

METODOLOGIA DE ENSINO EM BIOQUÍMICA: USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A ANÁLISE DE ESTRUTURAS DE LECTINAS

Marcia Machado Marinho
Rondinelle Ribeiro Castro
Emmanuel Silva Marinho

RESUMO

Na área da tecnologia, frequentemente, surgem novos mecanismos para incrementar o trabalho dos professores na melhoria do processo de ensino e aprendizagem. A Bioquímica é uma disciplina imprescindível para uma formação superior crítica e reflexiva de estudantes da área biológica e da saúde. Na disciplina de Bioquímica, os recursos de ensino mais utilizados são aulas expositivas e experimentações laboratoriais. Paralelamente, outras metodologias foram surgindo, como os objetos de aprendizagem em ambientes virtuais, aplicativos de modelagem molecular etc. O objetivo deste estudo foi propor a utilização de aplicativos para o ensino de Bioquímica, através da visualização de modelos moleculares, em plataforma para dispositivos móveis, utilizando como molécula de estudo, uma lectina de *Canavalia brasiliensis* (ConBr) complexada com o ácido α -amino Butírico. Para tanto, foi realizada uma pesquisa exploratória no Google Play®, identificando o aplicativo NDKmol-molecular view® com o maior número de downloads, e de elevado grau de satisfação pelos usuários. Com relação a utilização dos aplicativos, conclui-se que estes de forma generalizada são bastante poderosos e de fácil utilização, pois permitem facilmente o *download* de estruturas disponibilizadas nos principais repositórios, permitem a visualização nítida da estrutura quaternária de proteínas, bem como sua disposição na célula unitária, sua estrutura secundária, e ainda a localização de moléculas complexadas como a mesma, permitindo de forma democrática a manipulação tridimensional de estruturas microscópicas, em dispositivos móveis.

Palavras-chave: Metodologia de Ensino. Ensino em Bioquímica. Lectina. Dispositivos móveis. Modelagem Molecular.

ABSTRACT

In the field of technology often comes new mechanisms to enhance the work of teachers in improving the teaching and learning process. Biochemistry is an imperative for high critical and reflective training students of biological sciences and health discipline. In the discipline of Biochemistry, resources are most used teaching lectures and laboratory experiments. In parallel, other methodologies have emerged, such as learning objects in virtual environments, molecular modeling applications etc. The objective of this study was to identify the use of applications to the teaching of chemistry and biochemistry, through visualization of molecular models, platform for mobile devices, using as study molecule, a lectin from *Canavalia brasiliensis* (ConBr) complexed with α acid-aminobutyric. We can conclude that the molecular NDKmol-application view © was the most downloaded app, and it had a highest degree of satisfaction with the relationship users. With the use of applications, we conclude that these generalized form are quite powerful and easy to use, it will easily allow you to download structures available in the main repositories, allow clear visualization of the quaternary structure of proteins and their arrangement in the unit cell, its secondary structure, and even the location of complexed molecules like the same, allowing a democratic way and three-dimensional manipulation of microscopic structures in mobile devices.

Keywords: Teaching Methodology. Education in Biochemistry. Lectin. Mobile Devices. Molecular Modeling.

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias da informação têm permitido o surgimento de diversos recursos tecnológicos, desde o uso disseminado de computadores a universalidade dos dispositivos móveis (MOREIRA; CAVALCANTE; MEIRELES, 2014). No âmbito educacional, o uso de *softwares* de simulação permite aos estudantes incrementarem a aprendizagem, através da manipulação de variáveis, podendo estudar seus padrões e comportamentos, além de encontrar as relações, os princípios e as leis que regem o fenômeno estudado (RIBEIRO; GRECA, 2003).

Diante desta realidade o presente trabalho tem por objetivos: (i) Identificar os principais aplicativos para visualização de estruturas moleculares disponíveis em dispositivos móveis que funcionam na plataforma Android®; (ii) Determinar, através do grau de satisfação, utilizando para isso a escala de Likert (1932), os principais aplicativos para visualização de estruturas moleculares e (iii) Analisar a estrutura tridimensional de uma lectina (ConBr), utilizando um dos aplicativos identificados.

Percebe-se que a Bioquímica é uma disciplina científica que busca explicar a vida a nível molecular, por meio de instrumentos e terminologia química para descrever as diversas peculiaridades dos organismos vivos, constituindo uma disciplina imprescindível para uma formação crítica e reflexiva de estudantes das áreas de Ciências Biológicas e Saúde (OLIVEIRA; IANO; SILVA, 2006). Dada a amplitude e complexidade dos assuntos abordados pela Bioquímica, a aprendizagem é dificultada, resultando em não poucos casos de reprovação (AMARAL; FIGUEIRA, 2006).

Apesar de aulas expositivas e experimentações serem os recursos didáticos mais utilizados para o ensino de Bioquímica, novas abordagens vêm sendo inseridas ao longo dos anos, como animações, vinculadas a hipertextos ou *links* da *Internet*, em CDs que acompanham os livros-textos. Paralelamente, outras metodologias foram surgindo, como os objetos de aprendizagem em ambientes virtuais, construídos com conteúdos informativos, que estimulam o aluno a atuar de forma ativa na compreensão dos conceitos bioquímicos básicos (TRINDADE et al., 2011).

Na aprendizagem de Bioquímica, é fundamental a construção de modelos. Para que o aluno compreenda as estruturas das proteínas, por exemplo, é necessário que ele faça uma representação mental, numa perspectiva tridimensional de um conteúdo que foi apresentado de forma bidimensional (SANTOS; ANACLETO, 2007). Assim, o desenvolvimento de *softwares* de alto desempenho, nomeadamente no que diz

respeito ao uso de imagens 3D projetadas em duas dimensões, propiciam melhor visualização dos modelos adotados pela comunidade científica para representar os arranjos atômicos e os processos envolvidos nos fenômenos químicos, tornando-se ferramenta muito útil na pesquisa e no ensino (GILBERT, BOULTER; ELMER, 2000). Mais ainda, a modelagem tem promovido a descoberta de novos fármacos, o aperfeiçoamento de protótipos já existentes, bem como a compreensão do comportamento molecular, como análise conformacional e o acoplamento específico ligante-receptor (RODRIGUES, 2001).

A modelagem molecular pode ser exemplificada pelo uso de biomoléculas complexas, como são as lectinas. Essas são glicoproteínas de origem não imune que contêm pelo menos um domínio não catalítico capaz de ligar-se de maneira reversível a mono ou oligossacarídeos específicos, podendo ou não apresentar em sua estrutura domínios catalíticos (PEUMANS; VAN DAMME, 1995). As lectinas extraídas de plantas leguminosas consistem de 2 ou 4 protômeros com massa molecular de 30 KDa, e possuem cerca de 250 resíduos de aminoácidos (PEUMANS et al., 2000), tornando a visualização dessas proteínas bastante difícil, indicando, assim, a utilização de modelos para o entendimento de suas estruturas. As lectinas possuem semelhantes propriedades bioquímicas e estruturais, apresentam um variado e amplo grau de similaridade, mas se diferenciam na sua especificidade a carboidratos (LORIS et al., 2004), sendo assim bons modelos para análise tridimensional.

As lectinas têm sido utilizadas na investigação estrutural e funcional de carboidratos complexos, glicoproteínas e para identificar mudanças decorrentes de processos fisiológicos e patológicos na superfície celular (RÜDIGER; GABIUS, 2001). A lectina extraída das sementes da leguminosa *Canavalia brasiliensis* (ConBr) é ilustrativa: apresenta especificidade para D-glicose/D-manose, e demonstra efeitos moduladores sobre linfócitos (BARRAL-NETTO et al., 1992; BARBOSA et al., 2001), macrófagos (RODRIGUEZ et al., 1992), mastócitos (GOMES et al., 1994), células peritoneais (ANDRADE et al., 1999) e esplenócitos (SILVA et al., 2011), além de atividade cicatrizante (SILVA et al., 2009), inseticida (FREITAS et al., 2011), antibacteriana (CAVALCANTE et al., 2011) e efeito neuroprotetor (RUSSI et al., 2012).

O Google Play® é um site que, a princípio, pode ser classificado como uma loja *online* da Google.com® para distribuição de aplicações, jogos, filmes, música e livros. Os aplicativos do Google Play® estão disponíveis gratuitamente ou a um custo, para o sistema operacional [Android](#)®, e podem ser baixados diretamente para um dispositivo móvel ou em um computador pessoal. Tais aplicativos são geralmente direcionados para usuários com base em um atributo particular de *hardware* de seu

dispositivo, como um sensor de movimento (para jogos) ou uma câmera frontal (para chamadas de vídeo *online*). Segundo levantamentos do Google, o Google Play® já conta com mais de 1 milhão de aplicativos e mais de 50(cinquenta) bilhões de *downloads* (IAN, 2013).

A partir destas considerações, o presente trabalho está estruturado em mais cinco seções, além desta introdução. A segunda seção descreve material e métodos, seguida pela a terceira seção, onde são apresentados os resultados, bem como a discussão dos mesmos. Em sequência descreve-se a conclusão do estudo e por fim registram-se as obras citadas no artigo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

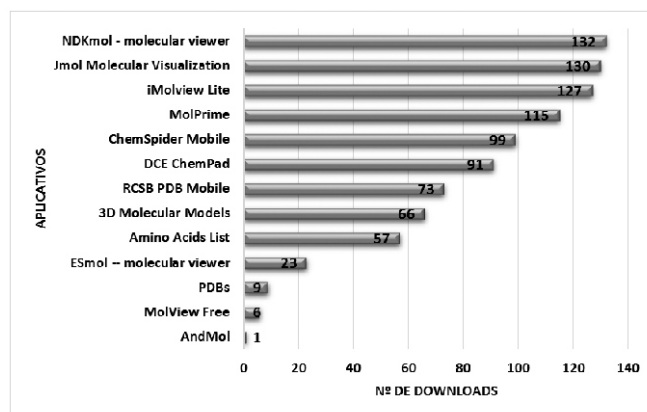
Na busca de verificar a utilização de aplicativos para o ensino de Bioquímica, através da visualização de modelos moleculares, em plataforma para dispositivos móveis, realizou-se estudo descritivo e reflexivo, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa. Para tanto se utilizou como procedimentos técnicos: o levantamento bibliográfico, bem como, de dados, juntamente ao um estudo de caso para detalhamento do conhecimento acerca do objeto em questão.

O estudo desenvolveu-se em três etapas: (i) pesquisa exploratória de aplicativos para dispositivos móveis gratuitos disponíveis para *download*, no site Google Play®, os quais utilizam a plataforma Android® como sistema operacional; (ii) avaliação do grau de satisfação dos usuários dos quatro aplicativos mais baixados, segundo a escala elaborada por Likert (1932); (iii) utilização do aplicativo mais baixado, para visualização da lectina presente nas sementes de *Canavalia brasiliensis* (ConBr) complexada com ácido α -aminobutírico. A estrutura química da ConBr (3JU9) foi obtida a partir do site RCSB Protein Data Bank¹ (RCSB PDB).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

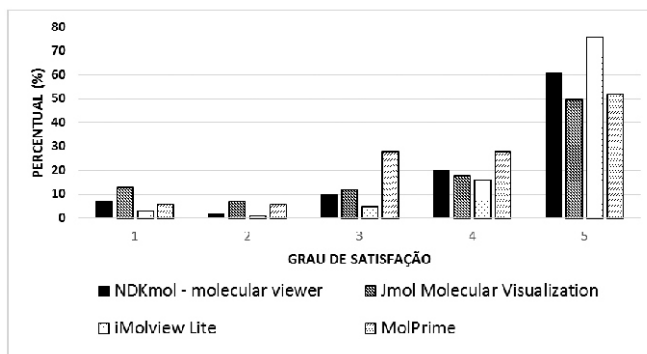
Visando identificar os principais aplicativos disponíveis para os propósitos deste trabalho, foi realizada uma pesquisa, utilizando o próprio buscador presente na própria *Play Store* do Google Play®, mediante as seguintes palavras-chaves: moléculas, visualizador, química, bioquímica, proteínas. Após a identificação, estes aplicativos foram classificados de acordo com o número de *downloads* (Gráfico 1). Os quatro aplicativos mais baixados foram o NDKmol-molecular view® (132 *downloads*), Jmol molecular visualization® (130 *downloads*) iMolview Lite® (127 *downloads*) e Molprime® (115 *downloads*).

Gráfico 1 — Número de *Downloads* por Aplicativos para visualização de moléculas



Os quatro aplicativos mais baixados foram avaliados através da escala de satisfação proposta por Likert (1932). Os usuários foram convidados a atribuir valores inteiros dentro do intervalo de 1 a 5, sendo que o valor 1 seria para o menor grau de satisfação e 5 para o maior grau de satisfação (Gráfico 2). Os dados indicaram que o MolPrime, seguido por NDKmol- molecular view®, obteve um maior grau de satisfação (médio igual a 4,5), seguido pelo NDKmol - molecular viewer® (4,3), MolPrime® (4,1) e por fim o Jmol Molecular Visualization® (3,8).

Gráfico 2 — Perfil de satisfação de acordo com a escala de Likert (1932) com relação aos quatro aplicativos mais baixados.



Após essa observação, foi construída uma tabela contendo as principais informações dos quatro aplicativos mais baixados (Quadro 1), onde podemos observar o potencial destes aplicativos, pois além da permitir a visualização de estruturas tridimensionais de proteínas, ácidos nucleicos e moléculas pequenas, estes aplicativos permitem na sua maioria, o *download* de estruturas diretamente dos principais repositórios de moléculas biológicas, como por exemplo o *Protein Data Bank*(RCSB)², que possui mais 60.000 estruturas; NIH/

¹ Disponível em: <<http://www.rcsb.org>>.

² Disponível em: <<http://www.rcsb.org>>.

NCI *The PubChem Project*, este com mais de 1,4 milhões de estruturas. Esses aplicativos trabalham com os principais formatos utilizados, como arquivos pdb, SDF/Mol.

Com relação à visualização, podemos observar que apresentam um grande aporte, pois podemos visualizar as principais formas de representações moleculares como: *Line* (Linha), *Stick*, *Sphere* (*Van der Waals radius*) (Esfera), *Alpha carbon trace* (Traço do Carbono α), *Ribbon* (Fita); *Strand*, *B factor tube*; *Nucleic acid ladder*, *Nucleic acid line*, *solvent stars*.

Com relação à manipulação por cor, para diferenciação de estrutura esses aplicativos são bastante versáteis por permitirem diferenciá-las por cadeia, estrutura secundária, elementos, gradação (- Fator B), Polar /apolar.

Com relação à Cristalografia, podemos observar a capacidade de exibição da Célula Unitária, do *crystal packing*.

Quadro 1 – Descrição dos Aplicativos

APLICATIVO	DESCRIÇÃO
NDKmol [®]	Permite a visualização de estruturas tridimensionais de proteínas, ácidos nucleicos e moléculas pequenas, permite operações de simetria, download de estruturas a partir RCSB PDB e NCBI PubChem, a leitura de arquivos PDB SDF / MOL, a maioria das representações comuns de moléculas (<i>Line</i> (linha), <i>Stick</i> , <i>Sphere</i> (<i>van der Waals radius</i>) (Esfera), <i>Alpha carbon trace</i> (Traço do Carbono α), <i>Ribbon</i> (Fita); <i>Strand</i> , <i>B factor tube</i> ; <i>Nucleic acid ladder</i> , <i>Nucleic acid line</i> , <i>solvent stars</i>), colorir a estrutura (por cadeia, estrutura secundária, elementos, gradação (- Fator B), Polar / apolar). Com relação à Cristalografia permite: exibição da Célula Unitária, do <i>crystal packing</i> . Permite ainda o <i>Smoothing</i> de folhas beta (<i>beta-sheets</i>).
Jmol [®]	Jmol [®] é um projeto <i>open-source</i> visualização molecular altamente respeitado (http://jmol.sourceforge.net) envolvendo tradicionalmente um aplicativo Java autônomo ou um <i>applet</i> incorporado em uma página da web. Usuários do Jmol Molecular Visualization Atividade pode baixar e investigar mais de 60.000 estruturas biomoleculares diretamente do <i>Protein Data Bank</i> (PDB) por palavra-chave ou PDB ID e mais de 40 milhões estruturas únicas de Institutos Nacionais de Câncer Instituto Nacional de Saúde (NIH / NCI), utilizando uma grande variedade de identificadores químicos, incluindo os números de registro CAS, InChI keys, nomes comerciais, nomes comuns e nomes no formato IUPAC, entre outros. O Jmol Molecular Visualization [®] Atividade é uma implementação quase <i>full-touch screen</i> de Jmol [®] permitindo a entrada de linha de comando de comandos jmol [®] , bem como uma variedade de modos pré-definidos de visualização simples. Renderings adicionais incluem uma gama completa de visualizações para cristais (células unitárias, operadores de simetria, <i>Miller planes</i>), uma grande variedade de superfícies, incluindo superfícies de Van der Waals, superfícies solvente acessíveis, cavidades e superfícies moleculares e atômica, e orbitais moleculares.

iMolview Lite [®]	iMolview [®] permite visualização em proteínas 3D e estruturas de DNA de "Protein Data Bank", as moléculas de drogas de "DrugBank" e pequenas moléculas de PubChem. Permite a busca por nomes de medicamentos como "ibuprofeno" ou "gefitinib" em DrugBank, ou proteínas como "insulina" ou "receptor da tireóide", ou código PDB no PDB. Informações associadas a cada molécula nestes bancos de dados é também ao seu alcance. Pode ser personalizado com um rico conjunto de representações moleculares (fios, bolas-e-varetas, enchimento espaço, diagramas de fita, superfícies moleculares) e vários esquemas de cores. Selecione resíduos, átomos ou correntes e cor ou mudar suas representações individualmente.
MolPrime [®]	MolPrime [®] é uma ferramenta de desenho, estrutura química baseada na <i>sketcher</i> único do móvel <i>DataSheet Molecular</i> (MMDS). Diagramas moleculares publicação de qualidade pode ser desenhado rapidamente em dispositivos <i>touchscreen</i> de todos os tamanhos, usando a interface que foi projetado desde o início para fazer o melhor uso de gestos e colocação guiada por modelo.

Fonte: Google Play (2014).

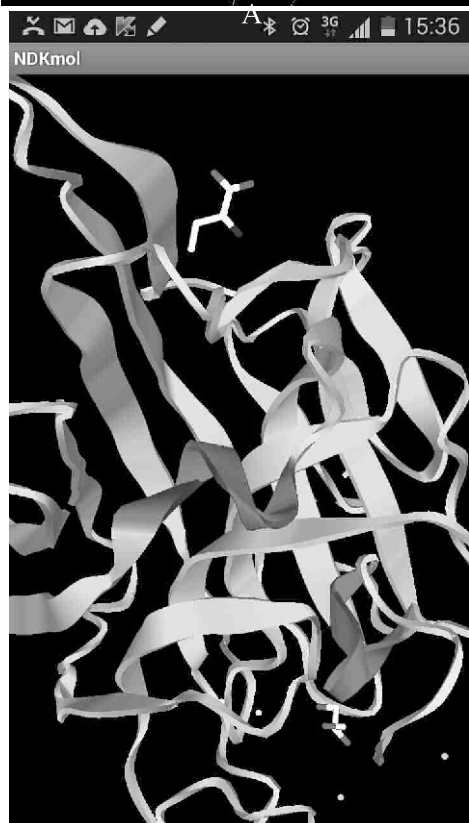
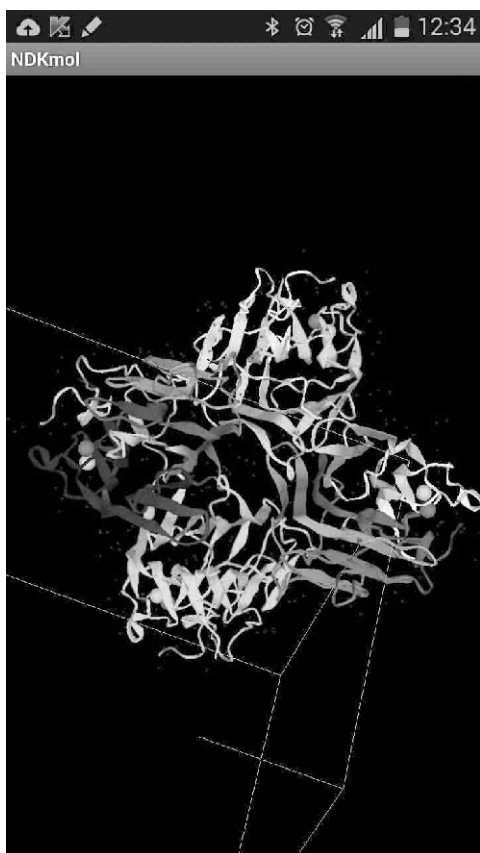
O aplicativo NDKmol - molecular viewer[®] obteve o maior número de *downloads*, ficando distante apenas 4,4% do grau de satisfação do primeiro colocado. O aplicativo NDKmol - molecular viewer[®] chama a atenção pela sua interface simples, onde um menu inferior dispõe das principais telas dos menus secundários, a saber: *touch mode*, que regula a sensibilidade do aplicativo em relação ao toque, *polymer* e *color*, para visualização das cadeias polipeptídicas, *ligands*, para visualização dos ligantes e *crystals*, para visualização das características cristalográficas. Dessa forma, esse aplicativo foi escolhido para a visualização da molécula biologicamente ativa (ConBr).

A figura 1 apresenta das diversas possibilidades de visualização da ConBr complexada com o ligante ácido α -aminobutírico. Embora o pdb baixado corresponda integralmente à estrutura quaternária, o aplicativo permite a visualização isolada dos monômeros. Dada a dificuldade em uma representação apenas mental dessas complexas estruturas, percebe-se o potencial educacional desse aplicativo, o qual pode ser inclusive classificado como um objeto virtual de aprendizagem (OVA), definido como elemento de um novo tipo de instrução baseada em computador, fundamentado na ideia de que se pode construir pequenos componentes instrucionais a serem reutilizados inúmeras vezes em diferentes contextos de aprendizagem (WILEY, 2003), ultrapassando as possibilidades das tecnologias mais tradicionais (RIBEIRO; GRECA, 2003).

Figura 1— Visualização do cristal da molécula de *Canavalia brasiliensis* (ConBr) complexada com ácido

³ Disponível em: <<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>.

α -aminobutírico (3JU9). (A) A estrutura quaternária na célula unitária; (B) Detalhe do sítio de inserção do ligante; (C) Visualização do monômero.



A grande quantidade de conceitos abstratos e complexos existentes na Bioquímica acaba gerando grandes dificuldades no processo de ensino-aprendizagem, tanto para os alunos de ensino médio como para alunos universitários (FREITAS; DUDU; SILVA, 2011; PAULA; SILVA, 2009; ABREU et al., 2006) principalmente, quando estes conteúdos se referem a moléculas, desde das mais simples até as mais complexas como uma proteína tetramérica como a ConBr. Uma vez que OVA's oferecem oportunidades de exploração, navegação e descobertas, estimulando a autonomia nas ações e nas escolhas do estudante, envolvendo assim, atividades cognitivas que estão relacionadas com a forma como o estudante processa, codifica, adquire, armazena e aplica o conhecimento (GALLO; PINTO, 2010). Dessa forma, a realidade virtual concerne ao aluno e ao professor, uma contribuição significativa no processo ensino-aprendizagem, como o auxílio na aprendizagem de conceitos científicos complexos, e o aumento no desempenho sensório-motor, por ser uma ferramenta de treinamento no manuseio de controles e modelos complexos (PSOTKA, 1995).

4 CONCLUSÃO

O constante aumento na acessibilidade, ocasionado pela popularização em larga escala de dispositivos móveis que apresentem suporte a plataformas versá-

teis e potentes como a *Android*, permite a inclusão de Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA's) no cotidiano educacional, de forma simples e de baixo custo, posto que os aplicativos são, na sua maioria, gratuitos e possuem potencial educacional, que proporciona ao aluno a visualização macroscópica, de forma dinâmica e tridimensionalmente de um mundo microscópico, portanto propicia de forma lúdica uma aprendizagem significativa de conteúdos antes tão abstratos.

AGRADECIMENTOS

À comunidade acadêmica brasileira, em especial às coordenações do curso de Licenciatura em Química e Física da Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos (FAFIDAM/UECE) pelo apoio a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. F.; CORDEIRO, R. A.; RAPKIEWICZ, C. E.; CANELA, M. C. **Utilizando Objetos de Aprendizagem no Processo de Ensino e Aprendizagem de Química no Ensino Médio: o Caso dos Óxidos e da Poluição Atmosférica**. Workshop de Informática Educativa – WIE, Campo Grande, MS. 2006.
- AMARAL, C. L. C.; FIGUEIRA, R. C. L. **A utilização de ambientes virtuais no ensino de bioquímica: um estudo de caso na UNICSUL**. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, Artigo 1, Edição 1. 2006 Disponível em: http://www.bdc.ib.unicamp.br/rbebbm/visualizar_material.php?id_material=161 Acesso em: 02 junho. 2014.
- ANDRADE, J. L., ARRUDA, S., BARBOSA, T., PAIM, L., RAMOS, M.V., CAVADA, B.S. & BARRAL-NETTO, M. **Lectins-induced nitric oxide production**. Celular Immunology. 194, p. 98-112, 1999.
- BARBOSA, T., ARRUDA, S., CAVADA, B.S., GRANGEIRO, T.B., FREITAS, L.A.R. & BARRAL-NETTO, M. (2001). **In vivo lymphocyte activatin and apoptosis by lectins of diocleinae subtrib**. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 96(5), p.673-678, 2001.
- BARRAL-NETTO, M., SANTOS, S.B., BARRAL, A., MOREIRA, L.I., SANTOS, C.F., MOREIRA, R.A., OLIVEIRA, J.T. & CAVADA, B.S. **Human lymphocyte stimulation by legume lectins from the diocleinae tribe**. Immunology Investigations, 21, p.297-303, 1992.
- CAVALCANTE, T. T. A; da ROCHA, B. A. M.; CARNEIRO, V. A.; ARRUDA, F. V. S.; do NASCIMENTO, A. S. F.; SÁ, N. C.; do NASCIMENTO, K. S.; CAVADA B. S.; TEIXEIRA, E. H.; **Effect of lectins from Diocleinae subtribe against oral Streptococci**. Molecules, v. 16, n. 5, p. 3530-3543, Apr. 2011.
- FREITAS, J. M. A. S.; DUDU, R. E. S.; SILVA, G. N. **Softwares educacionais para futuros professores de Química**. Revista Tecnologias na Educação Ano 3 Número2 Dezembro 2011 <<http://tecnologiasnaeducacao.pro.br>>. Acesso em 01 abr. 2014.
- FREITAS, C. D. T.; RAMOS, M. V.; SOUZA, D. P.; MARINHO-FILHO, J. D. B.; TEIXEIRA, F. M.; OLIVEIRA, J. S. **Correlações entre atividade inseticida e resistência a proteólise de duas lectinas vegetais glicose/manose** Comunicata Scientiae, v. 2, n. 1, p. 34-41, ago. 2011.
- GALLO, P.; PINTO, M. G. **Professor, esse é o Objeto Virtual de Aprendizagem**. Revista Tecnologias na Educação ano 2 número 1 Julho 2010. Disponível em: <<http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/wpcontent/uploads/2010/08/Professor-esse-%C3%A9-o-objeto-virtual-deaprendizagem1.pdf>> . Acesso em: 08.fev.2014.
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. **Em Positioning models in science education and in design and technology education**; Gilbert, J. K.; Boulter, C. J., eds.; Kluwer: Dordrecht, 2000.
- GOMES, J.C., ROSSI, R.R., CAVADA, B.S., MOREIRA, R.A. & OLIVEIRA, J.T.A. **Histamine release induced by glucose(mannose) specific lectins isolated Brazilian plants Comparison with concanavalin A**. Agent Actions. 41,p. 132-135, 1994.
- Google Play. Loja *online*. Disponível em: < <https://play.google.com>>. Acesso em: 02 mai. 2014.
- IAN, P. . Google Play: Com mais de 800.000 apps, loja ultrapassa a Apple App Store. (em inglês).2013. Acesso em: 20 fev. 2014.
- LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. Archives of Psychology, v. 140, pp. 1-55, 1932.
- LORIS, R., VAN WALLE, I., DE GREVE, H., BEECKMANS, S., DEBOECK, F., WYNS, L., BOUCKAERT, J. **Structural basis of oligomannose recognition by the Pterocarpus angolensisseed lectin**. Journal of Molecular Biology, 335 (5), 1227–1240, 2004.
- MOREIRA, L. R.; CAVALCANTE, F. L. L.; MEIRELES, A. M. R. **Tecnologias educacionais: um cenário para uma prática pedagógica inovadora**. Revista Expressão Católica, Quixadá, v. 03, n.1, Jan./Jun. 2014.
- OLIVEIRA, R. C.; IANO, F. G.; SILVA, T. L. **Percepção dos Alunos do Curso de Odontologia de uma Universidade Brasileira em Relação à Importância da Disciplina de Bioquímica na sua Profissão**. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, Artigo 2, Edição 01. 2006.

PAULA Jr., L. C.; SILVA, B. M. **Análise do Uso de um Objeto de Aprendizagem no Ensino de Química.** XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, Florianópolis, SC. 2009.

PEUMANS, W. J.; VAN DAMME, E. J. **Lectins as plant defense proteins.** Plant Physiology, v. 109, n. 2, p. 347-352. Oct. 1995.

PEUMANS, W. J., BARRE, A., HAO, Q., ROUGÉ, P. & VAN DAME, E. J. M. **Higher plants developed structurally different motifs to recognize foreign glycans** Trends in Glycoscience and Glycotech, 12(64) p.83-101, 2000.

PSOTKA, J. **Imersive training systems: virtual reality and education and training.** Instructional Sciences, v. 23, p. 405-431, 1995.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. **Simulações computacionais e ferramentas de modelização em Educação Química: uma revisão de literatura publicada.** Química Nova, 26,4, 542-549, 2003.

RODRIGUES, C.R. **Processos Modernos no desenvolvimento de Fármacos: Modelagem molecular.** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, N° 3 – Maio. 2001.

RODRIGUEZ, D., CAVADA, B. S., OLIVEIRA, J. T. A., MOREIRA, R. A.; RUSSO, M. **Differences in macrophage stimulation and leukocyte accumulation in response to intraperitoneal administration of glucose/manose-binding plant lectins.** Brazilian Journal Medicine Biology, v. 25, p. 823-826, 1992.

RUDIGER, H.; GABIUS, H.J. **Plant lectins: occurrence, biochemistry, functions and applications.** Glycoconj. J., v.18, p.589– 613, 2001.

RUSSI, M. A.; VANDRESEN-FILHO, S.; RIEGER, D. K.; COSTA, A. P.; LOPES, M. W.; CUNHA, R. M.; TEIXEIRA, E. H.; NASCIMENTO, K. S.; CAVADA, B. S.; TASCAC, C. I.; LEAL, R. B. **ConBr, a lectin from Canavalia brasiliensis seeds, protects against quinolinic acid-induced seizures in mice.** Neurochemical Research, v. 37, n. 2, p. 288-297, Feb. 2012.

SANTOS, V. T.; ANACLETO, C. **Monitorias como ferramenta auxiliar para aprendizagem da disciplina bioquímica: uma análise no Unileste-MG.** Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, Artigo 5, Edição 1. Disponível em: <http://www.bdc.ib.unicamp.br/rbebbm/visualizar_material.php?id_material=402>. Acesso em: 02 set. 2007.

SILVA, F. O.; ARAÚJO, R. V. S.; SCHIRATO, G. V.; TEIXEIRA, E. H.; de MELO JÚNIOR, M. R.; CAVADA, B. S.; LIMA-FILHO, J. L.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; PORTO, A. L. F. **Perfil de proteases de lesões cutâneas**

experimentais em camundongos tratadas com a lectina isolada das sementes de Canavalia brasiliensis. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1808-1814, set. 2009.

SILVA, F. O.; SANTOS, P. N.; MELO, C. M. L.; TEIXEIRA, E. H.; CAVADA, B. S.; ARRUDA, F. V.; CAJAZEIRAS, J. B.; ALMEIDA, A. C.; PEREIRA, V. R. A.; PORTO, A. L. F. **Immunostimulatory activity of ConBr: a focus on splenocyte proliferation and proliferative cytokine secretion.** Cell and Tissue Research, v. 346, n. 2, p. 237-244, Nov. 2011.

TRINDADE, V. M. T., PASTORIZA, B. S.; VIANNA, L. P.; SALBEGO, C. G.; del PINO, J. S. (2011). **Um objeto de aprendizagem para o estudo interativo da gliconeogênese hepática pelas vias direta e indireta.** Revista de Ensino de Bioquímica, v. 9, n. 1 Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/rt/printerFriendly/44/0>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

WILEY, D.A. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy.** 2003. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 08. abr. 2014.

SOBRE OS AUTORES

Marcia Machado Marinho

Graduada em Farmácia pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Licenciada em Química pela Universidade Estadual do Ceará – UECE. Especialista em Assistência Farmacêutica pela Escola de Saúde Pública do Ceará – ESPCe. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Farmacêutica do Município de Fortaleza.

Contato: marinho.marcia@gmail.com

Rondinelle Ribeiro Castro

Graduado em Farmácia pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestre em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Doutor em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará– UECE.

Contato: rondinelle.castro@uece.br

Emmanuel Silva Marinho

Licenciado em Química pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestre em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Doutor em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará– UECE.

Contato: emmanuel.marinho@uece.br