

Stephen e Conrad Wolfram: uma trajetória de contribuições para a Tecnologia e a Matemática

Magnus Cesar Ody
Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT
magnus.ody@acad.pucrs.br

Lori Viali
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
viali@pucrs.br

Resumo:

O artigo apresenta uma análise das contribuições dadas pelos irmãos Stephen Wolfram e Conrad Wolfram para os campos da Tecnologia e da Matemática. O objetivo é apresentar suas principais realizações nas pesquisas em tecnologia e apontar as relações com a Matemática e o seu ensino. Os dados foram coletados das informações disponíveis nos endereços wolfram.com, wolframalpha.com, computerbasedmath.org e conradwolfram.com. Identifica-se que juntamente em oferecer produtos e serviços de ponta para a computação, a pesquisa e o desenvolvimento científico em diferentes áreas, há a atenção para a matemática, tanto no seu ensino quanto na aprendizagem. Acreditam no ensino de matemática voltado para o uso do computador apoiando-se em metodologias adequadas que priorizem a resolução de problemas, a conceitualização e a reflexão.

Palavras-chave: Uso do computador. Ensino de Matemática. Inovação. Pesquisa. Wolfram.

1. Introdução

Pesquisas voltadas ao uso da tecnologia são relevantes, especialmente aquelas em prol da ciência da sociedade. Na maioria das vezes a tecnologia, quando criada, adapta-se naturalmente aos seus objetivos. Por exemplo, na medicina, quando um novo aparelho cirúrgico é criado, após testes, é inserido na prática hospitalar; ao lançar um novo modelo de celular, imediatamente os adeptos fazem uso. No caso do computador igualmente ocorre em todas as áreas.

Mas o problema não é especialmente o computador enquanto máquina, mas seu efetivo uso, que nesse caso ainda é um problema para a educação (ODY, 2013) pela lacuna com relação ao uso efetivo na sociedade atual e especialmente na solução de problemas e sua utilização no contexto escolar e acadêmico.

A Tecnologia e a Matemática resumem parte relevante das atividades desenvolvidas pelos Irmãos Stephen e Conrad Wolfram. A inovação e o espírito criativo fazem parte de suas trajetórias. Atualmente ambos são responsáveis pelo *Wolfram Research*, centro de pesquisas criado em 1987 com sedes em Illinois, Oxfordshire, Tóquio, Cambridge (MA) e Paris. Stephen é conhecido pelos Autômatos Celulares, pelos sistemas algébricos computacionais (SAC), sendo o mais lembrado o programa educacional Mathamática e pelo projeto Wolfram

Alpha. Conrad por defender o uso do computador para ensinar matemática (computerbasedmath) e propor uma nova abordagem conceitual e metodológica.

Nesse sentido, o artigo propõe discutir as contribuições dadas por Stephen Wolfram e Conrad Wolfram no campo da tecnologia da informação e da Matemática. Contudo, pretende-se analisá-las sob a ótica da educação e das ciências pelo fato dos irmãos terem atividades voltadas para diferentes áreas, mesmo o foco sendo a Matemática.

Procura-se responder a seguinte pergunta: Quais contribuições de Stephen Wolfram e Conrad Wolfram são percebidas no campo da Tecnologia e da Matemática? Para isso o estudo possui abordagem qualitativa (DENZIN E LINCOLN, 2006) pela flexibilidade de analisar e compreender fenômenos sociais e humanos por meio da interpretação e da descrição de dados e eventos em que por vezes o pesquisador interage com o objeto de estudo. Os dados foram coletados das produções dos sujeitos da pesquisa e informações encontradas nos sítiosⁱ disponíveis.

2. Stephen Wolfram

Stephen Wolfram nasceu em Londres, Inglaterra, em 29 de agosto de 1959 (atualmente com 56 anos). Possui formação pelas universidades de Eton, Oxford e Caltech. Atua nas áreas da Matemática, Física (formação inicial) e Computação. O Doutorado, aos 20 anos, foi em Física Teórica pela Caltech, onde aos 21 anos passou a integrar o grupo docente (WOLFRAM, 2015).

A Caltech é um Instituto de Tecnologia da Califórnia (California Institute of Technology) localizado na cidade Pasadena no estado da Califórnia, EUA. É considerada uma das melhores universidades do mundo onde atuam diversos condecorados com prêmios Nobel de inúmeras áreas. Dentre seus notáveis alunos podemos citar: Linus Pauling, Stanislav Konstantinovich Smirnov, Ronald W. Davis, William Alfred Fowler, Gregory Chamitoff, John McCarthy, etc. Desde sua fundação em 1891, tem atuado na formação profissional de seus alunos. Atualmente é referência mundial em pesquisas científicas com ênfase nas ciências naturais e na engenharia. Administra o laboratório de propulsão à jato (JPL) da NASA, o principal centro americano de exploração robótica. Dentre os objetivos do JPL está na contribuição das pesquisas sobre a origem do sistema solar, da própria atmosfera terrestre e missões com naves espaciais

Três grandes projetos fazem parte da vida de Stephen Wolfram: o primeiro diz respeito ao Programa Computacional *Mathematica*, desenvolvido na década de 1980 com a finalidade de computar e resolver problemas nas mais diversas áreas do conhecimento. O

segundo trata da escrita do livro *A New Kind of Science* fruto de suas pesquisas sobre autômatos celulares que, em suma, Stephen justifica pela frase [...] a natureza usa regras simples para gerar a complexa realidade do mundo e todas podem ser computáveis (WOLFRAM, 2002).

Originalmente os autômatos celulares foram estudados no final da década de 40 do século passado pelo matemático húngaro John Von Neumann e o matemático polaco Stanislaw Ulam, período em que o mundo da ciência computacional vivenciou fértil desenvolvimento de novas tecnologias. Consistiu em estudar técnicas computacionais a serem usadas para estabelecer modelos matemáticos que possam representar processos de crescimento e auto reprodução, Von Neumann (1966), Toffoli e Margulos (1987), Pascoal (2005).

Um sistema com muitos elementos idênticos que interagem local e deterministicamente podem ser modelados usando autômatos celulares. De acordo com Melotti (2009, p. 7, grifo nosso),

A ideia de autômatos celulares surgiu quando Stanislaw Ulam trabalhava no Laboratório Nacional de Los Alamos (Los Alamos, Novo México) estudou o crescimento de cristais, usando a mais simples rede (matriz) como seu modelo. Na mesma época Neumann trabalhava tendo como foco a auto reprodução. A ideia inicial era a capacidade de uma máquina se auto reproduzir e as cópias se auto reproduzirem, ou seja, cópias idênticas à máquina inicial. Ulam sugeriu que Von Neumann desenvolvesse o projeto dele em torno de uma abstração matemática, da mesma forma como Ulam usou para estudar o crescimento de cristais. Assim, nasceu o primeiro sistema de autômato celular de duas dimensões: a implementação de um algoritmo com a ideia de auto reprodução.

De acordo com Gardner (1970) e Dewdney (1989) na década de 60 do século passado os autômatos celulares tiveram uma maior divulgação por meio do matemático Conway quando desenvolveu o jogo da vidaⁱⁱ.

De acordo com Pascoal (2005),

Automata Celulares (AC) são sistemas dinâmicos discretos, sendo frequentemente descritos como contrapartes às equações diferenciais parciais que apresentam a potencialidade para descrever sistemas dinâmicos contínuos. O significado de discreto é que as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo de intervalos de tempo, e mudam seus valores somente em momentos bem definidos conhecidos como passo ou tempo de ocorrência de evento. (p. 11)

A ideia é procurar mostrar que a simulação de sistemas complexos ocorre por regras e interações celulares simples. Bar-Yam (1997) descreve que os Autômatos Celulares representam um dos modelos matemáticos capazes de representar sistemas e fenômenos que formam uma classe geral de modelos de sistemas dinâmicos, que são simples e ainda

(SAC) com a finalidade de facilitar cálculos matemáticos que podem servir de suporte em diversas áreas e de diferentes modos.

[...] uma força de primeira grandeza no mundo da tecnologia e da educação, com milhões de dedicados usuários ao redor do mundo. Construído sobre a nossa base tecnológica global, o Mathematica representa uma combinação única de fundamentais descobertas de pesquisa, excepcional design orientado ao usuário e engenharia de software de ponta. É sabido que o desenvolvimento da computação tem sido um tema recorrente nos últimos cinquenta anos. O nosso objetivo é prover ferramentas para que a computação realize todo o seu potencial nas próximas décadas: para tornar possível o processamento de tudo que puder ser computado, onde e quando for necessário, e para tornar acessíveis as máximas fronteiras do universo computacional. (WOLFRAM, 2015ⁱⁱⁱ)

Um SAC possui características específicas tais como precisão aritmética; simplificar expressões algébricas; diferenciar e integrar funções; resolver equações; facilidades gráficas; subsistema de álgebra linear que permite cálculo de raízes e resolver sistemas de equações lineares além de uma linguagem de programação de alto nível. Além do Mathematica, existem outros programas conhecidos como o Maple, Matlab, Maxima e o MathCAD (desenvolvidos a partir da década de 1980); Formac, Macsyma, uma versão anterior do Maxima, o Reduce e o ScratchPad (1960 -1970).

Segundo Wolfram (2015) o *Mathematica* conta com o que há de mais avançado em computação técnica com um ambiente computacional disponível para milhões de estudantes, educadores, inovadores e pesquisadores. Os preços^{iv} variam em três diferentes categorias: para indústrias; para a administração pública e para a educação.

Imagem 2 – Interface inicial do Wolfram Mat 1



Fonte – www.wolfram.com/mathematica

Contém diversas bibliotecas de programação e como citamos anteriormente, pode ser utilizado por diversas áreas: Matemática, Física, Estatística, Engenharia, Biologia, Química, processamento de Imagens, Finanças, etc. No Brasil, algumas empresas fazem uso do programa, dentre elas: Petrobrás, Santander, Furnas, Transpetro, Embraer e Inpe. Roda em diferentes sistemas operacionais e é projetado para se conectar a tudo: formatos de arquivo

(mais de 180), outras linguagens, APIs, bases de dados, programas, dispositivos da Internet das Coisas (Internet-of-Things) e até mesmo instâncias distribuídas de si mesmo. (WOLFRAM, 2015).

No quadro a seguir apresentamos uma lista de recursos disponíveis pelo *Mathematica*:

Quadro 1 – Recursos do Mathematica

Biblioteca de funções matemáticas básicas e especiais.	Ferramentas para problemas combinatórios.
Ferramentas de manipulação de matrizes e dados incluindo suporte a matrizes esparsas.	Ferramentas para prospecção de textos incluindo análise de expressões regulares e análises semânticas.
Suporte a números complexos, precisão arbitrária, aritmética de intervalos e computação simbólica.	Biblioteca de funções de teoria dos números.
Visualização de funções e dados em 2D e 3D, e ferramentas de animação.	Ferramentas para cálculos financeiros.
Ferramentas numéricas e simbólicas para cálculo contínuo e discreto.	Transformadas integrais contínuas e discretas.
Bibliotecas multivariadas de estatística incluindo ajuste, teste de hipóteses, e cálculos de probabilidade e expectativa em mais de 100 distribuições.	Filtros de importação e exportação de dados, imagens, vídeos, sons, CAD, GIS, documentos e formatos biomédicos.
Otimização local e global, restrita e irrestrita.	Coleção de base de dados para acesso a dados e computações do Wolfram Alpha em áreas como matemática, científica, e informações socioeconômicas.
Linguagem de programação que suporta construções procedurais, funcionais e orientadas a objetos. Kit de ferramentas para adicionar interfaces de usuário a cálculos e aplicações	Processamento de palavras técnicas como edição de fórmulas e auto geração de relatórios.
Ferramentas para processamento de imagens e processamento de imagens morfológico incluindo reconhecimento de imagens.	Ferramentas para visualizar e analisar grafos.

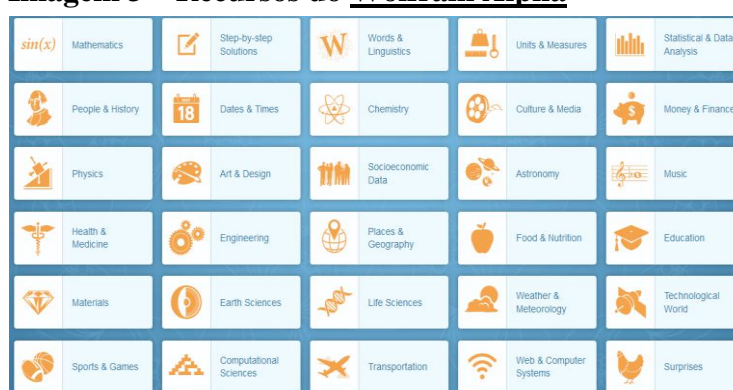
Fonte – a pesquisa

A *Wolfram Alpha* é outro projeto que tem dado bons resultados para a *Wolfram Research* ao inovar enquanto mecanismo de busca. Trata-se de um processador de conhecimento computacional cujo objetivo é oferecer um serviço *online* para dar respostas a perguntas específicas em uma base de dados estruturados. A justificativa dada pelos Wolfram é que muitos mecanismos de busca tradicionais retornam os resultados de forma parcial, limitando-se a fornecer uma lista de documentos ou páginas da web e não em dar respostas a perguntas específicas.

Em 2009, com base no que é hoje a Linguagem Wolfram, lançamos o *Wolfram Alpha* tornando pela primeira vez o conhecimento computacional em grande escala uma realidade prática e introduzindo uma série de novos e inesperados rumos no mundo da tecnologia. Utilizado por milhões de pessoas todos os dias na internet, através de aplicativos móveis e assistentes inteligentes, ou ainda em desenvolvimento corporativo, o *Wolfram Alpha* constitui um dos projetos de software mais complexos e ambiciosos de todos os tempos, e uma conquista intelectual e tecnológica de primeira ordem. (WOLFRAM, 2015)

Na sua página inicial é possível digitar dúvidas ou perguntas específicas de qualquer assunto. Nas imagens que seguem temos primeiro a interface inicial do site e na sequência os temas de interesse para possível busca. Dentre as características apresentadas podem ser destacadas: as respostas são precisas e definidas pela capacidade de compreender as perguntas; os dados são previamente processados o que pode limitar a quantidade de informações disponíveis; é possível consultar as referências utilizadas para a obtenção dos resultados; fazer o requerimento por e-mail da fonte utilizada de determinado dado nas pesquisas, uma vez que a bibliografia apresentada pelo site não faz esta separação.

Imagem 3 – Recursos do Wolfram Alpha



Fonte – www.wolframalpha.com

3. Conrad Wolfram

Conrad Wolfram é o irmão mais novo, nasceu em Oxford, Inglaterra no dia 10 de junho de 1970. Foi educado na Dragon School, no Eton College e no Pembroke College (Cambridge). O mestrado foi em Ciências Naturais e Matemática sendo esta a grande área de pesquisa associada à tecnologia da informação em que defende o uso do computador para ensinar e aprender matemática.

Conrad propõe uma reflexão sobre os modos atuais de ensinar e aprender matemática acrescentando que o ensino de matemática convencional precisa mudar porque a matemática da vida real é diferente. Para Wolfram (2015) na vida que levamos fora da escola não realizamos tantos cálculos e representações gráficas manuais, pelo contrário, observa-se pouco no ambiente escolar a resolução de problemas e o uso da tecnologia.

Para Wolfram (2015), realizar cálculos é necessário, porém o que não pode acontecer é formalizar o ensino de matemática somente com determinadas metodologias, inclusive aquelas que fazem uso somente da tecnologia da informação. Para ele, a presença do computador na escola não representa necessariamente inovação metodológica.

Wolfram (2015) sugere um currículo de Matemática valorizando a computação e adotando uma educação pela matemática, com mais ênfase na resolução de problemas, na conceitualização de elementos do cotidiano que podem ser explicados pela ciência dentro e fora da sala de aula. Adaptam-se as aulas com foco no cálculo¹ utilizando mais tempo para as discussões, interpretações, modelações e considerações sobre problemas a serem resolvidos.

Imagem 4 – Interface do site Conrad Wolfram



Fonte - www.conradwolfram.com

Em seu blog, Conrad mantém atualizada sua agenda, divulga eventos e palestras, e parte de suas postagens sobre diversos assuntos voltados à sua área. Em uma de suas postagens (set/2015) cujo título é *Computadores na Educação: grandes máquinas, resultados errados*, Conrad faz uma crítica aos relatórios da OCDE publicando que o uso dos computadores na educação não melhorou os resultados do PISA (Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes realizado em mais de 60 países no mundo todo) e o fato de que em muitos países com disposição tecnológica tiveram fraco desempenho. Conrad justifica que o computador tem sido utilizado com uma finalidade errada, ou seja, “pedagogia automatizada não muda o conteúdo ensinado” (WOLFRAM, 2015).

Conrad Wolfram acredita no uso da tecnologia como forma de aproximar a matemática escolar da matemática do cotidiano. Sugere uma reflexão sobre os modos de ensinar e aprender matemática, inclusive com mudança curricular. Propõe uma adaptação curricular de matemática centrada nos seguintes eixos:

- Ciência dos dados (inserção e ampliação da estatística e da probabilidade)
- Geometrias (todas as geometrias, incluindo o estudo dos Fractais)
- Modelagem (técnicas para a boa aplicação da matemática para problemas do mundo real);
- Arquitetura da Matemática (compreender a coerência da matemática que constrói o seu poder, intimamente relacionada com a codificação).

¹ Muitas pessoas associam o ensino da matemática ao cálculo como se a relação matemática = cálculo fosse verdadeira e única. Ocorre que historicamente constituiu-se o aluno bom em matemática aquele que tivesse a capacidade de realizar cálculos. O que difere do contexto atual, em que as pessoas são reconhecidas pelas habilidades, capacidade de formular ideias e interpretar informações e resultados expressos em diferentes linguagens de modo correto.

4. Considerações Finais

São diversas as contribuições dadas pelos irmãos Stephen e Conrad Wolfram para o mundo da tecnologia da informação. O fato é de que o centro de pesquisa Wolfram Research atua de forma intensa no mercado internacional e cada um deles, com seus aspectos profissionais apresentam características comuns. A primeira delas é a prioridade em oferecer produtos e serviços de ponta para a computação, a pesquisa e o desenvolvimento científico em diferentes áreas; outra traduz a inovação com mecanismos de busca com a *Wolfram Alpha*. O sistema algébrico computacional *Mathematica* com mais de 25 anos no mercado mostra competência e dinamicidade para durante todo esse tempo fazer tanto sucesso em empresas, setores públicos e na área educacional.

Acreditamos que as contribuições deixadas por eles dizem respeito à preocupação com o desenvolvimento do conhecimento nas diversas áreas. De modo especial à Matemática ao proporem novas formas de organização curricular; o ensino e aprendizagem com o uso do computador no ambiente escolar; uma reflexão sobre a relação da matemática da vida e a matemática da escola, tomando a educação matemática como ponta do *iceberg*; sugerem a modelagem e a resolução de problemas como formas de aproximar os conceitos matemáticos da realidade.

Conrad Wolfram, acredita que se deve associar tecnologia (computador), resolução de problemas, modelagem e conteúdos matemáticos com metodologias educacionais voltadas para o diálogo, para a interpretação, a conceitualização, a comunicação e por fim a construção do conhecimento pelo aluno e pelo professor. Oportunizar mais tempo para essas questões, que estão diretamente relacionadas à pesquisa do que necessariamente limitar o ensino da matemática ao cálculo, apoiado em concepções, crenças e atitudes ultrapassadas/desatualizadas.

Por outro lado, Stephen e Conrad mostram pelas suas iniciativas que é importante investir em conhecimento e tecnologia e indubitavelmente os resultados estão apoiados em pesquisas anteriores. Os autômatos celulares são um exemplo disso, utilizados em diversas áreas da ciência, mostrando que sistemas complexos podem ser modelados a estar cada vez mais a serviço da ciência. Adamatzky (1994) mostra inúmeros exemplos em que os autômatos celulares são referência em aplicações na natureza, estudos de turbulência química, aplicações para solucionar problemas de Poisson e Boltzmann, estimar áreas de serviços para subestações de energia elétrica, para o processamento de imagem, modelos de propagação de incêndio em florestas, simular ondas mecânicas, entre outras.

5. Referências

- ADAMATZKY, A. *Identification of Cellular Automata*. Taylor & Francis Ltd. 1. ed., 1994.
- BAR-YAM, Y. *Dynamics of Complex Systems*. Addison-Wesley. 1a edition, 1997.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- DEWDNEY, A., K. A Cellular Universe of Debris, Droplets, Defects and Demons. *Scientific American*, v. 261. n. 2, 1989, p. 102- 05.
- GARDNER, M. The Fantastic Combinations of John Conway's New Solitaire Game of "Life", *Scientific American*, v. 223. n. 4, 1970, p. 120-23.
- MELOTTI, G. *Aplicação de Autômatos Celulares em Sistemas Complexos: Um Estudo de Caso em Espalhamento de Epidemias*. Dissertação de Mestrado.UFMG: Minas Gerais, 2009.
- NEUMANN, J. Von. In: BURKS A.W. (Ed.). *Theory of Self-Reproducing automata*. Urbana: University of Illinois Press, 1966.
- ODY, M. C. *Literacia Estatística e Probabilística no Ensino Médio*. Dissertação (Dissertação de Mestrado). PUCRS: Porto Alegre, 2013.
- PASCOAL, F. S. A. *Sociedade artificial fight4life: Autômato celular modelando vida artificial*. Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica-PIBIC/CNPq/INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.
- TOFFOLI T.; MARGOLUS, N. *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1987.
- WOLFRAM, S. Cellular Automata and Complexity. *Collected Papers*. MA Reading: Addison Wesley, 1994.
- WOLFRAM. *Computation Meets Knowledge*. Disponível em: <www.wolfram.com>. Acesso em: dez. 2015.
- WOLFRAM, C. *We need to base maths lessons on computers*. The Daily Teleraph, 2009.
- WOLFRAM, C. *Closing the gap between modern life and the math curriculum*. New York Times, 2013.
- WOLFRAM, C. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Conrad_Wolfram>. Acesso em: out. 2015.
- WOLFRAM, S. *A new kind of science*. Champaign: National Council of Teachers of English, 1966. ISBN: 1579550088
- WOLFRAM, S. *Mathematica: A system for doing mathematics by computer*. Addison-Wesley, 1991. In: *Advances in Engineering Software*, v. 14, n. 4, p. 306, 1992.
- WOLFRAM, S. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Wolfram>. Acesso em: 21 out. 2015.
- WOLFRAM, S. *A New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc, 2002.

WOLFRAM, S. *The future of computation*. The Mathematical Journal. v. 10, n. 2. p. 329–62, 2006.

ⁱ Os sítios estão listados na sequência e foram acessados no mês de novembro de 2015. Seguem: www.wolfram.com/, www.wolframalpha.com/, www.computerbasedmath.org/, www.conradwolfram.com/.

ⁱⁱ Por tratar-se de um documento eletrônico não possui paginação. Disponível em:<www.wolfram.com>.

ⁱⁱⁱ Jogo da vida foi um autômato celular desenvolvido pelo matemático britânico John Horton Conway, um dos mais conhecidos. O jogo foi criado para reproduzir, por meio de regras simples, as alterações e mudanças em grupos de seres vivos.

^{iv} Os preços podem ser acessados pelo endereço <www.wolfram.com/mathematica/pricing/>.