

COCALC: A PLATAFORMA DE MATEMÁTICA COMPUTACIONAL EM NUVEM PARA PESQUISA E ENSINO PRESENCIAL E A DISTÂNCIA

João Marcello Pereira – jmarcellopereira@ufpi.edu.br

Colégio Técnico de Bom Jesus

Estrada Municipal Bom Jesus-Viana, Planalto Horizonte, Campus Cinobelina Elvas

640900-000 – Bom Jesus – Piauí

Resumo: O processo de educação e as relações professor-aluno estão se transformando rapidamente devido à ampla disponibilidade de ferramentas computacionais para produzir e distribuir conteúdo digital. Softwares de matemática podem ajudar estudantes e professores a realizar cálculos, explorar gráficos, métodos numéricos e conceitos matemáticos visuais interativos. A integração destes nas práticas de ensino permite elevar o nível de compreensão da matemática em todas as etapas do processo educacional além de desenvolver a prática de programação de computadores. O objetivo deste artigo é apresentar a plataforma de computação colaborativa em nuvem CoCalc, que possui diversos softwares livres para programação matemática, incluindo álgebra, análise combinatória, cálculo numérico, teoria dos números e cálculo diferencial e integral, utilizada para apoiar professores e alunos no ensino e aprendizagem das disciplinas do núcleo básico de matemática dos cursos de engenharia e exatas. A plataforma apresentada neste trabalho utiliza como base a linguagem de programação Python além de possuir interface para várias outras linguagem de programação e diagramação de textos científicos. CoCalc possui uma interface web projetada para ser intuitiva e portátil para tablets, smartphones e computadores, permitindo que as tarefas sejam realizadas com total independência de hardware e sistema operacional. Como um SaaS (Software as a Service), o CoCalc substitui servidores locais contribuindo para reduzir custos de manutenção e consumo de energia.

Palavras-chave: Matemática. Ensino. CoCalc. Computação. Programação

1 INTRODUÇÃO

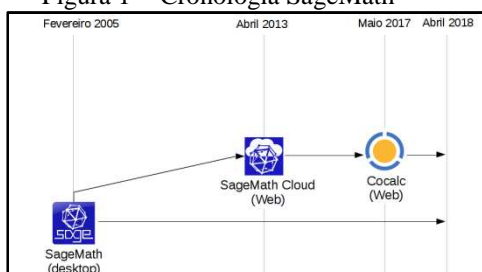
A matemática computacional é um campo do conhecimento que une vários domínios da matemática e da computação cujo objetivo é encontrar soluções (numéricas e/ou simbólicas) de problemas complexos através do desenvolvimento de modelos matemáticos implementados em alguma linguagem de programação. Na área de engenharia, a simulação através softwares permite ao engenheiro ou pesquisador analisar aspectos funcionais e fazer previsões de um modelo com base em variáveis controláveis, garantindo dessa forma economia de recursos e agilidade na prototipação.

Na pesquisa científica, Sperandio, Mendes e Silva (2003) informam que “a análise numérica permite que inúmeros problemas matemáticos, cujas soluções algébricas são difíceis, ou até mesmo impossíveis de se encontrar, possam ser resolvidos por meio de métodos numéricos apropriados”. No campo do ensino, sobretudo com foco nas disciplinas do ciclo básico de matemática (cálculo diferencial e integral, álgebra linear, equações diferenciais, cálculo numérico e outras), temos atualmente diversos softwares (Cabri-

geometry, Octave, R, Gnuplot entre outros) que auxiliam professores, alunos e pesquisadores na construção de modelos matemáticos. Entre estes podemos destacar o CoCalc.

O CoCalc ("Collaborative Calculation in the cloud") é um sofisticado ambiente on-line colaborativo para cálculo matemático, estatística e ciência de dados, autoria de documentos e computação de propósito geral de código fonte aberto, executado sobre o sistema operacional Ubuntu 16.04.4 LTS e liberado sob a licença GNU Affero General Public License versão 3+. Foi criado em maio de 2017 pelo professor de matemática da Universidade de Washington, William Stein, como uma remodelagem do projeto SageMath Cloud (Versão Web do SageMath para desktop) lançado em abril de 2013. O SageMath é um software matemático livre e de código aberto (open source), desenvolvido sob a licença GPL por uma comunidade de programadores e matemáticos. De acordo com os seus desenvolvedores, o objetivos do SageMath é ser uma alternativa aos principais sistemas proprietários de software matemático como o Magma®, Maple®, Mathematica® e Matlab® (THE SAGE GROUP, 2017), compatível com Windows®, MacOS® e Linux. A cronologia do projeto é visualizada na “Figura 1”.

Figura 1 - Cronologia SageMath



Fonte: Arquivo pessoal

De forma mais específica, o CoCalc pode ser definido como uma plataforma de computação em nuvem (SaaS) baseada na Web e de gerenciamento de cursos para matemática computacional (THE COCALC GROUP, 2017). O objetivo do CoCalc é facilitar o uso colaborativo de software de código aberto, como o SageMath, o R, o Octave, o LaTeX e vários outros, através de uma interface acessível via navegador de internet. De acordo com Stein (2016), suas motivações para criar um ambiente amigável de computação matemática foram:

Eu queria que o SageMath fosse uma ferramenta poderosa para meus alunos. Não foi inicialmente destinado a ser algo que centenas de milhares de pessoas usariam! Mas quando comecei a construir o projeto, e à medida que mais professores e alunos começaram a contribuir para isso, percebi que esses eram problemas que muitos outros estavam se esforçando para resolver também. SageMath era desesperadamente necessário, e esse grande interesse tornou-se a força motriz por trás de colocá-lo em prática. Mais de 500 colaboradores participaram e ajudam a tornar o SageMath uma solução real disponível para estudantes e professores em todo o mundo.

Do ponto de vista educacional, o CoCalc é também um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) que utilizam a tecnologia Web para construir o aprendizado de forma colaborativa através da socialização das atividades propostas por um professor. Segundo Barbosa e Concordido (2009, p. 73, apud JOHNSON et al, 1990) “aprendizagem colaborativa pode ser definida como o uso instrucional de pequenos grupos, de forma que estudantes trabalhem juntos para maximizar o próprio aprendizado e o aprendizado de todos”. A vantagem de utilizar o CoCalc como plataforma de ensino e aprendizagem de disciplinas do núcleo básico de matemática está na possibilidade das atividades realizadas em grupo poderem ser

acessadas e executadas de modo síncrono ou assíncrono. Para isto, o CoCalc possui uma interface web projetada para ser intuitiva e portátil para tablets, smartphones e computadores, permitindo que as tarefas sejam realizadas com total independência de hardware e sistema operacional. Neste sentido, sobre a utilização de um ambiente virtual de aprendizagem, Mendes (2015, p. 2) informa que “esses ambientes tem possibilitado uma maior democratização do acesso à educação, num ambiente capaz de simular com mais realismo as interações de uma sala de aula, o que não acontecia quando a educação a distância se dava apenas por correspondências e mídias televisivas”.

A aprendizagem colaborativa representa uma mudança de paradigma da figura do professor como centralizador do conhecimento em uma aula expositiva. Nos ambientes colaborativos, a aula expositiva ainda possui relevância, porém, o professor passa a ser mediador e participante do processo de aprendizagem. “Professores que decidem usar grupos de aprendizagem como parte de uma classe, não importa quão pequena seja, deram um passo gigantesco para fora do meio de sua classe, porque, ao executarem sua decisão, distribuem funções de ensino, o que os obriga a lidar com todas as principais questões envolvidas em tal engajamento” (FINKEL & MONK, 1983, p. 94). Neste sentido, a plataforma CoCalc sinaliza como uma forma de interação entre professor-aluno e aluno-aluno de ensino de matemática e programação, baseado na dinâmica do modelo de redes sociais.

2 RECURSOS COMPUTACIONAIS DO COCALC

A base computacional do CoCalc é o software SageMath. SageMath é um software de matemática gratuito, de código aberto, para uso em ensino e pesquisa em álgebra, geometria, teoria de números, criptografia, computação numérica e áreas relacionadas (THE SAGE GROUP, 2017). Sobre software livre, Da Silveira (2004) enumera as diretrizes que caracterizam o software livre quanto ao uso, cópia, modificação e redistribuição, baseado nas quatro liberdades básicas:

- Liberdade 0: A liberdade de executar o programa;
- Liberdade 1: A liberdade de estudar e adaptar o programa para suas necessidades – ter acesso ao código-fonte
- Liberdade 2: A liberdade de redistribuir cópias, para ajudar o próximo;
- Liberdade 3: A liberdade de aperfeiçoar e liberar o programa para que toda a comunidade seja beneficiada.

O SageMath integra vários softwares livres que correspondem ao núcleo de matemática computacional e outros relacionados à interface gráfica, banco de dados e linha de comandos “Quadro 1”. A linguagem de programação Python é o “motor” do ecossistema “Figura 2”.

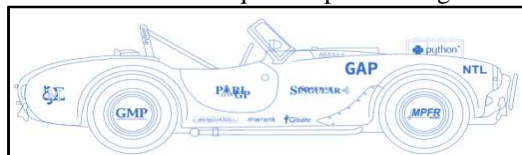
Quadro 1 - Softwares SageMath

Álgebra	GAP, Maxima, Singular, Macaulay 2
Geometria algébrica	Singular, Macaulay 2
Aritmética de precisão arbitrária	MPIR, MPFR, MPFI, NTL, mpmath
Geometria aritmética	PARI/GP, NTL, mwrank, ecm
Cálculo simbólico	Maxima, SymPy, GiNaC
Combinatória	Symmetriza, Sage-Combinat
Álgebra linear	ATLAS, BLAS, LAPACK, NumPy, LinBox, IML, GSL
Teoria dos grafos	NetworkX
Teoria dos grupos	GAP

Computação numérica	GSL, SciPy, NumPy, ATLAS, Scilab, GNU Octave
Teoria dos números	PARI/GP, FLINT, NTL, Kash/Kant
Estatística e análise de dados	R, SciPy
Shell da linha de comando	IPython
Banco de dados	ZODB, Python pickles, SQLite, PostgreSQL
Tipografia	LaTeX, Markdown, MathJax
Gráficos	Matplotlib, Tachyon3d, GD, Jmol, Seaborn
Interface gráfica	Sage Notebook, jsmath, Jupyter
Linguagens de programação suportadas	Python (base), Julia, Octave, Gap, R, Shell, PARI/GP, Cython, Maxima e JavaScript, C/C++, Fortran, Java,
Rede	Twisted

Fonte: www.sagemath.org

Figura 2 - O conjunto dos vários pacotes de softwares livres que compõem o SageMath



Fonte: www.sagemath.org

O CoCalc é acessível através do site www.cocalc.com “Figura 3”. Na página de acesso há o botão “Create Account” que deve ser executado para carregar a página de criação de conta/login. O processo é simples e permite criar uma conta utilizando o Facebook, Gmail, Twitter, GitHub ou através de uma conta de email.

Figura 3 - Página de acesso CoCalc

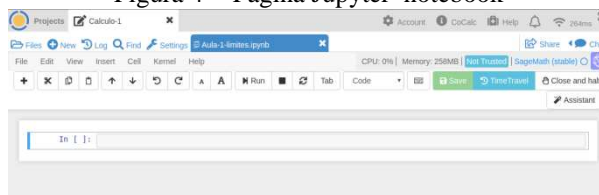


Fonte: www.cocalc.com

Após o login, será exibida a tela de projetos. Um projeto é seu espaço de trabalho computacional privado que você pode compartilhar com outras pessoas e todos os arquivos no CoCalc ficam organizados neste espaço (THE COCALC GROUP, 2017). O usuário pode optar entre as interfaces “Sage Worksheet” ou “Jupyter Notebook” - a interface recomendada neste trabalho é a Jupyter Notebook. O Jupyter, acrônimo das linguagens de programação Julia, Python e R, é um interpretador gráfico interativo para várias linguagens de programação

baseado no IPython notebook “Figura 4”.

Figura 4 - Página Jupyter notebook



Fonte: www.cocalc.com

O CoCalc e sua base SageMath estão disponíveis na forma de software livre e podem ser baixados gratuitamente no repositório “sagemathinc” do GitHub (github.com/sagemathinc). A empresa SageMath Inc também oferece os planos gratuito e pago do serviço web em nuvem. O plano de uso gratuito oferece 3GB de espaço em disco, 1GB de memória RAM compartilhada e 1 núcleo de CPU compartilhada. O plano pago padrão de \$14,00 por mês é um investimento que compensa o custo, pois oferece 50 GB de espaço em disco, 8GB de memória RAM compartilhada, 8GB de memória RAM dedicada, 4 núcleos de CPU compartilhada e 2 núcleos de CPU dedicada. A vantagem dos recursos de computação em nuvem está na substituição de servidores locais, que contribuem para reduzir de custos de manutenção e consumo de energia.

3 AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO

O CoCalc possui um ambiente de programação totalmente baseado em Python. A linguagem de programação Python é de código aberto (com licença compatível com a General Public License (GPL)), de alto nível, interpretada, multiparadigma, de tipagem dinâmica e forte, criada em 1991 por Guido van Rossum. As vantagens da linguagem Python como ferramenta de programação e integradora de todo o ecossistema de pacotes científicos da plataforma CoCalc, podem ser resumidas, de acordo com o time de desenvolvedores como:

- Suporte excelente para documentação de funções e pacotes no código fonte, incluindo extração automática de documentação e teste automático de todos os exemplos.
- Sintaxe intuitiva e simplicidade de código: Diferentemente de muitas outras linguagens (como C, Java e Fortran) Python oferece uma curva de aprendizado mais rápida e fácil execução do código sem a necessidade de compilação.
- Gerenciamento de memória: O Python agora possui um sistema de gerenciamento de memória e “garbage collector” muito bem pensados e robustos que lidam corretamente com referências circulares e permitem variáveis locais em arquivos.
- O Python possui diversos pacotes disponíveis: análise numérica e álgebra linear, visualização 2D e 3D, comunicação via rede (para computação distribuída e servidores, por exemplo, via twisted), suporte a base de dados, etc.
- Portabilidade: O Python é fácil de compilar a partir do código fonte em poucos minutos na maioria das arquiteturas.
- Manuseamento de exceções: O Python possui um sofisticado e bem pensado sistema de manuseamento de exceções, através do qual programas podem facilmente se recuperar mesmo se ocorrerem erros no código que está sendo executado.
- Debugador: O Python inclui um debugador, de modo que quando alguma rotina falha por algum motivo, o usuário pode acessar extensiva informação sobre a pilha de cálculos e inspecionar o estado de todas as variáveis relevantes.

- **Profiler:** Existe um profiler para o Python, o qual executa programas e cria um relatório detalhando quantas vezes e por quanto tempo cada função foi executada.

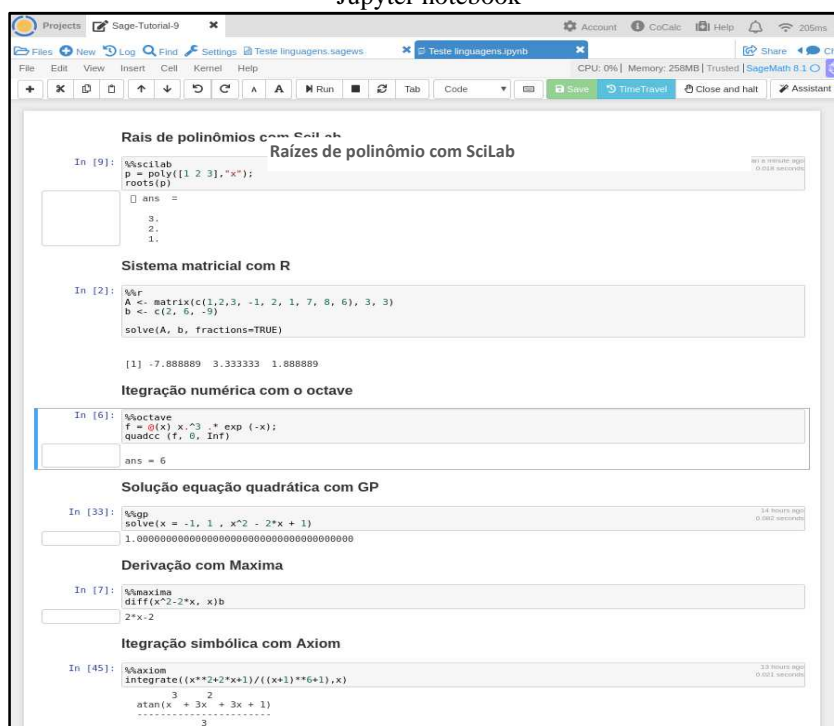
A linguagem Python, em função de ser de código aberto, foi otimizada no CoCalc para facilitar a prototipação rápida de projetos com ênfase na produtividade e colaboração - usuários “não programadores” encontrarão na plataforma CoCalc um ambiente intuitivo e rico de recursos. Dessa forma, é ideal para pesquisadores, professores e estudantes que necessitam de ferramentas de cálculo computacional, mas não possuem experiência em programação de computadores. Para exemplificar, tomemos o código da construção do gráfico de uma função quadrática em um editor Python (Spyder) e no CoCalc “Quadro 2”. Embora ambos os códigos sejam escritos na mesma linguagem, fica evidente a simplicidade e economia de linhas na plataforma CoCalc. Além disso, há ainda o interfaceamento entre as outras linguagens e até a possibilidade de se utilizar mais de uma linguagem de programação em células diferentes de uma mesma página Jupyter Notebook “Figura 5”. Este é um excelente recurso, pois permite ao pesquisador/professor otimizar o seu código de acordo com a necessidade da aplicação.

Quadro 2 - Comparação entre o código Python utilizado no editor Spyder e código Python na plataforma CoCalc

Código Python nativo	Código Python CoCalc
<pre>import numpy as np import matplotlib.pyplot as plt def f(x): return x**2 - 2*x + 3 x = np.arange(0, 10, 1) plt.plot(x, f(x)) plt.show()</pre>	<pre>f(x) = x^2 - 2*x + 3 plot(f, (x, 0, 10))</pre>

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5 - Várias linguagens de programação em uma página
Jupyter notebook

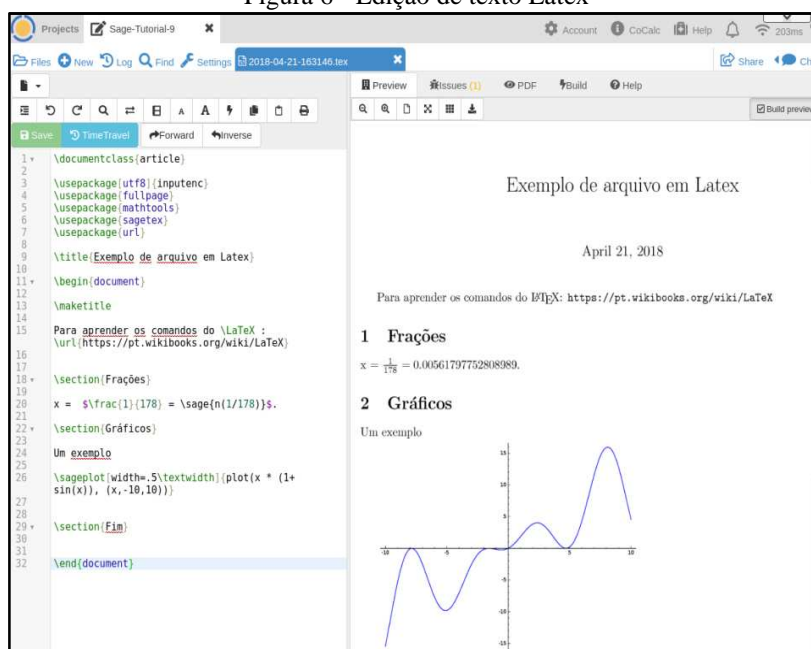


Fonte: www.cocalc.com

4 AUTORIA DE DOCUMENTOS

O CoCalc, além de um ambiente de programação, possui excelentes recursos de edição de textos científicos (pdflatex, latexmk e xelatex) semelhantes a outros serviços online como o Overleaf e o ShareLaTeX “Figura 6”. Com o CoCalc, é possível escrever artigos, livros e vários outros documentos em uma página Jupyter notebook e exportar para PDF e outros formatos “Figura 7”. Todas as alterações ficam disponíveis em um histórico (TimeTravel) contendo informações sobre a data de salvamento, usuário e arquivos de backup. O recurso TimeTravel inclui um modo de comparação que mostra exatamente o que mudou entre dois pontos salvos e qual usuário fez as alterações. Outro recurso interessante é a edição compartilhada entre vários usuários e não há limite definido para o número de colaboradores que podem ser adicionados ou removidos a qualquer momento.

Figura 6 - Edição de texto Latex



Fonte: www.cocalc.com

Figura 7 - Formato de arquivos para exportação



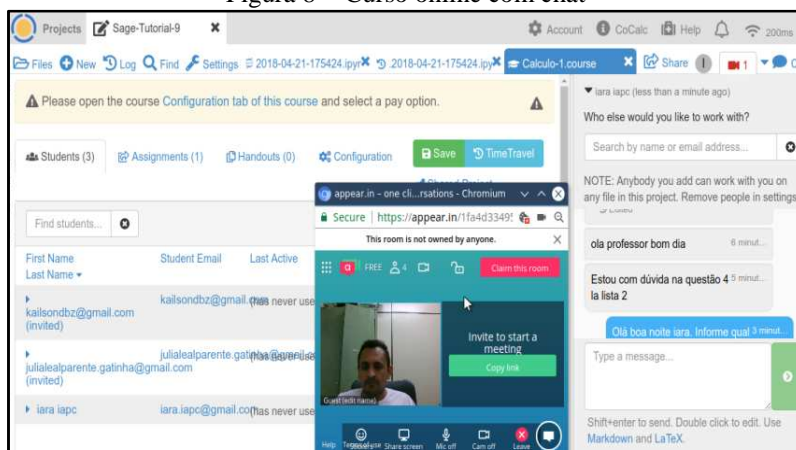
Fonte: www.cocalc.com

5 AMBIENTE COLABORATIVO

A plataforma CoCalc permite colaboração simultânea em tempo real via internet entre vários usuários do serviço. Desta forma, é possível integrar vários usuários ao mesmo tempo em uma página Jupyter notebook sendo que cada usuário será identificado por um cursor de mouse de cor diferente. As alterações realizadas são sincronizadas com todos os colaboradores do projeto, permitindo até definir quem pode editar ou apenas visualizar os conteúdos disponibilizados. Assim, é possível compartilhar projetos e configurar cursos de educação à distância (EaD).

As ferramentas de gerenciamento de curso incluídas no CoCalc permitem ao professor criar projetos compartilhados para uma ou várias turmas de alunos. Dessa forma, é possível realizar aulas on-line, distribuir e gerenciar tarefas, criar avaliações, gerenciar trabalhos e acompanhar o desempenho dos alunos. Além disto, o professor pode também conversar com os alunos em tempo real através de um chat para auxiliá-los nas tarefas propostas “Figura 8”.

Figura 8 - Curso online com chat



Fonte:www.cocalc.com

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das considerações apontadas no decorrer do texto, podemos conferir que o CoCalc é uma sofisticada plataforma on-line que reúne vários softwares livres para matemática computacional, autoria de documentos científicos e programação de computadores. Em função da sua estrutura de compartilhamento de projetos, permite ao professor utilizar o CoCalc como AVA, no qual é possível inserir os alunos em um contexto de aprendizagem colaborativa para discussão de situações-problema trabalhadas em equipe e modeladas através das ferramentas computacionais de código aberto. O software é gratuito com código disponibilizado no GitHub para download além de contar com os serviços gratuito e pago oferecido pela empresa SageMath Inc. Como SaaS, os recursos de computação em nuvem podem substituir servidores locais contribuindo para a redução de custos de manutenção e consumo de energia.

Agradecimentos

Agradeço aos amigos professores do colégio técnico e outros, diretores do Colégio Técnico de Bom Jesus e Universidade Federal do Piauí pelo apoio financeiro e incentivo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Augusto César de Castro; CONCORDIDO, Cláudia Ferreira Reis. Ensino Colaborativo Em Ciências Exatas. **Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 3, p.60-86, dez. 2009. Disponível em:

<<http://ensinosaudeambiente.uff.br/index.php/ensinosaudeambiente/article/download/55/55>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

DA SILVEIRA, S. A. **Software livre: a luta pela liberdade do conhecimento**. [s.l.]: Editora Fundação Perseu Abramo, 2004.

FINKEL, G. S.; MONK, D. L. **Teachers and learning groups: Dissolution of the atlas complex**. Learning in Groups. New Directions for Teaching and Learning, v. 14, 1983.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC, E. **Circles of Learning: Cooperation in the Classroom**. Edina, MN: Interaction Book Company, 1990.

MENDES, Vanessa Rodrigues. Usabilidade e Acessibilidade em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: estudo comparativo dos principais AVA's usados nas universidades de São Luís – MA. In: **Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem**, 2015, São Luís. Anais. São Luís, 2015.

SPERANDIO, D., MENDES, J. T., SILVA, L. H. M. **Cálculo Numérico – Características Matemáticas e Computacionais dos Métodos Numéricos**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

STEIN, William. **Open source math software competes in the classroom**. Disponível em: <https://opensource.com/education/16/3/sagemath>. Acesso em: 1 abr. 2018.

THE SAGE GROUP. **Tutorial Sage**. [s.l.]: SageMath, Inc, 2017. Disponível em: www.sagemath.org. Acesso em: 5 abr. 2018

THE COCALC GROUP. **The CoCalc Documentation**. [s.l.]: SageMath, Inc, 2017. Disponível em: <https://github.com/sagemathinc/CoCalc/wiki>. Acesso em: 15 abr. 2018.

COCALC: THE PLATFORM OF COMPUTATIONAL MATHEMATICS IN CLOUD FOR RESEARCH AND TRADITIONAL CLASSES AND E- LEARNING

Abstract: *The education process and the teacher-student relationships are rapidly transforming due to the wide availability of computational tools to produce and distribute digital content. Math softwares can help students and teachers to perform calculations, explore graphs, numerical methods, and interactive visual mathematical concepts. The integration of these in the teaching practices allows to elevate the level of understanding of mathematics in all stages of the educational process besides developing the practice of computer programming. The purpose of this article is to present the collaborative cloud computing platform CoCalc which has several free softwares for mathematical programming, including algebra, combinatorial analysis, numerical calculus, Number theory and calculus, used to support teachers and students in teaching and learning the core disciplines of the basic mathematics of engineering and sciences. The platform presented uses the Python programming language as a basis in addition to having an interface to various other programming languages and scientific papers layout. Cocalc has a web interface designed to be intuitive and portable for tablets, smartphones and computers, allowing tasks to be performed with complete independence of hardware and operating system. As a SaaS (Software as a Service), it replaces local servers contributing to reduce maintenance and power consumption costs.*

Key-words: *Mathematics. Teaching. CoCalc. Computation. Programming*