. Você entendeu?’”, explica Galves.

O experimento não só revelou que o cérebro processa essas duas sequências de imagens de forma

distinta como mostrou que, por mais diferentes que sejam os grafos de cada indivíduo, deve haver algo em comum. Algo que faz com que todos sempre tenham mais conexões em um caso e menos em outro. Se os cientistas soubessem dizer o que é e como se dá essa semelhança, enxergariam de forma mais clara como o cérebro se comporta. Do mesmo modo que medir a temperatura de um doente é uma ferramenta para o médico saber se o paciente está ou não melhorando de uma virose, analisar os grafos poderia ser um indicador du-



rante a recuperação de um AVC. “Ainda não conseguimos explicar essa regularidade. Possivelmente, o padrão que estamos buscando é algum tipo de medida de probabilidade”, afirma Galves.

**COM OS DADOS DA ATIVIDADE DO CÉREBRO, OS PESQUISADORES DO NEUROMAT TENTAM CRIAR MODELOS PARA PREVER A CHANCE DE UM NEURÔNIO DISPARAR SINAIS**

**JOGUE UMA MOEDA PARA O ALTO.** A chance de ela cair com o lado “coroa” para cima é de 50%, a mesma para “cara”. A probabilidade é sempre a mesma, não importa qual tenha sido o resultado anterior. Com os neurônios é diferente. A chance de um neurônio disparar aumenta se outro neurônio próximo a ele já tiver disparado. O desafio é descobrir como esses

disparos estão (ou não) interagindo para tentar entender o que acontecerá em seguida. “Se eu observo determinado cenário agora, o que observarei depois? Quanto tenho de voltar, no passado, para conseguir prever o próximo passo?”, diz a argentina Aldana González, 33 anos, pesquisadora do pós-doutorado do NeuroMat.

Há pouco mais de um ano no centro, Aldana tenta responder a essas perguntas utilizando dados colhidos pela equipe da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Ao observar registros reais e sequências de disparos, ela tenta criar modelos para prever a chance de determinado neurônio disparar no futuro. “Até agora, a estatística comum era usada na neurociência. Mas é preciso uma nova matemática para explicar o que está acontecendo”, afirma.

O trabalho de Aldana González é similar ao de Douglas Rodrigues. Ambos são um pouco mais teóricos, mas há pesquisas no NeuroMat com aplicação mais direta no dia a dia dos médicos. Michelle Miranda, 36 anos, por exemplo, trabalha com dados de ressonância magnética e outros tipos de imagem



## II CIÊNCIA I

O NeuroMat é dirigido por Antonio Galves, um dos poucos especialistas do país em neuromatemática

cerebral. O principal objetivo de seu pós-doutorado é encontrar associações entre os dados captados em exames e as condições clínicas dos pacientes. “Existem estudos mostrando que pode haver diminuição da substância cinzenta no cérebro em casos de Alzheimer”, diz Michelle, que concluiu o doutorado nos Estados Unidos antes de entrar no NeuroMat. “Em estágios iniciais, isso não é algo que apareça de forma visível em um exame, mas seria possível criar técnicas para detectar essa alteração”, afirma.

Grande parte dos dados usados por Michelle Miranda veio, inclusive, de pacientes reais do labora-

tório da professora Claudia Vargas, do Rio de Janeiro. A neurocientista coordena o Núcleo de Pesquisa em Neurociência e Reabilitação, do Instituto de Neurologia Deolindo Couto. Trata-se de um centro multidisciplinar para pessoas que sofreram lesões do tipo avulsão plexo braquial, muito comuns em acidentes de motocicleta. “Plexo braquial é a enervação motora de todo o membro superior. Por exemplo, a pessoa cai de moto, tem um estiramento no pescoço e perde o movimento do braço”, diz Claudia Vargas. “Uma das questões que



mais ouvimos dos cirurgiões é: por que pacientes com o mesmo tipo de lesão, que passaram pela mesma cirurgia, têm melhoras tão diferentes? Acreditamos que a resposta esteja na forma como o cérebro constrói novas conexões”.

**ANALISANDO  
PACIENTES,  
SERIA POSSÍVEL  
ENCONTRAR  
UM PADRÃO NO  
CÉREBRO QUE  
AJUDASSE A  
DETERMINAR OS  
MELHORES TIPOS  
DE CIRURGIA**

Por essa razão, a parceria com o NeuroMat é tão interessante. Analisando pacientes, seria possível encontrar um padrão e entender quais tipos de cirurgia funcionam melhor em diferentes casos. “Para isso, também é fundamental ter a informação mais completa possível de cada indivíduo e buscar relações entre seus históricos médicos, tipos de lesão e cirurgia”, afirma Claudia Vargas.

“Percebemos que era crucial a construção de um banco de dados.”

**ALÉM DA PESQUISA MATEMÁTICA**, um dos objetivos do NeuroMat é a criação de ferramentas de software livre, abertas a toda a comunidade científica. O maior projeto seria o de um banco de dados para cientistas do mundo todo que permitisse cruzar e compartilhar descobertas, mas preservasse o anonimato dos pacientes. A primeira etapa foi a criação de um banco local, ainda em desenvolvimento, e de um software, batizado de NES, para os pesquisadores armazenarem informações de forma padronizada.

“Nossa necessidade era organizar os dados num ambiente seguro, pois somos uma equipe multidisciplinar, trabalhando em lugares diferentes”, diz Kelly Braghetto, coordenadora da equipe de desenvolvimento de ferramentas computacionais do NeuroMat e professora no departamento de ciência da computação da USP. Ela e sua equipe são responsáveis pelo desenvolvimento de diversas plataformas. Será sua missão, também,



A woman in a light-colored shirt and jeans is standing at the front of a seminar room, pointing at a whiteboard. Several people are seated in blue chairs around a table, listening. The room has a projector screen and a blackboard.

A aluna de pós-graduação Aline Duarte se apresenta em um dos seminários do NeuroMat

transformar os modelos matemáticos de pesquisadores como Aldana, Douglas e Michelle em ferramentas que possam ser usadas em clínicas e hospitais. “A gente acredita que seja possível construir essas ferramentas para analisar dados e ajudar médicos a indicar o tratamento mais eficiente”, afirma Kelly. E isso talvez não esteja longe de acontecer.

Os resultados apresentados até agora pela equipe do NeuroMat são bastante promissores e, ainda em 2015, o prédio que abriga o centro passará por uma expansão, ganhando mais 130 metros quadrados. Na nova área, estará um laboratório com equipamentos

para a realização de experimentos com sinais neurais. “O que estamos fazendo aqui é aproveitar a oportunidade histórica de receber perguntas fascinantes de um ramo da ciência ainda em desenvolvimento, como a neurobiologia”, diz Antonio Galves. E, como bom professor, ele encerra a explicação com mais uma lição, parafraseando um famoso matemático, o russo Mikhail Gromov: “A tarefa da matemática é encontrar regularidades que não são visíveis a olho nu”.

