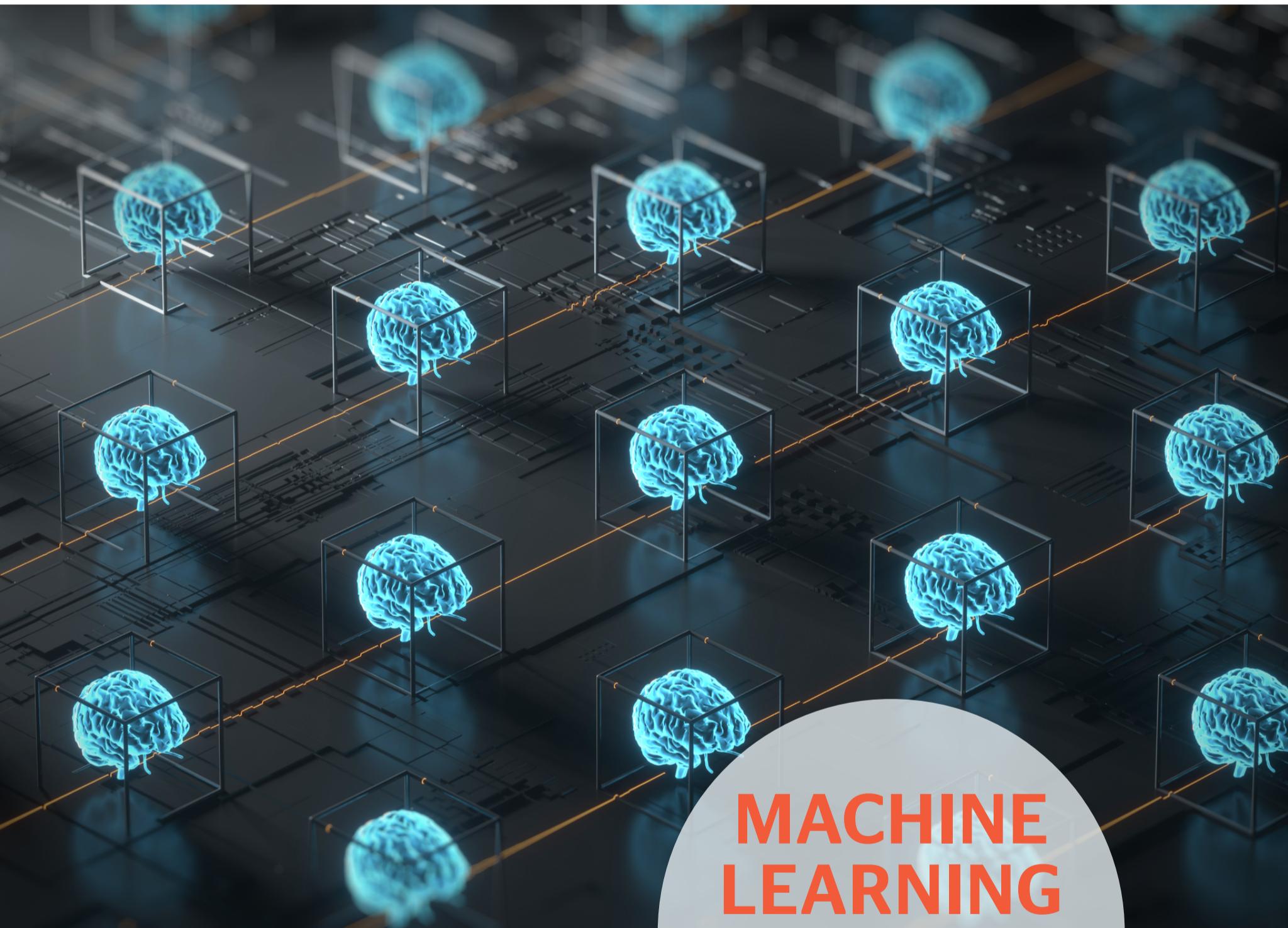


39

ED. 01 | 2019

Computação Brasil

Revista da
Sociedade Brasileira
de Computação



**MACHINE
LEARNING**

Desafios para um
Brasil competitivo



Lisandro Zambenedetti Granville
Presidente da Sociedade Brasileira
de Computação

PARCEIRA DA REVOLUÇÃO DIGITAL

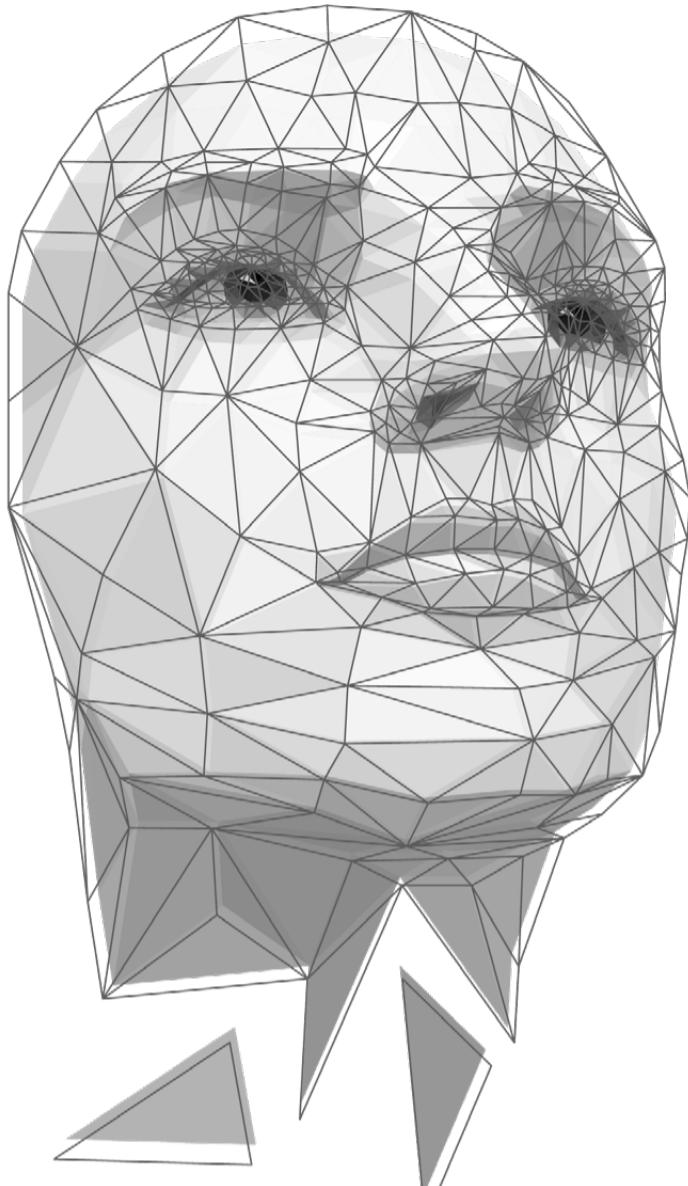
A SBC TEM UM PAPEL IMPORTANTE PARA COLOCAR O BRASIL, DEFINITIVAMENTE, NO CAMINHO DA TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA.

Não se imagina hoje uma vida em sociedade sem as facilidades que as tecnologias da informação e comunicação têm a oferecer. Seja na vida pessoal ou profissional, a Computação se tornou uma comodidade, agindo, inclusive, como uma extensão dos sentidos.

A Sociedade Brasileira da Computação tem apoiado em todas as suas frentes essa revolução, especialmente no contexto brasileiro, por meio da promoção dos eventos científicos e da atuação profissional no território nacional.

Consideramos o futuro promissor e desafiador, sendo obrigação de toda a área de Computação extrapolar seus limites clássicos. Além da tecnologia em si, precisamos abordar tópicos como ética, responsabilidade social e sustentabilidade e, ao mesmo tempo, liderar as evoluções que estão por vir.

Entre todas as tecnologias digitais que ganham força no mundo, a Machine Learning (ou aprendizado de máquinas) é talvez uma das mais atraentes, pois de cara



COMO SE ASSOCIAR

Se você deseja renovar a anuidade ou se associar à SBC, confira o valor anual:

Categoria	Valor para o ano de 2019
Efetivo/Fundador	R\$ 240,00
Efetivo Associado à ACM	R\$ 215,00
Efetivo Professor de Educ. Básica	R\$ 85,00
Estudante de Pós-Graduação	R\$ 85,00
Estud. Pós-Graduação Associado à ACM	R\$ 70,00
Estudante de Graduação	R\$ 21,00
Institucional	R\$ 2.350,00

remete a temáticas já abordadas em livros de ficção, filmes e séries de TV. Hoje, a Machine Learning está presente em várias atividades privadas, de órgãos públicos e empresas de todos os segmentos de mercado, seja para planejar, produzir, vender ou se relacionar com seus públicos. É só pensarmos nos atendentes virtuais, robôs e softwares automatizadores de processos em empresas, entre outros.

Esta edição da revista da Computação Brasil aborda justamente esse assunto, trazendo artigos que mostram como nossos pesquisadores e instituições estão desenvolvendo aplicações voltadas a incluir o Brasil nesse caminho.

Para finalizar, reforço que está chegando mais uma edição do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), que neste ano ocorrerá entre os dias 14 e 18 de julho, em Belém (PA), com o tema Computação e Responsabilidade Socioambiental.

Anote na agenda!

Consideramos o futuro promissor e desafiador, sendo obrigação de toda a área de Computação extrapolar seus limites clássicos.

39
ED. 01 | 2019

Computação Brasil

Revista da
Sociedade Brasileira
de Computação



www.sbc.org.br

Caixa Postal 15012
CEP: 91.501-970 - Porto Alegre/RS
Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Setor 4 - Prédio 43412 - Sala 219
Bairro Agronomia - CEP: 91.509-900 - Porto Alegre/RS
Fone: (51) 3308.6835 | Fax: (51) 3308.7142
E-mail: marketing@sbc.org.br

Diretoria:

Presidente | Lisandro Zambenedetti Granville (UFRGS)
Vice-Presidente | Thais Vasconcelos Batista (UFRN)
Diretora Administrativa | Renata Galante (UFRGS)
Diretor de Finanças | Carlos Ferraz (UFPE)
Diretor de Eventos e Comissões Especiais | Antônio Jorge Gomes Abelém (UFPA)
Diretora de Educação | Renata Mendes de Araujo (UNIRIO)
Diretor de Publicações | José Viterbo Filho (UFF)
Diretora de Planejamento e Programas Especiais | Cláudia Motta (UFRJ)
Diretor de Secretarias Regionais | Marcelo Duduchi (CEETEPS)
Diretora de Divulgação e Marketing | Eliana Silva de Almeida (UFAL)
Diretor de Relações Profissionais | Ricardo de Oliveira Anido (UNICAMP)
Diretora de Competições Científicas | Esther Colombini (UNICAMP)
Diretor de Cooperação com Sociedades Científicas | Raimundo José de Araújo Macêdo (UFBA)
Diretora de Articulação de Empresas | Cláudia Cappelli (UNIRIO)
Diretora de Ensino de Computação na Educação Básica | Leila Ribeiro (UFRGS)
Editora Responsável | Eliana Silva de Almeida (UFAL)

Editores Convidados | André Lage Freitas (UFAL) e Orivado Santana (UFRN)

Os artigos publicados nesta edição são de responsabilidade dos autores e não representam necessariamente a opinião da SBC.

Gio Comunicação

Fone: (51) 3378.7100 - www.gio.com.vc

Imagens: fotos - Arquivo SBC



Índice

6

Agenda

7



Apresentação: Machine Learning: desafios para um Brasil competitivo

Por André Lage Freitas e Orivaldo Santana

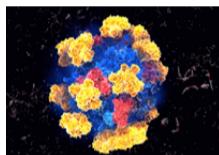
11



O impacto da aprendizagem profunda na sociedade e academia

Por Hansenclever F. Bassani

15



Machine Learning: catalisador da ciência

Por Héctor Allende-Cid

19



Projeto Victor

Pedro Inazawa, Fabiano Hartmann , Teófilo de Campos, Nilton Silva e Fabricio Braz

25



Robótica e aprendizado de máquina: uma caminhada lado a lado

Por Esther Luna Colombini e Alexandre da Silva Simões

29



Aprendizado de máquina encontra visão computacional

Por Luiz M. G. Gonçalves e Esteban Clua

33



Necessidade urgente de sistemas complexos na engenharia e saúde no Brasil

Por Sérgio Mascarenhas Oliveira e Paulo César de Camargo

37



Aprendizado de máquina na atenção à saúde humana

Por José Raniery Ferreira Júnior, Natália Santana Chiari Correia, Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques

41



Julia e Flux: modernizando o aprendizado de máquina

Por Dhairya Gandhi, Mike Innes, Elliot Saba, Keno Fischer e Viral Shah

Conheça alguns dos eventos realizados e apoiados pela SBC.

MAIO

- 06 a 10** **SBRC 2019 - XXXVII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**
Gramado (RS) ssrc2019.sbc.org.br/

- 13 a 17** **ENCOINFO 2019 - XXI Congresso de Computação e Sistemas de Informação**
Palmas (TO) www.ulbra-to.br/encoinfo

- 20 a 24** **SBSI 2019 - XXI XV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**
Aracaju (SE) www.sbc.org.br/sbsi2019

JUNHO

- 03 a 05** **INCITEL 2019 - 31º Congresso Iniciação Científica do Inatel**
Santa Rita do Sapucaí (MG) www.inatel.br/incitel/

- 11 a 14** **SBCAS 2019 - XIX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde**
Niterói (RJ) www.sbc.org.br/sbcas2019

JULHO

- 14 a 18** **CSBC 2019 - XXXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**
Belém (PA) www.sbc.org.br/csbc2019

MACHINE LEARNING: DESAFIOS PARA UM BRASIL COMPETITIVO

QUAL É O PAPEL QUE O BRASIL DEVE
DESEMPENHAR NESSA SIGNIFICATIVA EVOLUÇÃO
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA?

por André Lage Freitas e Orivaldo Vieira Santana Jr.

Investir em pesquisa científica e inovação tecnológica é fundamental para qualquer país que deseja desempenhar algum papel relevante no atual processo de mudança do setor industrial. O Aprendizado de Máquina (AM) – do inglês, Machine Learning – é um dos principais pilares dessa nova era da indústria, pois permite a extração de informação utilizando dados de forma eficiente e eficaz. Do ponto de vista da eficiência, o AM é alavancado pelos dispositivos de baixo custo voltados para a Computação de alto desempenho como as GPUs. Já a eficácia depende da quantidade e qualidade dos dados disponíveis e dos modelos de aprendizagem. Esses modelos, que são utilizados para representar as aplicações, estão cada vez mais sofisticados e hábeis em resolver problemas complexos graças ao apoio da ciência básica, especialmente, a Matemática e a Estatística.

Mas qual é o papel que o Brasil pode e/ou deve desempenhar nessa significativa evolução científica e tecnológica? Foi essa pergunta que norteou esta edição da revista Computação Brasil, com o intuito de provocar pesquisadores e tomadores de decisões a refletir sobre o tema Machine Learning: desafios para um Brasil competitivo. O termo em inglês foi proposital, a fim de lembrar que nossa referência deve ser sempre internacional (incluindo o Brasil nesta referência, é claro!), instigando a visão crítica sobre os impactos que o AM está trazendo ao mundo e refletindo sobre como podemos influenciar o rumo do nosso país nesse momento. Enfim, é uma posição questionadora, provocativa e política, mesmo que muitos ainda erroneamente compreendam política como politicagem ou doutrinação. Sendo mais claros, falamos de política de Pesquisa Científica e Desenvolvimento Tecnológico para o Brasil. Políticas essas que precisam ser fortalecidas, desde a pesquisa básica até o desenvolvimento de produtos inovadores.

Ao pensar na coleção de artigos para esta edição, pensamos em diversificar as áreas de atuação para exemplificar o impacto que o AM está realizando na sociedade. Alguns autores focaram no contexto multidisciplinar das aplicações. Por exemplo, o professor Hansenclever Bassani descreve os impactos da AM profunda na visão computa-

O Brasil investe pouco mais de 1% do seu PIB em Pesquisa & Desenvolvimento, menos da metade do investimento de países altamente industrializados [1].

cional e nas aplicações que utilizam o Processamento de Linguagens Naturais (PLN), como o português e o inglês. Em seguida, o professor Héctor Allende-Cid destaca o papel do AM como impulsionador da ciência por conseguir classificar automaticamente dados empíricos, por exemplo, a classificação de plânctons e o diagnóstico do paciente através do PLN. Ainda se tratando de PLN, contamos com a contribuição de pesquisadores do Projeto Victor (UnB/STF), uma ferramenta pioneira no mundo para classificação de processos judiciais de repercussão geral e que está sendo implantada no Supremo Tribunal Federal.

No contexto da robótica inteligente, os professores Esther Colombini e Alexandre Simões explicam os avanços do AM nesse âmbito e nos alertam sobre a acanhada participação de 4% do Brasil no mercado de robôs. Já os professores Luiz Gonçalves e Esteban Clua mostram como o AM impactou na visão computacional, explicando como essa relação se moldou e convidando os leitores a refletir sobre o futuro dessa fusão de áreas de conhecimento. Com foco na área da saúde, os professores Sérgio MAscarenhas e Paulo Camargo explicitam a importância dos sistemas complexos como ferramentas para construir máquinas inteligentes. Além disso, eles nos lembram que não devemos ter medo das mudanças que o AM impactará, mas sim que devemos ter controle sobre nossas criações. Em seguida, José Raniery et al. mostram a revolução que o AM tem feito no diagnóstico por imagens, explicitando o impacto na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP).

Por último, o artigo "Julia e Flux: Modernizando a Aprendizagem de Máquina" apresenta duas tecnologias de ponta que permitem facilitar o desenvolvimento de aplicações de AM sem preterir o desempenho de execução. O artigo é escrito por fundadores da empresa Julia Computing e por Dr. Viral B. Shah, cocriador da linguagem de programação Julia.

Esperamos que os exemplos expostos nesta edição ajudem a refletir sobre como podemos contribuir para a construção de um Brasil competitivo na era da Machine Learning. Para alcançarmos esse grande objetivo, precisamos contar com uma política de Estado assertiva que fomente a pesquisa básica e a inovação tecnológica com eficiência e eficácia. Para isso, é necessário que a comunidade científica do país compreenda a estratégica importância desse tema e que influencie e cobre dos tomadores de decisão ações para nortear esse caminho. ●

Referências

1. Koeller, P., Viotti, R. B., Rauen, A. DISPÊNDIOS DO GOVERNO FEDERAL EM C&T E P&D: ESFORÇOS E PERSPECTIVAS RECENTES. Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Edição n. 48. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2016.



ANDRÉ LAGE FREITAS | É doutor em Informática (INSA, França), professor da UFAL e membro do Laboratório de Computação Científica e Análise Numérica. Foi coordenador de Pesquisa da Propep-UFAL e tem experiência em projetos internacionais financiados pela Microsoft Azure Research, Fapeal, FP7, H2020 (UE) e Conicyt (Chile). É sócio-fundador de Lawtech de Inteligência Artificial.



ORIVALDO VIEIRA SANTANA JR. | É professor da Escola de Ciências & Tecnologia (ECT), da UFRN, e doutor em Ciência da Computação pelo Centro de Informática (CIN), da UFPE. É membro do Laboratório de Automação e Robótica da (LAR ECT-UFRN) e faz pesquisas com Robótica e Aprendizagem de Máquina. Também é sócio-fundador de Lawtech de Inteligência Artificial.

O IMPACTO DA APRENDIZAGEM PROFUNDA NA SOCIEDADE E ACADEMIA

QUAL É O IMPACTO DA APRENDIZAGEM PROFUNDA EM OUTRAS ÁREAS DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, COMO A VISÃO COMPUTACIONAL E O PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL, AO QUEBRAR RECORDES DE DESEMPENHO E HABILITAR TECNOLOGIAS REVOLUCIONÁRIAS?

por Hansen clever F. Bassani

Aprendizagem de Máquina (AM) está finalmente saindo dos laboratórios e causando real impacto na sociedade. Técnicas apenas consideradas promissora passaram a estampar a capa de revistas, não somente de tecnologia, mas também voltadas para o setor financeiro, automobilístico, de entretenimento e diversas outras áreas.

As manchetes têm descrito aplicações que há duas décadas seriam consideradas de ficção científica, indo de sistemas de reconhecimento de imagens com taxas de acerto sobre-humanas até veículos autônomos, passando por geradores de imagens tão realistas^[1] que chegam a se atrever a compor obras de arte^[2]; algo considerado exclusividade do intelecto humano.

No centro de várias dessas inovações está um conjunto de técnicas de AM que permitem treinar Redes Neurais Artificiais (RNAs) com até 10 milhões de neurônios, algo que se aproxima da quantidade no cérebro de um sapo^[3]. Este conjunto de técnicas é denominado Aprendizagem Profunda (AP).

AP permite a aprendizagem de elementos com níveis de abstração cada vez mais altos. Por exemplo, em reconhecimento de faces, linhas e traços são reconhecidos em suas camadas de neurônios iniciais; formas básicas como olhos, nariz e boca, em camadas intermediárias; e finalmente, diferentes tipos de faces são identificadas nas últimas camadas.

Na área acadêmica, o impacto dessas tecnologias também é significativo. Na área de Visão Computacional, por exemplo, um curso atualizado é significativamente diferente ao lecionado há apenas cinco anos, devido à ampla substituição de técnicas tradicionais por técnicas baseadas em AP.

O mesmo vem ocorrendo na área de Processamento de Linguagem Natural (PLN), em que diversos avanços foram obtidos nos últimos anos. O PLN estu-

Detetive Spooner - Um Robô consegue escrever uma sinfonia? Um robô consegue transformar uma tela em uma bela obra-prima?

Robô Sonny - Você consegue?

Diálogo do filme Eu, Robô

da maneiras de resolver problemas envolvendo o uso da linguagem falada ou escrita, como Português. Esses problemas incluem classificação de texto, reconhecimento e produção de fala, tradução automática, sumarização, resposta a perguntas e diálogo. Todos problemas complexos e sem solução definitiva.

Inicialmente, as abordagens empregavam algoritmos específicos como expressões regulares e estratégias de busca. Avanços significativos ocorreram com o emprego AM baseada em estatística, Modelos de Markov e extratores de característica definidos manualmente. Esses métodos já eram capazes de aprender padrões ao varrer grandes bases de dados de texto, o que lhes permitiu resolver problemas importantes como a classificação automática de spam. Porém, seu baixo desempenho em problemas mais complexos limitava sua aplicabilidade.

Este cenário começou a mudar com o emprego de word embeddings, uma técnica que permite representar palavras e sentenças através de vetores de números reais, forma adequada para RNAs. Representações anteriores eram definidas manualmente e possuíam baixo poder expressivo, enquanto métodos atuais consideram o contexto no qual as palavras estão inseridas, e são aprendidas automaticamente a partir de bases de texto. Assim, operações matemáticas com esses vetores carregam informação semântica, e um vetor representando a palavra "rei", subtraído do vetor para "homem" e somado com o vetor para "mulher", resulta em um vetor próximo do vetor para "rainha".

Word embeddings combinados com novas arquiteturas de RNAs para processar dados sequenciais (texto e fala) viabilizaram incríveis aplicações como os tradutores em tempo real e os assistentes virtuais. No entanto, quando o objetivo se trata de desenvolver métodos com ampla capacidade de compreender linguagem natural, ainda há um longo caminho a se percorrer. Os sistemas atuais falham quando é necessário conhecimento de senso comum sobre o mundo, talvez porque essa informação de fato não está contida nos dados de treinamento e ainda não há uma maneira adequada de se obter e representá-la.

De toda forma, os avanços seguem, e da interface entre NLP e outras áreas, como Robótica e Visão Computacional, podem surgir técnicas que irão habilitar outras aplicações revolucionárias. Assim, se você se interessa por esses assuntos, mas ainda não sabe muito sobre essas tecnologias, saiba que não está

sozinho. E se professores universitários experientes estão tendo que voltar para os livros para aprender, você também pode. Então, mãos à obra! ●

Referências

1. https://www.theregister.co.uk/2018/12/14/ai_created_photos/
2. <https://www.nytimes.com/2018/10/25/arts/design/ai-art-sold-christies.html>
3. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville (2016), Deep Learning, MIT Press, url: <http://www.deeplearningbook.org>



HANSEN CLEVER F. BASSANI | É professor adjunto da UFPE e, atualmente, pesquisador visitante no Mila Quebec AI Institute, trabalhando em modelos Profundos para Aprendizagem Semi-Supervisionada e Não-Supervisionada aplicados à Robótica, Visão Computacional e Aquisição de Linguagem Natural.

MACHINE LEARNING: CATALISADOR DA CIÊNCIA

NAS ÚLTIMAS DÉCADAS, É NOTÁVEL COMO A UTILIZAÇÃO DE MACHINE LEARNING IMPULSIONA AS DIVERSAS ÁREAS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, PERMITINDO QUE PESQUISADORES CONCENTREM-SE EM ASPECTOS DE SUAS PRÓPRIAS ÁREAS DE ATUAÇÃO.

por Héctor Allende-Cid

(Traduzido pelos Editores)

Machine Learning é uma subárea da Inteligência Artificial que tem apresentado um crescimento enorme nas últimas décadas. Trata-se de algoritmos matemáticos, estatísticos e computacionais que são capazes de realizar um processo de inferência por meio de aprendizado baseado em exemplos. Há duas décadas, acreditava-se que os resultados alcançados por esses algoritmos seriam viáveis apenas nas mentes de autores de ficção científica.

Machine Learning é a área ideal para a automatização de processos, os quais podem ser "simples", como reconhecer padrões visuais, ou complexos, tais quais decisões de especialistas da área da saúde. Quando seres humanos lidam com problemas complexos, muitas vezes é impossível explicar o raciocínio que levou a tomar determinadas decisões. Por outro lado, é menos complexo realizarmos a coleta dos exemplos de decisões tomadas por seres humanos e usá-los como fonte para que o sistema aprenda a resolver o mesmo problema.

Com constante avanço científico e tecnológico em volta da área de ML, as demais áreas da ciência podem e/ou vão se beneficiar de técnicas de Machine Learning para acelerar e potencializar suas pesquisas. O ritmo acelerado do desenvolvimento de pesquisas nas áreas da Biologia, Medicina, Oceanografia, Linguística, etc. não permite que pesquisadores percam tempo realizando classificações manuais. A classificação é uma tarefa inerente em quase todas (quiçá todas) as áreas das Ciências, automatizar essa tarefa é imprescindível para impulsionar o progresso científico [1].

Por exemplo, a Biologia Marinha e a Oceanografia realizam classificações e medidas de fitoplânctons em amostras de águas marinhas [2]. Nesse contexto, é de suma importância conhecer os diversos tipos de plâncton que se encontram nas amostras, uma vez que isso é um indicador da qualidade da água do mar. Essa informação é utilizada para definir políticas de pescas ou para saber o risco de potenciais problemas como a maré vermelha. A

contagem de plâncton é um tema de suma relevância para a investigação nesta área, pois essa tarefa geralmente é realizada em vários meses por especialistas de forma manual. Sem dúvidas, um processo automático de classificação e contagem de plânctons permitirá que os especialistas se concentrem em problemas mais complexos de sua área.

Machine Learning é a área ideal para a automatização de processos, os quais podem ser "simples", como reconhecer padrões visuais, ou complexos, tais quais decisões de especialistas da área da saúde.

computadores e as linguagens humanas. As linguagens naturais por si já são complexas por estarem em constante evolução e por serem uma ferramenta vital para estabelecer a comunicação com outros humanos e, assim, viver em sociedade. Há muitas tentativas de modelar as linguagens naturais, mas até o momento não há um modelo que seja capaz de refletir toda sua complexidade [3].

No Chile, estamos desenvolvendo uma pesquisa com profissionais da saúde e da linguística para a classificação automática de anamnese. A anamnese é o conjunto de dados que contém a história clínica dos pacientes. Atualmente, vários países têm esses dados registrados, mas a maioria sem a associação da sua respectiva enfermidade. Para um país, é de extrema importância conhecer as estatísticas das enfermidades mais relevantes de sua população, portanto classificar esses dados e identificá-los adequadamente é crucial para a elaboração e políticas pública eficientes. Utilizando uma grande quantidade de dados, as técnicas de ML permitem que esse processo de classificação e identificação seja feito de maneira automática e confiável.

As pesquisas apresentadas anteriormente são exemplos claros de como Machine Learning pode impulsionar o processo de investigação em diversas

Outro exemplo do potencial da Machine Learning é sua contribuição na área de Processamento de Linguagem Natural (PLN). É uma área interdisciplinar onde a inteligência artificial encontra a linguística para estudar as complexas relações entre os

áreas da ciência. Consequentemente, fazendo com que o conhecimento da humanidade avance em um ritmo muito maior. ●

Endereço com a versão original do artigo em espanhol:

<http://twixar.me/Fz0K>

Referências

1. Cynthia Rudin and Kiri L. Wagstaff. Machine learning for science and society. *Machine Learning*. 2014.
2. O. Py, H. Hong and S. Zhongzhi, "Plankton classification with deep convolutional neural networks. 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference. Chongqing, 2016.
3. Juliet Beni Edgcomb and Bonnie Zima. *Machine Learning, Natural Language Processing, and the Electronic Health Record: Innovations in Mental Health Services Research*. Psychiatric Services. 2019.MIT Press, url: <http://www.deeplearningbook.org>.



HÉCTOR ALLENDE-CID | É engenheiro de Informática e doutor em Engenharia de Informática pela Universidad Técnica Federico Santa María. Trabalha nas áreas de Machine Learning, Análise Preditiva, Computação Estatística. É professor da Escuela de Ingeniería Informática da Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile) e presidente da Associação Chilena de Reconhecimento de Padrões.



PROJETO VICTOR

COMO O USO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA
PODE AUXILIAR A MAIS ALTA CORTE
BRASILEIRA A AUMENTAR A EFICIÊNCIA E A
VELOCIDADE DE AVALIAÇÃO JUDICIAL DOS
PROCESSOS JULGADOS.

por Pedro Inazawa, Fabiano Hartmann , Teófilo
de Campos, Nilton Silva e Fabricio Braz

O aprendizado de máquina (ou, em inglês, Machine Learning) é uma área da Ciência da Computação que lida com algoritmos que aprendem por experiência e melhoram suas performances com o decorrer do tempo. Essa abordagem é normalmente utilizada para a detecção de padrões em dados, visando à automatização de tarefas complexas ou fazer previsões, e vêm se tornando um diferencial em diversas áreas, inclusive no Direito. Nesse contexto, o projeto Victor, parceria entre o Supremo Tribunal Federal (STF) e a Universidade de Brasília, busca a aplicação dos mais novos conceitos e técnicas de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina para necessidades relevantes em termos de processamento, classificação de peças e classificação de temas na gestão da Repercussão Geral no STF. Os objetivos são o aumento da celeridade de processamento, incremento da precisão e acurácia nas etapas envolvidas, de forma a apoiar os recursos humanos envolvidos nas atividades judiciais.

Uma etapa importante para o entendimento completo da tecnologia por trás do Victor é a compreensão do campo da inteligência artificial conhecido como Processamento Natural de linguagem (ou, em inglês, Natural Language Processing ou NLP).

Este subcampo da inteligência artificial teve seu começo em 1950 como uma intersecção da inteligência artificial e da linguística, inicialmente trabalhando em problemas relacionados à recuperação de informações em texto. Hoje o principal foco é gerar sistemas inteligentes que processem e compreendam a escrita e a fala como os seres humanos o fariam, a partir de metodologias estatísticas. O grande desafio é dar

O projeto Victor, parceria entre o Supremo Tribunal Federal (STF) e a Universidade de Brasília, busca a aplicação dos mais novos conceitos e técnicas de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina.

a essas grandes, complexas e diversas fontes de informação uma forma estruturada de análise, e que se possam obter contextos, sentimentos, resumos textuais e categorização de conteúdo, dentre outros fatores de interesse.

O funcionamento do Victor no Supremo Tribunal Federal procede da seguinte forma: Inicialmente, o STF disponibiliza sua base de dados de processos jurídicos para que a equipe do Grupo de Aprendizado de Máquina (GPAM) da Universidade de Brasília [1] os processe. Atualmente, o banco de dados do projeto Victor conta com cerca de 952 mil documentos oriundos de cerca de 45 mil processos. Os arquivos são então submetidos a um fluxo de tratamento de documentos que:

- 1 - Filtra elementos considerados espúrios, como erros de digitalização e imagens;
- 2 - Divide frases em partes menores e cria símbolos para as partes mais relevantes do texto;
- 3 - Reduz palavras muito parecidas ou que possuem mesmo radical a símbolos comuns;
- 4 - Dá uma etiqueta a cada arquivo, classificando-o em uma das peças relevantes ao projeto;
- 5 - Atribui um rótulo com a repercussão geral do processo.

A partir desse processamento, modelos de NLP são aplicados aos dados visando determinar em qual repercussão geral tal processo se encaixa. Houve a produção também de dois subprodutos ao projeto que são relevantes ao tribunal: transformação de imagens em textos para posteriores buscas e edições e outro classificador capaz de determinar automaticamente se uma peça jurídica é Recurso Extraordinário, Agravo em Recurso Extraordinário, Sentença, Acórdão, Despacho ou outra categoria genérica de documentos. Espera-se que uma vez em produção, o Victor contribua na celeridade e qualidade do fluxo de análises de processos jurídicos, sendo uma solução adequada às necessidades dos servidores e operadores do Direito do Supremo Tribunal Federal.

A equipe do projeto é composta por um time de Direito e o Grupo de Pesquisa em Aprendizado de Máquina [1]. A metodologia de trabalho multidisciplinar dessas equi-

pes também fará parte da entrega final da pesquisa à comunidade acadêmica e ao STF, pois servirá para o desenvolvimento de outras ferramentas ou soluções. Como fruto desse trabalho, já houve algumas publicações em escopo jurídico e de tecnologia e um prêmio de Melhor Artigo em conferência [3]. O projeto também foi veiculado em grandes portais de mídia [2]. Finalmente, cabe ressaltar que esse é o primeiro projeto de inteligência artificial aplicada a tribunais no Brasil e o primeiro do mundo em uma Suprema Corte, desbravando, assim, caminhos para a inovação. ●

Referências

1. Grupo de Aprendizado de Máquina (GPAM). Projeto Victor. <http://gpam.unb.br/victor/>. [Online; Acessado em 19-Fev-2018].
2. Lydia Medeiros. Supremo do futuro. o Globo, Jun 2018.
3. Nilton Silva, Fabricio Braz, Teofilo Campos, Andre Guedes, Danilo Mendes, Davi Bezerra, Davi Gusmao, Felipe Chaves, Gabriel Ziegler, Lucas Horinouchi, Marcelo Ferreira, Pedro Inazawa, Victor Coelho, Ricardo Fernandes, Fabiano Peixoto, Mamede Maia Filho, Bernardo Sukiennik, Lahis Rosa, Roberta Silva, Taina Junquilho, and Gustavo Carvalho. Document type classification for Brazil's supreme court using a convolutional neural network. In Proceedings of The Tenth International Conference on Forensic Computer Science and Cyber Law. HTCIA, oct 2018.



PEDRO INAZAWA | É engenheiro eletrônico (2016) e mestrando em Engenharia Biomédica pela Universidade de Brasília. É pesquisador colaborador do projeto Victor.



FABIANO HARTMANN | É doutor em Direito pela UnB; professor da Faculdade de Direito e do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Direito - PPGD - UnB. É coordenador Acadêmico do Projeto Victor (PD Machine Learning – Supremo Tribunal Federal/Universidade de Brasília e líder do Grupo de Pesquisa/CNPq: DR.IA (Direito, Racionalidade e Inteligência Artificial).



TEÓFILO DE CAMPOS | É doutor pela Universidade de Oxford (2006), mestre pela USP (2001) e bacharel em Ciência da Computação pela UNESP (1998). De 2005 a 2016, trabalhou como pesquisador nos laboratórios da Sharp, Microsoft, Xerox, Surrey e Sheffield. Atualmente, é professor adjunto no Departamento de Ciência da Computação da UnB e bolsista PQ-CNPq.



NILTON SILVA | É coordenador do GPAM e pesquisador da UnB. Tem conduzido projetos em Inteligência Artificial, especialmente em Aprendizado de Máquina, Aprendizado Profundo e Processamento de Linguagem Natural, voltados à análise de grandes volumes de dados (Big Data): Imagens, Textos e Dados Corporativos.



FABRICIO BRAZ | É professor adjunto do curso de Engenharia de Software da UnB. Também é doutor em Engenharia Elétrica (2009) e tem atuado desde 2012 em pesquisa e desenvolvimento com aprendizado de máquina em imagem, texto e dados estruturados.

ROBÓTICA E APRENDIZADO DE MÁQUINA:

UMA CAMINHADA LADO A LADO

ALGORITMOS DE APRENDIZADO TÊM OBTIDO RELATIVO SUCESSO EM TAREFAS COMPLEXAS QUE DEVEM ABRIR NOVOS MERCADOS PARA A ROBÓTICA. O BRASIL ESTÁ ATENTO PARA A IMPORTÂNCIA QUE A ÁREA TERÁ NOS PRÓXIMOS ANOS E PREPARADO PARA PARTICIPAR DESTE MERCADO?

por Esther Luna Colombini e Alexandre da Silva Simões

Quando o famoso computador IBM Deep Blue venceu o enxadrista Garry Kasparov em 1997, um dos maiores desafios da Inteligência Artificial (IA), o jogo de xadrez, tinha sido vencido. A IA era finalmente melhor que o melhor dos humanos em uma tarefa tipicamente humana. Nesse momento, a proposição de desafios mais complexos para as pesquisas se fazia necessária.

É nesse cenário que nasce a RoboCup (www.robocup.org). A tarefa de fazer com que robôs bípedes fossem capazes de jogar futebol seguindo regras da FIFA para que em 2050 eles pudessem, a exemplo do Deep Blue, vencer os humanos campeões do mundo era extremamente motivadora. Dentre os novos desafios computacionais estavam: a tomada de decisão em tempo real sobre um ambiente contínuo, imprevisível e não estruturado, a multimodalidade dos dados, etc. Somam-se a estes: o desenvolvimento de motores com baixo peso próprio e torque elevado, o desenvolvimento de novos tipos de acionamento elétroeletônico, a eficiência energética, a integração entre mecânica, elétrica e computação.

Hoje, decorridos 20 anos doascimento da RoboCup, a robótica há muito deixou de ser exclusiva das indústrias e está cada vez mais presente no nosso cotidiano.

Embora tenhamos evoluído na gama de atividades que robôs podem executar com qualidade, elas ainda não são genéricas o suficiente.

De acordo com a IFR (International Federation of Robotics), em 2018 foram comercializadas no mundo mais de 7,5 milhões de unidades de robôs para auxílio em atividades domésticas, como aspiradores de pó e limpadores de piscina. Outras aplicações de sucesso incluem: robôs para entretenimento, agricultura, logística e serviços profissionais, incluindo os veículos autônomos não tripulados e a indústria médica.

Para cumprir suas tarefas, esses robôs de serviço são geralmente móveis e autônomos, e precisam operar em ambientes projetados para humanos, onde estes estão presentes. Diferente da robótica de manufatura, não há limites para o espaço de operação desses robôs, o que dificulta o processo de tomada de decisão e demanda novas arquiteturas físicas (como robôs bípedes, aéreos, híbridos, etc.).

Entretanto, embora tenhamos evoluído na gama de atividades que robôs po-

dem executar com qualidade, elas ainda não são genéricas o suficiente. Em outras palavras, ainda não é seguro para um ser humano, por exemplo, que um robô de grande porte tente ajudá-lo em tarefas do cotidiano. A maior lacuna continua sendo o software, visto que a pré-programação desses robôs para todas as tarefas e situações que o mundo pode oferecer mostrou-se uma abordagem impossível.

Na busca por alternativas, a robótica, que tem evoluído de mãos dadas com a IA ao longo da História, está buscando no Aprendizado de Máquina e no recente sucesso de suas redes neurais profundas a solução para os mais diversos problemas relacionados à autonomia do robô. Por exemplo, a localização por visão, o planejamento de trajetória, o controle de movimentos, assim como o aprendizado de modelos de socialização e arquiteturas cognitivas. Por isso, a robótica está cada dia mais ligada ao aprendizado.

De fato, no ICRA 2018 (goo.gl/S6YqeV), a maior e mais importante conferência de robótica mundial, a área de Deep Learning em Robótica e Automação foi aquela que concentrou, de longe, o maior número de publicações. A Google, por exemplo, teve 24 artigos na conferência em áreas relacionadas ao aprendizado. É impossível hoje conceber a robótica dissociada do aprendizado.

Esse caminho nos levará a robôs plenamente inteligentes? É difícil afirmar, mas devemos ficar atentos aos sinais. Em 2014 a RoboCup mundial – realizada pela primeira vez no Brasil – registrou o primeiro empate da história entre robôs autônomos e humanos em um jogo de futebol: 2x2. Os robôs ainda não eram os humanoides: eram robôs com rodas, e os humanos ainda não eram os campeões do mundo: eram os organizadores do evento... Mas é um bom indicativo do quanto estamos caminhando.

Investir na Robótica Inteligente é, hoje, vital para qualquer país que pleiteia ocupar um lugar de destaque nas próximas décadas no cenário mundial. Contudo, pre-

A maior lacuna continua sendo o software, visto que a pré-programação desses robôs para todas as tarefas e situações que o mundo pode oferecer mostrou-se uma abordagem impossível.

cisamos estar alertas: enquanto Ásia, América do Norte e Europa fabricam 96% dos robôs no mundo, o Brasil ocupa, junto com os demais países, apenas 4% deste mercado [1]. É estratégico para o país entender, o quanto antes, o papel que a robótica inteligente está para assumir na sociedade. ●

Referências

1. World Robotics 2018. IFR. Disponível em: <http://ifr.org/1>



ESTHER LUNA COLOMBINI | É mestre e doutora em Engenharia de Computação pelo ITA com ênfase em IA e Robótica. É professora do Instituto de Computação da Unicamp e coordena o Laboratório de Robótica e Sistemas Cognitivos. Foi presidente da RoboCup Brasil e desde 2017 atua como diretora de Competições Científicas da SBC.



ALEXANDRE DA SILVA SIMÕES | É engenheiro eletricista (Unesp, 1998), mestre e doutor em Engenharia Elétrica (USP, 2000 e 2006) e Livre-Docente em Robótica e Inteligência Artificial (Unesp, 2016). Foi fundador da RoboCup Brasil. É PQ-2 CNPq em Divulgação Científica, Coordenador da Comissão Especial de Robótica (CER) da SBC e diretor do Campus de Sorocaba da Unesp.



APRENDIZADO DE MÁQUINA **ENCONTRA VISÃO COMPUTACIONAL**

ESTAMOS VIVENDO UM MOMENTO HISTÓRICO EM FUNÇÃO DO GRANDE BOOM DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL JUNTO À VISÃO COMPUTACIONAL. INÚMERAS ÁREAS Vêm SE BENEFICIANDO E REVOLUCIONANDO SEUS MODELOS DE NEGÓCIO: ROBÓTICA, MEDICINA, VEÍCULOS AUTÔNOMOS, DENTRE OUTRAS.

.....
por Luiz M. G. Gonçalves e Esteban Clua
.....

Embora a inteligência artificial e a visão computacional existam há algumas décadas, pode-se afirmar que três fatores permitiram que ambas pudessem passar por uma grande revolução nos últimos anos. Primeiro, há uma grande quantidade de dados sendo produzidos e armazenados (Big Data), ressaltando-se a importância dos desafios lançados, tais como o ImageNet, que deu origem a importantes arquiteturas para a área de visão computacional baseada em deep learning, tais como o LeNet, AlexNet e GoogleLeNet. Em seguida, temos o desenvolvimento de novas e importantes técnicas e arcabouços mostrando-se robustos para a área. Por exemplo, bibliotecas de aprendizado de máquina profundo (deep learning), como Caffe, CNTK, Tensor Flow, Torch e Theano, permitem que seja possível explorar soluções para diferentes contextos de forma rápida e direta. Por último, destacamos a proliferação de Supercomputação a custo baixo, protagonizado por hardware do tipo GPU.

A Visão Computacional (VC), também conhecida como Análise de Imagens, visa extrair informações acerca do mundo tridimensional usando imagens

A Visão Computacional, também conhecida como Análise de Imagens, visa extrair informações acerca do mundo tridimensional usando imagens obtidas por algum processo de captura.

obtidas por algum processo de captura, tais como câmeras ópticas, por exemplo. A VC utiliza técnicas de processamento de imagem (PI) visando realçar para depois abstrair características (features) da cena que sejam úteis para analisar o seu conteúdo tridimensional.

A grande revolução da Inteligência Artificial deve-se ao avanço e desenvolvimento de sistemas com a capacidade de aprender padrões intrínsecos que regem uma determinada tarefa, observados a partir de um grande volume de dados. A capacidade de generalizar os modelos aprendidos, para assim realizar inferências em novos casos,

permite que os modelos aprendidos possam ser sempre incrementados, sem a necessidade de treinamentos novos e customizados. Embora muitos tipos de dados e sinais se beneficiem desse processo, as imagens são consideradas protagonistas desde o início.

A Aprendizagem de Máquina clássica pode ser descrita por duas etapas. A primeira etapa consiste em extrair os dados brutos que servirão de insumo (ex., imagens). Esses dados serão os sinais de entrada, descrevendo características e propriedades que se deseja avaliar no problema. Por exemplo, podem ser usadas as features providas pela VC tradicional. Baseado nas medições de uma amostra que se deseja avaliar, cria-se um vetor descriptor que representa a assinatura daquela amostra de acordo com as medições estabelecidas. Feito isso, a segunda etapa consiste em aplicar algum algoritmo de aprendizagem de máquina para a tomada de decisão sobre o conjunto de medições levantadas. A etapa de extração de características é algo não trivial, sendo difícil encontrar formalizações matemáticas que sejam capazes de descrever fenômenos, e até impraticável, dada a grande quantidade de variações de parâmetros que pode ocorrer.

É justamente aqui que as técnicas de deep learning criam um diferencial na solução do problema: substitui-se a etapa de descrição formal e matemática da extração de características tradicional de VC por um processo de treinamento das redes neurais, sendo esse integrado à etapa de tomada de decisão. Este treinamento é capaz de observar as correlações existentes em um grande volume de dados, aprendendo diretamente a partir dos dados brutos quais padrões são mais relevantes, possibilitando assim ajustar os parâmetros das redes neurais. Esta ideia revolucionou as duas áreas através da inserção da operação matemática de convolução, de forma que os parâmetros possam ser aprendidos a partir do treinamento com dados anotados, em vez de serem definidos empiricamente como sempre foi feito em VC até então.

Mas ainda falta muita coisa para fazer. O quanto longe se pode chegar, de

onde vêm os dados e como estes são estruturados, o uso de adversarial datasets, são desafios recentemente estudados assim como vários problemas que ainda estão sem solução. Por exemplo, as CNNs modernas podem mudar drasticamente a sua saída quando uma imagem sofre transformações pequenas. Além disso, quanto mais profunda é a rede artificial neural, maiores são suas falhas à generalização. Por fim, o debate ainda continua no momento em que os mais céticos ainda relutam em aceitar que a IA possa encontrar VC de maneira definitiva. ●



LUIZ M. G. GONÇALVES | Possui doutorado em Visão Robótica no Laboratório de Computação Gráfica pelo Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE-UFRJ, Brasil, em 1999. É professor titular do Departamento de Engenharia de Computação e Automação da UFRN, Natal, RN, Brazil, atuando em Visão Computacional e Robótica.



ESTEBAN CLUA | É professor da Universidade Federal Fluminense e coordenador do UFF Medialab. Sua área de atuação está especialmente focada na área de Videogames, Realidade Virtual, GPUs e deep learning. É um dos fundadores do SBGames. Em 2015 foi nomeado NVIDIA CUDA Fellow.

NECESSIDADE URGENTE DE SISTEMAS COMPLEXOS NA ENGENHARIA E NA SAÚDE NO BRASIL

O CONHECIMENTO DE SISTEMAS COMPLEXOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL SÃO PROPULSORES DE NOVOS AVANÇOS. PRECISAMOS ENTENDÊ-LOS E APLICÁ-LOS BEM NA ENGENHARIA E NA SAÚDE, PARA QUE NÃO SEJAM VISTOS COMO AMEAÇAS, MAS COMPREENDIDOS COMO BENÉFICOS.

por Sérgio Mascarenhas Oliveira e
Paulo César de Camargo

Entender o cérebro, possivelmente o sistema natural de maior complexidade com seus bilhões de neurônios interagindo interna e externamente, é o desafio deste século. O artigo Engenharia da Complexidade, de S. Mascarenhas e J. Piqueira(2017) [1], trata de aspectos da evolução da Engenharia na humanidade e do desenvolvimento científico dos séculos XIX e XX, quando surgiram nossos sistemas de transporte, saúde, geração e distribuição de energia e comunicação. Por mais completa e cuidadosa que seja a obra de Engenharia, podem emergir novas e inesperadas situações resultantes de interações não lineares, bem representadas na metáfora "o bater de asas de uma borboleta na Amazônia pode induzir um tornado no Texas?", do livro *The essence of Chaos* (Lorenz, 1972). No afresco, Escola de Atenas no Vaticano, Rafael representou Platão apontando para cima, o mundo das idéias, enquanto Aristóteles com a palma da mão voltada para baixo indica a realidade. De certa forma, a Inteligência Artificial representa a integração do mundo das ideias de Platão com o mundo da realidade de Aristóteles, onde Máquinas e Humanos interagem criando um complexo organismo, potencializado pela flexibilidade e diversidade do cérebro humano, combinado com a imensa capacidade dos computadores em armazenar e processar dados com alta velocidade, precisão e exatidão.

No século passado, L. von Bertalanffy(1968) [2] alertava: a teoria dos sistemas complexos transcende em muito as questões tecnológicas, exigindo a integração das ciências exatas, biológicas e sociais à filosofia. Ele anunciava a importância das características exclusivamente humanas, do domínio da linguagem e da formação de conceitos com representação simbólica. Bertalanffy destaca que este mundo simbólico adquire vida própria, podendo tornar-se mais “inteligente do que seu criador”, e lembra que nosso futuro depende fortemente de a humanidade aplicar seu poder para elevar-se ou aniquilar-se. Neste contexto, a frase de S. Hawking em 2018 “não devemos temer as mudanças: precisamos fazê-las trabalhar a nosso favor”, complementa a visão de Bertalanffy.

Embora com evolução incerta, idealmente vislumbra-se um mundo cada

vez mais criativo e capaz de enfrentar desafios. Assim, um grande desafio é compreender como aproveitar a imensa e rica disponibilidade de recursos, já disponíveis na palma da mão de qualquer cidadão com um aparelho celular e acesso à internet. A Inteligência Artificial, o Aprendizado de Máquina e os conceitos da Complexidade criam novas possibilidades de interação Homem-Máquina e suas combinações, possibilitando um amplo sistema descentralizado e voltado para o bem-estar individual e coletivo.

O ano de 2018 foi o ano da Inteligência Coletiva e da Complexidade em

A Inteligência Artificial, o Aprendizado de Máquina e os conceitos da Complexidade criam novas possibilidades de interação Homem-Máquina e suas combinações.

São Carlos com atividades como o curso de extensão “Sistemas Complexos e Inteligência Coletiva: uma nova cultura científica para compreender questões do nosso cotidiano”.

Esse curso pode ser bem aproveitado, por exemplo, pelos profissionais da saúde que não têm como verificar, processar e analisar as informações necessárias para fornecer os melhores cuidados ao cidadão, mas que poderiam utilizar algoritmos capazes de oferecer um suporte rápido e eficaz. Um resultado

bastante promissor neste âmbito é a primei-

ra tese de doutorado de aplicação da Complexidade em políticas públicas na saúde humana no Brasil: Uso de sistemas complexos para avaliar modelos de fluxos da Rede de Saúde Materna no Departamento Regional de Saúde XIII do Estado de São Paulo, de F. Rigoli [3], orientada pelo professor G. Duarte e S. Mascarenhas na FMRP da USP-RP. O trabalho considerou um modelo de sistemas complexos adaptativos para avaliar o fluxo de gestantes para resolução da gravidez em Ribeirão Preto, possibilitando testes e recomendações na análise de fluxo de pacientes com modelos aplicáveis a outras redes temáticas como câncer e alta complexidade. No quesito inovação tecnológica e empreendedorismo, a BrainCare é uma empresa brasileira com destaque no mundo em Sistemas Complexos (www.braincare.com.br). Ela é pioneira no desenvolvi-

mento de um sensor para medir a pressão intracraniana de forma não invasiva, produto que já está certificado pela Anvisa e com patentes no exterior. ●

Referências

1. Engenharia da Complexidade. J. Piqueira e S. Mascarenhas (2017) Revista ESTUDOS AVANÇADOS 31 (91), 2017 251
2. Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy. 3a Ed. Vozes Ltda 1977. Diversas versões disponíveis na internet.
3. Tese de doutorado de F. Rigoli, Uso de sistemas complexos para avaliar modelos de fluxos da Rede de Saúde Materna no Departamento Regional de Saúde XIII do Estado de São Paulo. FMRP-USP. 2017



SÉRGIO MASCARENHAS OLIVEIRA | É professor titular da IFSC-USP, presidente da Honra SBPC e membro da Academia Brasileira de Ciências. É professor emérito da USP, Universidade Nacional (México). Doutor honoris causa: UFSCar e UFPE. Também é professor visitante: Princeton, Harvard, MIT, entre outras. Ganhou o prêmio de Mérito Científico (Grã Cruz), entre outros. Fundou e dirigiu o IFQSC-USP e a Embrapa Instrumentação.



PAULO CÉSAR DE CAMARGO | É engenheiro químico pela UFPR (1971), Ph.D. Materials Science - Rice University (1981). Coordenou o projeto Rede de Inovação e Prospecção para o Agronegócio na Região Sul (2004-2010) e a elaboração da proposta de criação do IEA Estratégicos da UFSCar. É professor sênior do DF/UFSCAR. Interesses: Inteligência Coletiva e Sistemas Complexos, Magnetism, multiferroicos.

APRENDIZADO DE MÁQUINA NA ATENÇÃO À SAÚDE HUMANA

EMBORA EXISTAM ASPECTOS ÉTICOS E TECNOLÓGICOS A SEREM AINDA MAIS BEM EQUACIONADOS E ENTENDIDOS, O USO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA (MACHINE LEARNING) NO CONTEXTO DA SAÚDE É PROMISSOR E UM DOS GRANDES DESAFIOS PARA UM BRASIL COMPETITIVO.

por José Raniery Ferreira Júnior, Natália Santana Chiari
Correia e Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques

Nós estamos na era do Big Data! O que, em outras palavras, quer dizer que é produzido e armazenado, diariamente, um número descomedido de dados nas mais diversas áreas. No caso da saúde humana, em particular, o volume de dados digitais vem crescendo em ritmo acelerado nos últimos anos. Esses dados eletrônicos estão disponíveis em grandes quantidades nos sistemas de informação dos grandes centros de atenção à saúde. No Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP-USP), por exemplo, foram produzidos, no ano de 2018, aproximadamente 230.000 exames de imagens. Atualmente, o PACS (Picture Archiving and Communication System) do HCFMRP-USP armazena em seus servidores cerca de 1.750.000 exames de imagens, que correspondem, aproximadamente, a 65 terabytes de dados, e esse volume continua crescendo!

Os serviços de atenção à saúde são ambientes que envolvem rotineiramente protocolos clínicos complexos, grandes volumes de informação e, muitas vezes, cargas de trabalho excessivas para seus profissionais. Nesse cenário, ferramentas que possam dar suporte tecnológico à rotina clínica e, consequentemente, ao cuidado do paciente são importantíssimas nos dias atuais. O Aprendizado de Máquina (Machine Learning) é uma abordagem alinhada com essa necessidade. A área de conhecimento não é realmente nova, mas tem recebido particular atenção da comunidade científica nos últimos seis a oito anos e vem sendo bastante utilizada no desenvolvimento de ferramentas computacionais voltadas para apoiar o diagnóstico de doenças, a avaliação prognóstica e a definição da conduta terapêutica de pacientes [1].

As técnicas de Aprendizado de Máquina passam por grandes avanços tecnológicos. Um exemplo, que tem ganhado massiva atenção na Medicina e particularmente na Radiologia, é o aprendizado profundo (deep learning). Métodos tradicionais de Aprendizado de Máquina possuem limitações práticas no reconhecimento de padrões em imagens, principalmente relacionados à necessidade de segmentação e desenvolvimento de extratores para a construção dos vetores de atributos utilizados como entrada para os classificadores. No aprendizado profundo, a necessidade de pré-processamento e/ou segmentação é minimizada, o que, em tese, possibilitaria um input mais direto dos dados da

A área de conhecimento não é realmente nova, mas tem recebido particular atenção da comunidade científica nos últimos seis a oito anos.

imagem na rede e uma interface mais amigável para o médico especialista [2]. O método, porém, ainda apresenta desvantagens, como a necessidade de um conjunto muito grande de imagens (centenas a milhares), maior dependência da qualidade dos exames e dados clínicos e a dificuldade de se identificar a lógica utilizada (black box do processamento).

Embora a literatura apresente vários casos de sucesso na utilização do aprendizado de máquina como ferramenta de apoio à saúde, a grande maioria dessas aplicações foram desenvolvidas em ambientes de pesquisa, utilizando dados coletados retrospectivamente para provas de conceito. Isso porque existem alguns desafios a serem superados para que tais aplicações sejam inseridas na prática clínica [3]. Questões relacionadas à padronização e interoperabilidade (para permitir a coleta, armazenamento e compartilhamento dos dados), segurança da informação, certificação das aplicações e a própria resistência e falta de conhecimento dos profissionais da saúde ainda necessitam de soluções. Além, claro, das questões éticas e legais relacionadas à responsabilidade sobre o cuidado do paciente.

Porém, os autores acreditam que as ferramentas de Aprendizado de Máquina irão mudar em futuro muito próximo a forma de trabalhar dos profissionais da área da saúde. No diagnóstico por imagem, por exemplo, nossos trabalhos na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP) têm mostrado que algoritmos de aprendizado de máquina podem ajudar na avaliação por imagem para diagnóstico do câncer de pulmão. Em exames de ressonância magnética da coluna vertebral, mostramos que o aprendizado de máquina pode auxiliar na caracterização de fraturas de corpos vertebrais, indicando perda de cálcio no osso ou câncer ósseo. Dessa forma, é muito provável que em pouco tempo a radiologia se torne um ambiente híbrido de trabalho, no qual médicos e “máquinas inteligentes” irão atuar em conjunto para potencializar o diagnóstico e tratamento de doenças. ●

Referências

1. Azevedo-Marques P.M, Mecanttini A., Salmeri M., Rangayyan R.M. (editors). Medical Image Analysis and Informatics: Computer-Aided Diagnosis and Therapy. CRC Press, 518 pages, 1st Edition, 2017.
2. Chartrand G., Cheng P.M., Vorontsov E., Drozdzal M., Turcotte S., Pal C.J., Kadoury S., Tang A. Deep Learning: A Primer for Radiologists. *Radiographics*, v. 37, n. 7, p. 2113–2131, 2017.

3. Yu K-H., Beam A.L., Kohane I.S. Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, volume 2, pages 719–731, 2018.



JOSÉ RANIERY FERREIRA JUNIOR | É graduado e mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alagoas. É doutorando no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Universidade de São Paulo.



NATÁLIA SANTANA CHIARI CORREIA | É graduada em Informática Biomédica e mestre em Bioengenharia pela Universidade de São Paulo. É doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Clínica Médica da Universidade de São Paulo.



PAULO MAZZONCINI DE AZEVEDO MARQUES | É graduado e mestre em Engenharia Elétrica e doutor em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo. É professor-associado do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

JULIA E FLUX: MODERNIZANDO O APRENDIZADO DE MÁQUINA

A EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA (AM) IMPULSIONA O AVANÇO DE FERRAMENTAS PARA FACILITAR O DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE ÚLTIMA GERAÇÃO. ESSAS FERRAMENTAS POSSIBILITAM QUE APLICAÇÕES UTILIZEM TECNOLOGIAS DE PONTA ADAPTANDO ÀS SUAS NECESSIDADES.

por Dhairya Gandhi, Mike Innes, Elliot Saba, Keno Fischer e Viral Shah

(Traduzido pelos Editores)

Computação contemporânea evoluiu de tal forma que nos incita a escrever programas de alto nível, de fácil compreensão e que sejam executados rapidamente em diferentes tipos de hardware. A solução comum para esse problema é utilizar várias linguagens de programação, conciliando a alta eficiência das de baixo nível com a facilidade das de alto nível. Contudo, utilizar várias linguagens diminui a produtividade do programador.

A linguagem de programação Julia[1] é uma solução elegante para esse problema por conciliar alta eficiência de execução (similar a C) com abstrações de programação de alto nível, permitindo o aumento da produtividade de programadores nas últimas décadas. O que torna Julia interessante é que, diferente de C, ela é totalmente derivável e desenvolvida na própria linguagem Julia, assim como a maioria dos seus pacotes. Esse cenário é adequado para o Aprendizado de Máquina (AM) porque, por exemplo, motores de física, equações diferenciais ordinárias (EDO) ou traçados de raios (ray tracers) podem tornar-se facilmente camadas de uma rede artificial neural e o processo de aprendizagem acontece de modo similar às camadas tradicionais. Essa flexibilidade permite que Julia satisfaça diferentes aplicações de AM. Flux aproveita muito bem essa característica para expandir esses benefícios à comunidade de AM.

Flux é um arcabouço (framework)

para AM onde modelos são desacoplados de detalhes específicos do arcabouço, permitindo que programadores foquem nos detalhes dos modelos, ou seja, nas especificidades do problema a ser resolvido utilizando o AM. Flux oferece simultaneamente simplicidade de uso e facilidade de customização do arcabouço (hackability). Apesar de essas características serem muito úteis, é muito difícil disponibilizar tal solução a desenvolvedores de aplicações de AM.

Historicamente, os modelos de ML estão cada vez menos estáticos e estruturados em sequências predefinidas de camadas. Esse cenário faz com que a programação diferenciável [2] torne-se um padrão em ML. Nesse contexto, Flux permite que técnicas de ML possam ser empregadas em várias aplicações, ampliando a capacidade de se resolver em diferentes tipos de problemas de forma inovadora e eficiente. Por exemplo, é possível modelar um sis-

Acreditamos que o futuro do AM está voltado para a linguagem de programação e compilação, especificamente, estendendo linguagens novas ou já existentes para atender a necessidades de pesquisa da área.

tema caótico, aplicar um algoritmo de retropropagação para o aprendizado dos parâmetros deste sistema com base em uma função de custo para resolver um problema específico.

Com Flux, definimos regras de diferenciação para várias operações disponíveis em Julia. Flux monitora essas regras nos dados de entrada e nos parâmetros automaticamente [3]. Esse monitoramento permite aplicarmos técnicas de Diferenciação Automática (DA) que criam os gradientes das regras de diferenciação para, finalmente, derivá-las.

O Flux atraiu a atenção da comunidade de aprendizado de máquina devido ao suporte à DA através do Zygote. Zygote permite descrevermos DAs, possibilitando o uso de todas as funcionalidades da linguagem Julia. Assim, o código diferenciável pode ser passado para compiladores tradicionais LLVM (Low-level Virtual Machine), resultando em um programa derivado altamente eficiente.

O fato de Flux ser escrito em Julia permite que ele seja compatível com hardware de alto desempenho como GPUs (CuArrays.jl) e TPUs (XLA.jl), reutilizando códigos nativos da linguagem Julia. Flux usa funções nativas extensivamente, evitando a utilização de outras linguagens de programação, tornando-o um arcabouço completo e simples, escrito em menos de 6.000 linhas de código.

Flux é um marco na programação de aprendizado de máquina. Por exemplo, DifferentialEquations.jl com Flux permitiu implementar puramente em Julia EDOs neurais. Já o DiffEqFlux.jl disponibiliza uma biblioteca completa que integra equações diferenciais e redes neurais harmoniosamente. O DiffEqFlux.jl representa uma generalização da EDO neurais, sendo a primeira ferramenta desse tipo.

Acreditamos que o futuro do AM está voltado para a linguagem de programação e compilação, especificamente, estendendo linguagens novas ou já existentes para atender a necessidades de pesquisa da área. Isso é bom não apenas para a comunidade de AM, mas também para a programação numérica de uma forma geral. Linguagens que oferecem suporte à implementação de derivadas, à vetorização e a diferentes tipos de hardware conseguirão nortear muitos avanços na ciência. ●

Endereço com a versão original do artigo em inglês: <https://bit.ly/2OTGhBk>

Referências

1. Mike Innes, Stefan Karpinski, Viral Shah, David Barber, Pontus Stenertorp, Tim Besard, James Bradbury, Valentin Churavy, Simon Danisch, Alan Edelman, et al. On Machine Learning and Programming Languages, 2018. URL <https://julialang.org/blog/2017/12/ml&pl>
2. Mike Innes. What is Differentiable Programming?, 2019. URL <https://fluxml.ai/2019/02/07/what-is-differentiable-programming.html>
3. Mike Innes, James Bradbury, Keno Fischer, Dhairya Gandhi, Neethu Mariya Joy, Tejan Karmali, Matt Kelly, Avik Pal, Marco Rudilosso, Saba Elliot, Viral Shah, and Deniz Yuret. Building a Language and Compiler for Machine Learning, 2018. URL <https://julialang.org/blog/2018/12/ml-language-compiler>.



DHAIRYA GANDHI | É bacharel em Engenharia Elétrica e Eletrônica pelo Instituto Birla de Tecnologia e Ciência, Pilani (2018) e atualmente é cientista de dados na Julia Computing.



MIKE INNES | É bacharel em Física pela Universidade de Oxford e criador do Flux.jl e Zygote.jl. Hoje, é desenvolvedor de software na Julia Computing.



ELLIOT SABA | É bacharel em Ciências em Engenharia Elétrica (2011) e mestre pela Universidade de Washington (2014). É Ph.D. pelo Laboratório de Computação Ubíqua da Universidade de Washington (2018). Atualmente, é engenheiro sênior de pesquisa na Julia Computing.



KENO FISCHER | É bacharel em Artes/ciências e mestre, em 2016, pela Universidade de Harvard. É cofundador e CTO (Tools) da Julia Computing.



VIRAL SHAH | É Ph.D em Ciências Computacionais da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara. Também é um cocriador da linguagem Julia e cofundador e CEO da Julia Computing.



XXXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação

■ ■ ■ 14 a 18 de julho de 2019 • Belém | PA

21 EVENTOS EM UM ÚNICO LUGAR!

46º SEMISH/HACKATHON • 49º SECOMU • 38º JAI • 27º WEI • 32º CTD
38º CTIC • 13º WIT • 21º COMPUTEC • 20º CQ • 18º WPerformance
7º WTranS • 13º BreSci • 11º SBCUP • 4º Workshop do testbed FIBRE
8º BraSNAM • 10º WCAMA • 4º ETC • 6º ENComplIF • 6º WPIETF
4º WASHES • Workshop on Cloud Networks – WCN e Cloudscape Brazil

<http://www.sbc.org.br/csbc2019>

