



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI  
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**RONNY RESLEY DE MOURA SILVA**

**BIOINFORMÁTICA COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO BRASIL: DO  
ENSINO BÁSICO AO SUPERIOR**

PICOS – PI  
2021

RONNY RESLEY DE MOURA SILVA

**BIOINFORMÁTICA COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO BRASIL: DO  
ENSINO BÁSICO AO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas  
da Universidade Federal do Piauí, *campus*  
Senador Helvídio Nunes de Barros como  
requisito para obtenção do grau de Licenciado  
em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Henrique  
Guedes de Moraes Lima

PICOS – PI  
2021

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Universidade Federal do Piauí**  
**Campus Senador Helvídio Nunes de Barros**  
**Biblioteca Setorial José Albano de Macêdo**  
**Serviço de Processamento Técnico**

**S586b** Silva, Ronny Resley de Moura  
Bioinformática como ferramenta pedagógica no Brasil: do ensino básico ao superior / Ronny Resley de Moura Silva – 2021.

Texto digitado

Indexado no catálogo *online* da biblioteca José Albano de Macêdo-  
CSHNB

Aberto a pesquisadores, com as restrições da biblioteca

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Piauí, Licenciatura em Ciências Biológicas, Picos-PI, 2021.

“Orientador: Dr. Leonardo Henrique Guedes de Morais Lima”.

1. Bioinformática. 2. Recurso didático. 3. Multidisciplinaridade. 4. Interdisciplinaridade. 5. Processo ensino-aprendizagem. I. Lima, Leonardo Henrique Guedes de Morais. II. Título.

CDD 570.7

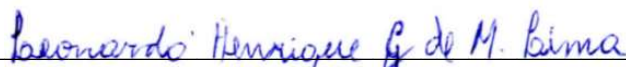
RONNY RESLEY DE MOURA SILVA

**BIOINFORMÁTICA COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO BRASIL: DO  
ENSINO BÁSICO AO SUPERIOR**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros como requisito parcial para obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 22 / 07 / 2021

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Leonardo Henrique Guedes de Moraes Lima  
Orientador – UFPI



Profa. Dra. Ticiania Maria Lúcio de Amorim  
Membro – UFPI



Profa. Me. Joedna Cavalcante Pereira  
Membro – URCA

Dedico o presente trabalho primeiramente a Deus e em seguida a todos os meus familiares, amigos e colegas que de certo modo acompanharam a minha trajetória durante o curso. Aos que me apoiaram quando precisei e aos que me criticaram de forma construtiva. Espero poder triunfar cada vez mais na minha nova jornada que irá se prosseguir após a minha graduação, pois sei que para quem tem sonhos e determinação não há limites.

## AGRADECIMENTOS

Chego ao final de mais uma fase, e não há como não agradecê-lo por isso.

Agradeço à Deus, pelo dom da vida, pelo sustento, pela compreensão, pela paciência, pelo cuidado, pela provisão, pelo consolo, pelo renovo e pelo amor dispensado.

A minha família, meus pais, meus irmãos, a minha esposa, minhas filhas e todos os demais que sempre me apoiaram para me dedicar aos estudos.

À Universidade Federal do Piauí, *campus* Senador Helvídio Nunes de Barros.

Ao CNPq, CAPES, PIBID, e ao projeto Pré-ENEM Paulo Freire pela concessão das bolsas e/ou auxílio financeiro à pesquisa, bem como pelas oportunidades.

Às professoras Waldima Alves da Rocha, Karlya Barros Pessoa Holanda, Nilda Masciel Neiva Gonçalves e Márcia Maria Mendes Marques e aos professores Sérgio Bittencourt Araújo Barros, Leonardo Henrique Guedes de Moraes Lima e Paulo Cesar Lima Sales pela amizade companheirismo e ensino.

Por fim agradeço a todos que de certa forma direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência. (DARWIN, 2004, p. 03).

## RESUMO

A Bioinformática envolve as Ciências Biológicas, Computacional, Estatística, Química, Farmacêutica, Matemática, entre outras. Sua aplicação pode ser dividida em processos que são a aquisição, armazenamento, processamento, distribuição, recuperação, análise e interpretação dos dados biológicos. Dessa forma, a educação em Bioinformática pode ser amplamente definida como o ensino e aprendizagem do uso da informática e da tecnologia da informação para coleta, armazenamento e análise de dados. Com base nisso, o presente estudo objetivou analisar a Bioinformática no contexto pedagógico do ensino básico, técnico e superior brasileiro. Para tal, realizou-se uma revisão bibliográfica integrativa a partir da análise de estudos científicos disponíveis em plataformas online de pesquisa acadêmica (Google Acadêmico e SciELO) para saber “se” e “como” a Bioinformática está sendo utilizada como recurso didático no sistema educacional brasileiro, bem como avaliar se a utilização da Bioinformática como ferramenta pedagógica apresenta benefícios para o processo ensino-aprendizagem. No total foram encontrados 206 (duzentos e seis) artigos relacionando a Bioinformática como ferramenta pedagógica, porém apenas 15 eram em Língua Portuguesa e destes somente 12 atenderam aos critérios de inclusão desta pesquisa. Ao final do estudo verificou-se que essa área da ciência é pouco divulgada ou explorada como recurso pedagógico. Entretanto pode-se perceber que sua utilização favorece o desenvolvimento da autonomia e a criticidade de estudantes. Assim, sugere-se a produção de mais estudos e aprofundamento dos já existentes em relação a essa temática.

**Palavras-chave:** Bioinformática. Recurso didático. Multidisciplinaridade. Interdisciplinaridade. Processo ensino-aprendizagem.



## ABSTRACT

Bioinformatics involves Biological Sciences, Computational, Statistics, Chemistry, Pharmaceuticals, Mathematics, among others. Its application can be divided into processes that are the acquisition, storage, processing, distribution, retrieval, analysis and interpretation of biological data. Thus, education in Bioinformatics can be broadly defined as teaching and learning the use of informatics and information technology for data collection, storage and analysis. Based on this, the present study aimed to analyze Bioinformatics in the pedagogical context of basic, technical and higher education in Brazil. To this end, an integrative literature review was carried out based on the analysis of scientific studies available on online academic research platforms (Google Academic and SciELO) to know "if" and "how" Bioinformatics is being used as a teaching resource in the educational system Brazilian, as well as evaluating whether the use of Bioinformatics as a pedagogical tool has benefits for the teaching-learning process. In total, 206 (two hundred and six) articles were found relating bioinformatics as a pedagogical tool, but only 15 were in Portuguese and of these only 12 met the inclusion criteria for this research. At the end of the study, it was found that this area of science is little known or explored as a pedagogical resource. However, it can be seen that its use favors the development of students' autonomy and criticality. Thus, it is suggested to produce more studies and deepen the existing ones in relation to this theme.

**Keywords:** Bioinformatics. Didactic resource. Multidisciplinary. Interdisciplinarity. Teaching-learning process.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 9  |
| 2. OBJETIVOS.....   | 11 |
| 2.1    Objetivo Geral .....   | 11 |
| 2.2    Objetivos Específicos .....  | 11 |
| 3. METODOLOGIA.....   | 12 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA .....  | 13 |
| 4.1    Histórico .....  | 13 |
| 4.2    Aplicação da Bioinformática .....  | 14 |
| 4.3    Bioinformática e ensino.....   | 15 |
| 4.4    Bioinformática no contexto educacional do ensino básico ao superior..... | 17 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 22 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 23 |

## 1. INTRODUÇÃO

Acredita-se que no mundo ocorreram quatro Revoluções Industriais, cada uma representando avanços dos meios de produção para o seu tempo. A terceira revolução industrial, a Revolução Científica, ocorreu entre os séculos XVI e XVII, onde a construção científica a partir da ótica aristotélica passou a dar espaço a uma ciência moderna, na qual as questões científicas e as suas soluções devem ser apresentadas em linguagem matemática (PENNEREIRO, 2009). Para Westfall (2001), o apogeu dessa revolução deu-se com Isaac Newton (1643-1727) e suas leis do movimento e da gravitação universal.

Esses avanços favoreceram todas as áreas científicas, incluindo as Ciências Naturais, na qual está inserida as Ciências Biológicas e nela a Bioinformática. A Bioinformática é um ramo essencialmente multidisciplinar da Ciência, baseado na experimentação em simulação computacional, que visa o agrupamento, interpretação e elucidação de eventos biológicos através da organização e compreensão de dados e informações fundamentando-se no uso de ferramentas (LUSCOMBE, 2000).

Com os bancos de dados de informações biológicas cada vez mais crescentes, o desenvolvimento de novas abordagens para análise e apresentação desses dados e a investigação de novas e complexas perguntas são as forças motrizes da Bioinformática. (NEWMAN, 2003; MARQUES *et al.*, 2014).

Podemos entender a Bioinformática, de uma maneira simplificada, como a aplicação de Ciência da Computação à resolução de problemas das áreas biológicas. Ampliando este conceito, temos a Bioinformática como uma área multidisciplinar da Ciência, envolvendo Tecnologia da Informação, Biologia, Matemática, Estatística, Química, Física e outras disciplinas visando resolver problemas das Ciências da vida, sendo principalmente aplicada a questões da Biologia Molecular (FORMIGHIERI, 2010).

Esse segmento científico pode ser caracterizado como uma ferramenta multidisciplinar, pois os seus poderosos bancos de dados são capazes de armazenar diversas informações e as utilizar de maneira relacionada, proporcionando assim de acordo com a necessidade de informação, dados coerentes e associados. De acordo com Ribeiro Júnior, Oliveira e Ceccatto (2012), releva-se o potencial da Bioinformática como ferramenta essencial para o biólogo pesquisador.

A aplicação dessa ferramenta no ensino é bem diversificada, porém é tratada com certo destaque somente no ensino superior (OLAYA-ABRIL E CEJAS-MOLINA, 2018). A educação em Bioinformática pode ser amplamente definida como o ensino e aprendizagem do

uso da informática e da tecnologia da informação, juntamente com análises matemáticas e estatísticas para coletar, armazenar, analisar, interpretar e integrar dados para resolver problemas biológicos (MAGANA *et al.*, 2014).

Em termos curriculares, vários cursos nas regiões mais desenvolvidas para o ramo da Bioinformática no Brasil, já incorporaram a disciplina nos currículos das graduações de Biologia e em currículos de outras áreas de saúde, especialmente nas graduações de Biomedicina, Química, Biotecnologia e afins (RIBEIRO JUNIOR *et al.*, 2012). Dessa forma, essa estratégia contribui para estimular e alargar as competências curriculares dos professores de disciplinas afins com a Bioinformática favorecendo assim novas perspectivas de ensino (LOPES *et al.*, 2016).

As contribuições da Bioinformática para a educação podem ser observadas quando esta é aplicada pelos docentes de forma inovadora e motivadora na sala de aula ou nos laboratórios. A aplicação das ferramentas de Bioinformática proporciona o desenvolvimento crítico do aluno e instiga perguntas que podem ser solucionadas por meio de um banco de dados que só aumenta a cada instante. A curiosidade leva os alunos a buscar redescobrir e essa vontade de aprendizado e o que falta no processo de ensino aprendizam dos anos iniciais até em alguns casos o ensino superior.

Nesse sentido, o referido estudo apresenta uma revisão bibliográfica de trabalhos publicados acerca da utilização da Bioinformática como ferramenta pedagógica no ensino médio, técnico e superior brasileiro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Realizar uma revisão de literatura a partir de estudos científicos disponíveis em plataformas online de pesquisa acadêmica, visando analisar a Bioinformática no contexto pedagógico do ensino básico, técnico e superior brasileiro.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Verificar a quantidade de trabalhos feitos a respeito da Bioinformática, quanto ferramenta no processo educacional, nas plataformas de busca online Google Acadêmico e SciELO;
- Analisar como a Bioinformática está sendo utilizada como recurso didático no sistema educacional brasileiro;
- Avaliar a utilização da Bioinformática como ferramenta pedagógica e possíveis benefícios para o processo ensino-aprendizagem;

### 3. METODOLOGIA

Para a produção do presente estudo, optou-se por construir uma análise bibliográfica integrativa acerca da aplicação da Bioinformática como ferramenta pedagógica no ensino básico, técnico e superior brasileiro. De acordo com Gil (2010), a pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia tornada pública em relação ao tema de estudo, como livros, revistas, teses, dissertações, anais de eventos científicos, disponíveis por meio eletrônico e impresso.

Nesse sentido, realizou-se uma revisão integrativa, haja vista que essa modalidade de revisão admite a inclusão simultânea de estudos experimentais e não experimentais, quantitativos e qualitativos, com o propósito de oferecer um entendimento abrangente do fenômeno sob investigação (LEONIDAS e SANTOS, 2014; MACHADO *et al.*, 2012; WHITTEMORE e KNAFL, 2005).

As bases de dados pesquisadas foram: Google Acadêmico e SciELO (Scientific Electronic Library Online). As informações foram coletadas utilizando combinações entre os descritores: “Bioinformática”, “ferramenta pedagógica”, “recurso pedagógico”, “ferramenta didática”, “recurso didático”, “ensino”, “ensino básico”, “ensino médio” e “ensino superior”, sendo que a primeira esteve presente em todas as buscas. Não foi estabelecido limite de tempo para aproveitamento dos estudos, de modo a abordar toda literatura científica sobre o tema.

Os critérios de inclusão para seleção dos materiais científicos utilizados no presente estudo foram: escrita em língua portuguesa do Brasil e contendo conteúdo relacionado a Bioinformática no contexto educacional. Já os trabalhos publicados em língua estrangeira ou não relacionados ao objetivo proposto nessa pesquisa, foram excluídos.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Histórico

Historicamente, a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento econômico dos países, de acordo com Marson (2014), haja vista que a produção manual já não supriria os interesses do capitalismo e do crescimento populacional descontrolado. Para abarcar as necessidades do capitalismo e da população mundial, mudanças nos meios de produção e científicas passaram a ocorrer em todo o mundo, as quais conhecemos por Revoluções Industriais.

Para Boettcher (2015) a primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, final do século XVIII e início do século XIX (1760-1860), se estendendo posteriormente para países como França, Bélgica, Holanda, Rússia Alemanha e Estados Unidos, ficando marcada pelos motores à vapor, utilizados na produção de tecidos. Vale ressaltar que a primeira Revolução Industrial foi a grande impulsionadora para o surgimento do capitalismo, que antes era comercial e passou a ser industrial, como aponta Pasquini (2020). Segundo Drath e Horch (2014), a segunda Revolução Industrial aconteceu 100 anos depois da primeira (que durou cerca de 200 anos), e ficou marcada pela linha de produção contínua. Para Silva, Silva e Gomes (2002) a terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica, surge como consequências dos avanços tecnológicos do século XX e XXI. Em 2011, o termo Indústria 4.0 ou quarta Revolução Industrial, surgiu na Alemanha na feira de Hannover por meio da necessidade de se desenvolver uma abordagem para fortalecer a competitividade da indústria manufatureira alemã (KAGERMANN; WAJLSTER; HELBIG, 2013; SILVEIRA, 2017).

Nesse sentido, na era pós-moderna, com o advento e a consolidação da revolução robótica no século XX, foi possível aprimorar a criação de tecnologias computacionais nas mais variadas áreas do conhecimento. Nesse cenário, a Bioinformática ou Biocomputação surgiu na década de 1980, a fim de superar as fronteiras das ciências pelo desenvolvimento de novas abordagens capazes de promover a análise e a apresentação de dados biológicos, bem como de garantir a investigação de novos métodos para a resolução de complexas perguntas (ARAÚJO *et al.*, 2008).

A Bioinformática é parte integrante de biologia e pesquisa biológica. Esta área começou com algumas pessoas de outras disciplinas ensinando entre si as técnicas que agora são consideradas triviais. Esses pioneiros criaram programas de pós-graduação para ensinar a

próxima geração. Aqueles estudantes que se formaram cedo geralmente vinham como biólogos com experiência em laboratório ou como cientistas da computação, ambos os grupos exigindo tempo significativo para fundir os conhecimentos. Não surpreendentemente, isso levou a cursos de graduação em Bioinformática para melhor preparar os alunos para a pós-graduação e carreiras de pesquisa em Bioinformática (LEWITTER e BOURNE, 2011).

#### **4.2 Aplicação da Bioinformática**

A Bioinformática é o uso de técnicas computacionais, matemáticas e estatísticas para a análise, interpretação e geração de dados biológicos (OLAYA-ABRIL E CEJAS-MOLINA, 2018). Tendo em vista a abrangência de conhecimentos necessários para o desenvolvimento das pesquisas em Bioinformática, essa nova área tem característica de ser multidisciplinar, necessitando da integração de diferentes profissionais, como relatado pela AB3C (Associação Brasileira de Bioinformática e Biologia Computacional) (FARIAS; CHACON; SILVA, 2012).

Segundo Prosdocimi *et al.* (2002), a Bioinformática tornou-se uma peça essencial aos estudos nas mais diversificadas áreas, como por exemplo na área Biomédica, Bioquímica, Biotecnológica, Biomatemática, Biofísica, Bioengenharia, entre outras. Com relação as ciências Biomédicas foram graças às grandes descobertas e aos avanços no tratamento de doenças que seu valor se tornou indispensável pois pode aperfeiçoar a manutenção, aplicação e elucidação dos dados científicos, proporcionando uma interação simbiótica entre as ciências e à tecnologia (NICÉSIO, 2017).

Na área Bioquímica foi graças ao aprofundado conhecimento da expressão e transmissão da expressão genética que uma crescente otimização de técnicas moleculares surge a cada dia, além de benefícios como a compreensão amplificada e ágil do metabolismo e das biomoléculas por meio do uso de softwares e bancos de dados (CATTLEY, 2007).

Na Biotecnológica, a Bioinformática é um dos pilares responsável pelo desenvolvimento e a aplicação de ferramentas da tecnologia da informação para permitir organização, gestão, análise e interpretação de dados em suporte ao tratamento de questões biológicas relevantes. (NICÉSIO, 2017).

Já na Biofísica e Biomatemática, a Bioinformática contribui trazendo uma enorme capacidade de raciocínio lógico e abstrato por meio do seu armazenamento em banco de dados. Por meio da Bioinformática a matemática e a física podem estudar os cálculos, as quantidades, as medidas, os espaços, as variações e as estatísticas de maneira rápida e consistente. As ferramentas da Bioinformática proporcionam padrões aos estudos lógicos e assim permitem definições exatas sobre as mais rigorosas variações. (FARIAS; CHACON; SILVA, 2012).



Para suprir todas estas áreas, a Bioinformática apresenta banco de dados com capacidades ilimitadas e que estão em continua evolução. Alguns dos bancos de dados mais conceituados são o GenBank (NCBI, EUA), o EMBL Nucleotide Sequence Database (Europa) e o DNA Data Bank of Japan (DDBJ, Japão). Nestes bancos de dados são armazenados diferentes tipos de dados, sendo eles dados de sequências de DNA, RNA e proteínas (aminoácidos), além de anotações estruturais, funcionais, de localização intracelular, de localização genômica e bibliográficas (GUIZELINI, 2010).

Nas últimas décadas, a sociedade contemporânea tem se deparado com os impactos provocados pelos avanços e descobertas oriundos de projetos de pesquisa conduzidos a fim de decifrar a natureza do material genético em uma grande variedade de organismos procarióticos e eucarióticos, objetivando o conhecimento total ou parcial de suas sequências de DNA (ALBERTS, 2017). Sob esse aspecto, os dados gerados pela Bioinformática podem ser considerados como a forma mais intermolecular de colher informações sobre os seres vivos pela análise detalhada de seu código genético (VOGT, 2003).

#### **4.3 Bioinformática e ensino**

O aumento da genômica, proteômica e biologia estrutural no potencial avanço da pesquisa e desenvolvimento em sistemas biomédicos complexos criou a necessidade de uma força de trabalho instruída em Bioinformática. No entanto, integrar efetivamente a educação em Bioinformática através de contextos educacionais formais e informais tem sido um desafio devido, em parte, à sua natureza interdisciplinar (MAGANA *et al.*, 2014).

Segundo Ditty *et al.* (2010), as mudanças promovidas no meio científico pelo uso de ferramentas de Bioinformática e bancos de dados proporcionariam oportunidades para que os estudantes adquirissem experiências que refletissem a influência da Bioinformática nas pesquisas em ciências da vida moderna. Diante disso, os educadores responderam implementando a Bioinformática em diversos currículos de cursos nas áreas das ciências da vida.

Segundo Ribeiro Júnior *et al.* (2011), em termos curriculares, vários cursos, nas regiões mais desenvolvidas para o ramo da Bioinformática no Brasil, já incorporaram a disciplina de Bioinformática nos currículos das graduações de biologia e em outras áreas de saúde, especialmente nas graduações de biomedicina, química, biotecnologia e afins. Para esses autores, a Bioinformática, pelo seu caráter bivalente, possibilitaria uma iniciativa natural para pôr em prática novos paradigmas de ensino. Seu potencial de uso poderia ser um dos elementos transformadores para a inserção de novas tecnologias, inovação e boas práticas pedagógicas

que poderiam ser de grande alcance para o educador.

Segundo Padilha *et al.* (2008) uma das formas possíveis de difundir a Bioinformática é pela extensão universitária. Para Farias, Chacon e Silva (2012) é imprescindível que iniciativas como cursos de extensão sejam comumente adotadas pelos institutos federais como por outras instituições de ensino, visando à especialização profissional no país, sobretudo em áreas onde a mão de obra é escassa e necessária como a Bioinformática.

Para Machluf *et al.* (2017), a Bioinformática é uma das principais recomendações para o ensino de graduação em ciências da vida. Esse campo é parte integrante da pesquisa científica moderna e deve se tornar tão influente para o ensino de ciências, tanto no ensino superior quanto no ensino médio. Isso deve ser de interesse e preocupação tanto para comunidade científica quanto para a comunidade educacional.

Os padrões de ensino em Bioinformática nos diferentes níveis educacionais, ensino médio e superior, podem ser definidos em termos de práticas científicas, unificando os conceitos e ideias centrais relacionadas à disciplina. Os padrões, por sua vez, devem ser integrados nas políticas, currículo, instrução e avaliação para favorecer uma aprendizagem significativa (MACHLUF E YARDEN, 2013). Ainda segundo os mesmos autores, os padrões e objetivos da educação em Bioinformática devem ser consistentes com a estrutura educacional (universidade *versus* ensino médio, formal *versus* não formal), população-alvo (idade, habilidades, histórico, etc.), prazo (tópico anual, curso de curta duração etc.) e recursos (técnicos, educacionais, materiais).

Segundo os autores Ribeiro Junior *et al.* (2012), Silva, Chacon e Farias (2012), Badotti *et al.* (2014), Nunes *et al.* (2015), Lencastre, Tavares e Martins (2017), Mota (2018), Nascimento e Saraiva (2019), no qual os trabalhos foram realizados visando o nível de ensino superior, pode-se notar que a uma certa facilidade de abordagem do tema de Bioinformática bem como o acesso as ferramentas computacionais proporcionadas pela infraestrutura das instituições de ensino superior.

Já por outro lado o autor Castro *et al.* (2020) evidencia em seu trabalho que é possível sim trabalhar esse tema no nível médio de ensino, e que os resultados são relevantes pois posicionaram os estudantes como construtor da própria aprendizagem, ampliando o pensamento crítico e reflexivo dos mesmos. Por último quando se considera o processo de construção do conceito de Bioinformática a partir dos níveis iniciais de ensino, temos o trabalho do autor Pereira (2016) no qual o mesmo relata imprescindível relevância do tema, tendo como benefícios aos alunos a melhoria da aprendizagem, aumento de concentração e foco, melhora

na comunicação e expressão de ideias e argumentos, bem como apresenta poder de transformação social.

A Bioinformática aparece no cenário educacional como metodologia ativa vantajosa quando utilizada como ferramenta pedagógica. As metodologias ativas de ensino, para Melo e Sant'Ana (2012) são aquelas que proporcionam ao estudante a construção do conhecimento e da criticidade. Dessa forma, as ferramentas de Bioinformática favorecem o pensamento crítico e reflexivo de estudantes diante da autonomia que estes podem desenvolver a partir da utilização de *softwares* disponíveis no mercado, principalmente aqueles oferecidos de forma gratuita.

Mesmo podendo ser utilizadas em diversas áreas de ensino, as ferramentas de Bioinformática são amplamente aplicadas nas Ciências Naturais e apresentam eficácia quanto ao ensino-aprendizagem, como apontam estudos de Badotti *et al.* (2014) onde se mostraram promissoras para o ensino de proteômica e de Nunes *et al.* (2015) no qual os alunos utilizaram para compreender processos ligados à Biologia Molecular.

De acordo com artigo de Ribeiro Junior *et al.* (2011) sobre a abordagem prática de Bioinformática, um ponto negativo onde esbarra a prática da Bioinformática é a barreira da língua, já que estes portais de dados se encontram na língua inglesa, mas que pode se configurar como desafios e contrapontos que poderiam ser encarados, explorando uma nova perspectiva didática.

#### **4.4 Bioinformática no contexto educacional do ensino básico ao superior**

A partir da pesquisa inicial, obteve-se 206 (duzentos e seis) artigos, porém apenas 15 eram em Língua Portuguesa. Destes, somente 12 atenderam aos critérios de inclusão desta pesquisa. Os trabalhos foram publicados entre 2012 e 2021

Embora vários trabalhos e documentos encontrados nas plataformas online de busca abordassem o tema Bioinformática, muitos foram excluídos desse estudo devido diferentes fatores tais como, análise de Projetos Pedagógicos de Cursos que possuem a disciplina de Bioinformática, pesquisas laboratoriais que utilizaram *softwares* de Bioinformática; análise de *softwares* disponíveis no mercado; utilização por órgãos governamentais; utilização da ferramenta em cursos de curta duração, entre outras aplicações.

No estudo, objetivando contribuir na divulgação da ideia de inclusão do Pensamento Computacional na educação básica brasileira, Pereira (2016) aponta que a abordagem desse pensamento na educação básica resulta em vários benefícios como melhora da aprendizagem, aumento de concentração e foco, melhora na comunicação e expressão de ideias e argumentos, bem como apresenta poder de transformação social. Ainda segundo a autora, é possível

imaginar a aplicação desse pensamento na rotina de um profissional de Biologia, na utilização da Bioinformática.

Em seu trabalho Rosa e Loreto (2013) objetivaram verificar se o acesso ao GenBank permite melhorar a compreensão dos alunos sobre a relação DNA-RNA-proteínas. Para isso, foram analisados mapas conceituais, elaborados por alunos do ensino médio, durante a aplicação de uma Unidade Didática (UD) sobre o tema síntese de proteínas. O acesso dos discentes a alguns links do GenBank1 (National Center Biotechnology Information)-NCBI, foi realizado de forma orientada. Para os autores, o acesso ao GenBank foi informativo e, mais do que isso, colocou o aluno do ensino médio frente à novas tecnologias da Bioinformática. Ao final do estudo verificou-se um avanço significativo nas relações conceituais de alunos sobre síntese de proteínas, o que foi possibilitado pelo acesso ao GenBank.

Visando compreender o impacto da implementação de diferentes ferramentas e recursos da Bioinformática em contexto de sala de aula os autores Lencastre, Tavares e Martins (2017) realizaram um projeto de pesquisa em sala de aula em que se mostrou crucial que os alunos tenham contato com esta área científica com o objetivo de melhor prepará-los para questões emergentes da biologia do século XXI. Evidenciando assim a importância do papel da Bioinformática na educação.

O estudo realizado por Pazze et al (2020) objetivou desenvolver e avaliar uma interface multimodal para ensino de Bioinformática estrutural à pessoas com deficiência visual. Esse projeto foi intitulado DeMOLidor e utilizou projeto mecânico, hardware e software que permitem a interação de usuários cegos com estruturas 3D de proteínas. A partir do teste de acessibilidade no DeMOLidor, com observação de uso, sugeriu-se que o uso de interface multimodal favorece o entendimento de estruturas 3D de proteínas pelo grupo avaliado no estudo.

No estudo de Castro *et al.* (2020), que tinha como objetivo desenvolver roteiros que orientem o uso da Bioinformática como objeto de aprendizagem digital para o ensino da Biologia Molecular, em nível de ensino médio e graduação, verificou-se que os roteiros desenvolvidos de práticas em Bioinformática posicionaram o estudante como construtor da própria aprendizagem, seja ele de ensino médio ou superior, ampliando o pensamento crítico e reflexivo dos mesmos.

Neves *et al.* (2016) realizaram um trabalho envolvendo o desenvolvimento de um MOOC (Massive Online Open Course), que são cursos ofertados em ambientes virtuais de aprendizagem, Gamificado para ensino de Bioinformática. O curso se propôs a abordar

conteúdo pertinentes as áreas de biologia e computação, facilitando deste modo, a formação de novos profissionais que desejam ingressar na área. Ao final os autores concluíram que o trabalho apresenta relevância científica por explorar a área de MOOCs, e por não ter sido encontrado, um sistema gamificado daquele porte focado na área de Bioinformática. Adicionalmente, como etapa posterior, os autores pretendiam avaliar se os elementos de gamificação podem auxiliar e influenciar significativamente no aprendizado inicial dos profissionais de Bioinformática.

Silva, Chacon e Farias (2012) realizaram um estudo, a partir de um curso de extensão oferecido aos alunos do IFRN e comunidade, com objetivo de incrementar a capacitação de pessoal para a compreensão dos problemas biológicos e utilização das ferramentas de Bioinformática. Para isso, o trabalho foi desenvolvido através de aulas teórico-práticas de ferramentas de biologia computacional. Nas considerações finais do estudo os autores relataram o entusiasmo dos discentes tanto ligados à biologia quanto à informática de adentrarem nesse novo ramo da pesquisa científica. Também apontaram que a realização do curso possibilitou a obtenção dos objetivos pretendidos, por meio da disponibilização de um canal eficiente de difusão de conhecimentos na temática abordada.

No trabalho de Oliveira e Reis (2016), envolvendo a realização de um curso introdutório às ferramentas e aos conteúdos mais trabalhados em Bioinformática, para acadêmicos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFSULDEMINAS, buscou-se avaliar as principais implicações e dificuldades em relação à adaptabilidade do estudante à Bioinformática. Como resultado obteve-se que as práticas durante o curso auxiliaram na construção de conhecimentos. Essa metodologia tornou o aluno mais ativo em relação ao seu aprendizado.

Freire et al (2018) realizaram um trabalho que teve como objetivo incentivar o uso contínuo de softwares de Bioinformática durante a disciplina de Bioquímica na modalidade a distância por meio do uso de um guia sumarizado, o qual poderá ser empregado durante as práticas educativas. Na conclusão do estudo foi sugerido que o contato direto dos alunos com as vias investigativas (softwares de Bioinformática), possam agenciar o desenvolvimento das teorias estudadas, bem como exercer papel atuante na própria evolução da Ciência como um todo, possibilitando um olhar crítico sobre os eventos que lhes são apresentados pelos softwares e pelo professor orientador.

O trabalho realizado por Ribeiro Junior *et al.* (2012) objetivou aplicar e avaliar conteúdos teórico-práticos de Bioinformática para estudantes do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, matriculados nas disciplinas de Genética geral e Biologia Molecular

na Universidade Estadual do Ceará. Perguntados aos alunos os principais pontos obtidos com a aplicação da aula teórico-prática de Introdução à Bioinformática os mesmos consideraram a aplicação das atividades práticas positiva, pois tornaram as aulas mais atrativas e facilitou a compreensão do conhecimento específico, no caso em foco, da abordagem do genoma por meio de ferramentas de Bioinformática. Para os autores, os resultados obtidos mostraram o caráter essencial da inserção de conceitos básicos dos novos e emergentes campos das ciências, introduzindo a Bioinformática nas disciplinas de Biologia Molecular e Genética Geral na complementação da formação dos docentes em Ciências Biológicas.

O estudo realizado por Nascimento e Saraiva (2019) buscou avaliar a utilização de ferramentas de Bioinformática por estudantes do curso de Ciências Biológicas de uma universidade pública brasileira na dinamização do ensino da disciplina de Biotecnologia. Para tal, os pesquisadores acompanharam as aulas ministradas pelo professor da disciplina. Nesse estudo, o professor da disciplina apresentou aos estudantes diversos bancos de dados como o *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) e a *Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes* (KEGG). Após as aulas, foram aplicados questionários com os estudantes dos dois grupos, nos quais um dos grupos teve contato com as ferramentas virtuais e o outro não. As questões permearam entre conceito da Biotecnologia, opinião dos estudantes quanto ao aproveitamento da disciplina, importância e relevância das ferramentas utilizadas, se essas ferramentas auxiliaram no decorrer da disciplina e na melhor compreensão dos assuntos abordados, se as utilizações desse tipo de tecnologia são necessárias para que as aulas sejam boas.

Foi observado que para o grupo que teve contato com as ferramentas de Bioinformática as respostas ao questionário foram mais embasadas, apontando melhor aprendizado em torno das questões relacionadas à disciplina de Biotecnologia e ressaltando a autonomia dos estudantes quanto a investigação para resolução de problemas e produção de materiais para estudo e/ou pesquisa. Dessa forma, para os autores, a utilização de ferramentas de Bioinformática auxilia no processo de ensino-aprendizagem, já que desperta a curiosidade e estimula a autonomia e criticidade dos estudantes (PEREIRA, 2016).

No trabalho realizado por Mota (2018), que objetivou introduzir os principais conhecimentos da Bioinformática aos alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas matriculados na disciplina de Genética Molecular, através da solução de problemas estabelecidos, sob o uso de ferramentas computacionais, de maneira a facilitar a compreensão dos assuntos abordados na disciplina, verificou que ao todo, o autor aponta que foram

elaborados 4 tutoriais e 1 roteiro. Após as aulas teóricas e práticas, os alunos foram divididos em grupos para resolução de problemas biológicos relativos à disciplina de Genética Molecular. Após a realização da apresentação da resolução dos problemas pelos grupos, foi aplicado um questionário com intuito de verificar se a Bioinformática auxiliou na compreensão dos assuntos abordados.

A partir das respostas ao questionário, pode-se perceber que os alunos aprovaram a utilização de ferramentas de Bioinformática na resolução de problemas, assim como na aprendizagem. Também acharam importante a introdução à Bioinformática na graduação. Nesse contexto, como afirmam Wightman e Hark (2012), a Bioinformática traz a oportunidade de uma abordagem pedagógica diferenciada através da resolução de problemas.

Contudo pode se perceber que a introdução das ferramentas de Bioinformática no currículo da graduação em Ciências Biológicas torna-se importante, visto que facilita o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, amplia habilidades consideradas fundamentais para estes profissionais, bem como estimula os alunos a elaborarem pensamentos críticos sobre os assuntos explorados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste estudo foi verificado que existem poucos trabalhos disponíveis na literatura quanto à aplicação da Bioinformática como ferramenta pedagógica no ensino básico, técnico e superior brasileiro. Ainda assim, foram encontrados estudos em que a Bioinformática foi utilizada em todos os níveis educacionais mencionados anteriormente.

Mesmo com esse *déficit* de material teórico, foi possível identificar que as ferramentas de Bioinformática, quando utilizadas no contexto pedagógico, facilitam a resolução de problemas e auxiliam tanto os professores no processo de ensino, quanto os estudantes na aprendizagem. Também se observou que a utilização dessa ciência como recurso pedagógico ajuda no desenvolvimento da autonomia e do senso crítico dos estudantes.

A falta de utilização da Bioinformática como recurso pedagógico reflete também a realidade de muitas instituições de ensino no Brasil, em especial as escolas públicas de Ensino Básico. Para utilização de ferramentas de Bioinformática é necessária a aquisição de materiais que dependem de investimento financeiro, como computadores, *softwares* de melhor qualidade (na grande maioria pagos), profissionais qualificados para sanar possíveis problemas técnicos e, em muitos casos, a disponibilidade de rede de internet.

Além disso, percebe-se que os *softwares*, suas interfaces e afins se tornam mais significativos com foco na sua utilização em trabalhos científicos do que a aplicabilidade dessas ferramentas na sala de aula como ferramenta didático para auxiliar no processo o ensino-aprendizagem.

Diante do exposto, sugere-se a produção de mais pesquisas envolvendo a aplicação da Bioinformática como ferramenta pedagógica no ensino básico, técnico e graduação, inclusive expandindo essa aplicação para além das Ciências Biológicas, tendo em vista o seu potencial interdisciplinar.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da biologia celular: uma introdução à biologia molecular da célula.** Porto Alegre: Artmed; 6 ed. 2017. Disponível em: <https://archive.org/details/FundamentosDaBiologiaCelular3EdioBruceAlbertsPDFPORTUGUSCOMPLETO/page/n5/mode/2up>
- ARAÚJO, N. D. *et al.* **A era da Bioinformática: Seu potencial e suas implicações para as ciências da saúde,** Estudo Biológico, v. 30, n. 70/72, p. 143-148, 2008. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/estudosdebiologia/article/view/22819/21922> Acesso em: 20 abr. 2021.
- BADOTTI, F.; BARBOSA, A. S.; REIS, A. L. M.; BITAR, M. **Comparative modeling of proteins: A method for engaging students' interest in bioinformatics tools.** Biochem. Mol. Biol. Educ., v. 42, p. 68–78, 2014. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bmb.20721>
- BOETTCHER, M. **Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0.** LinkedIn. 26 nov. 2015. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-dehist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em: 10 mai. 2021.
- CASTRO, J. A *et al.* **Bioinformática como objeto de aprendizagem digital (OAD) para o ensino de Biologia Molecular.** Instituto Federal Baiano – Campus Governador Mangabeira, Boletim Técnico Ano 01 – Nº 01 ISBN 978-65-87749-09-9, Edição 1. Bahia, 2020. Disponível em: [https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/gmb/files/2020/06/IF-Baiano-GMB\\_Boletim-Técnico-Nº-1-Ano-01\\_ISBN-9786587749099.pdf](https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/gmb/files/2020/06/IF-Baiano-GMB_Boletim-Técnico-Nº-1-Ano-01_ISBN-9786587749099.pdf). Acesso em 27 jun 2021.
- CATTLEY, S.; ARTHUR, J. W. **BioManager: the use of a bioinformatics web application as a teaching tool in undergraduate bioinformatics training.** Brief Bioinform. v. 8, n. 6, p. 457-465, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17715151/> Acesso em: 10 mai. 2021.
- DARWIN, C. **A Descendência do Homem e Seleção em Relação ao Sexo.** Belo Horizonte: Itatiaia. v. 24, 2004.
- DITTY, J. L. *et al.* **Incorporating Genomics and Bioinformatics across the Life Sciences Curriculum.** PLOS Biology. v. 8, n. 8, 2010. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1000448> Acesso em: 21 mar. 2021.
- DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: Hit or hype?** IEEE Industrial electronics magazine, v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014.
- FARIAS, A. Q. P., CHACON, P. F. S.; SILVA N. R. R. **A Bioinformática como ferramenta de formação de recursos humanos no IFRN.** HOLOS, ano 28, vol. 6, 2012. Disponível em: [www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/688/618](http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/688/618)

- FORMIGHIERI, E. F. **O papel da Bioinformática na pesquisa agropecuária.** 2010. Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/artigo/2093/o-papel-da-Bioinformatica-na-pesquisa-agropecuaria> Acesso em: 02 abr. 2021.
- FREIRE, C. M. A. S. *et al.* **Proposta pedagógica em prática no ensino de Bioquímica na modalidade a distância: aproveitamento de softwares livres como facilitador do processo de ensino e de aprendizagem.** Revista Thema, vol 4, num 4. Fortaleza, 2018. Disponível em: [periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/download/934/967](http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/download/934/967)
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>
- GUIZELINI, D. **Banco de dados biológico no modelo relacional para mineração de dados em genomas completos de procariotos disponibilizados pelo NCBI GenBank.** 149 f. Tese (Doutorado em Bioinformática) - Universidade Federal do Paraná, 2010.
- KAGERMANN, H.; WAJLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative industry 4.0. **National Academy of Science and Engineering**, Berlin/Frankfurt, 2013. Disponível em: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> Acesso em: 10 mai. 2021.
- LENCASTRE, L.; TAVARES, F.; MARTINS, A.; **Integração da Bioinformática nos currículos do ensino básico e secundário** Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. Porto, 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/119395/2/322904.pdf>
- LEONIDAS, C.; SANTOS, M. A. Social support networks and eating disorders: An integrative review of the literature. **Neuropsychiatric Disease and Treatment**, 10, 915-927. 2014.
- LEWITTER, F.; BOURNE, P. **Teaching Bioinformatics at the Secondary School Level.** PLOS Computational Biology, v. 7, n. 10, 2011. Disponível em: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1002242> Acesso em: 14 mai. 2021.
- LOPES, J. B. *et al.* **Relatos e investigação de práticas de ensino de Ciências e Tecnologia** - Atas do Encontro internacional “A Voz dos Professores de C&T” (VPCT 2016), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2016. Disponível em: [http://vpct2018.utad.pt/wp-content/uploads/2018/03/VPCT2016-Atas-ISBN\\_2016.12.16.pdf](http://vpct2018.utad.pt/wp-content/uploads/2018/03/VPCT2016-Atas-ISBN_2016.12.16.pdf) Acesso em: 12 abr. 2021.
- LUSCOMBE, N. M.; AUSTIN, S. E.; BERMAN, H. M.; THORNTON, J. M. **An overview of the structures of protein-dna complexes**, Genome Biology, 2000. Disponível em: <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/gb-2000-1-1-reviews001#citeas> Acesso em: 03 abr. 2021.
- MACHADO, V.; LEONIDAS, C.; SANTOS, M. A.; SOUZA, J. **Psychiatric readmission: An integrative review of the literature.** International Nursing Review, 59(4), 447-457.

2012.

MACHLUF, Y.; GELBART, H.; BEN-DOR, S.; YARDEN, A. **Making authentic science accessible-the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high-school science curriculum.** Briefings in Bioinformatics, v. 18, n. 1, p. 145-159, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5221422/> Acesso em: 13 abr. 2021.

MACHLUF, Y.; YARDEN, A. **Integrating Bioinformatics Into Senior High School: Design Principles and Implications.** Briefings in Bioinformatics, v 14. n 5, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/bib/article/14/5/648/218781> Acesso em: 15 mai. 2021.

MAGANA, A.; TALEYARKHAN, M.; ALVARADO, D. R.; KANE, M.; SPRINGER, J., CLASE, K. **A Survey of Scholarly Literature Describing the Field of Bioinformatics Education and Bioinformatics Educational Research.** CBE Life Sciences Education, v. 13, n. 4, p. 607-623, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4255348/> Acesso em: 26 abr. 2021.

MARQUES, I. *et al.* **Bioinformatics Projects Supporting Life-Sciences Learning in High Schools.** PLoS Comput Biol, v. 10, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3900377/> Acesso em: 25 mai. 2021.

MARSON, M. D. **A industrialização brasileira antes de 1930: uma contribuição sobre a evolução da indústria de máquinas e equipamentos no estado de São Paulo, 1900-1920.** Estudos Econômicos, vol. 45, n .4, p. 753-785, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/58320> Acesso em: 15 mai. 2021.

MELO, B.; SANT'ANA, G. **A prática da Metodologia Ativa: compreensão dos discentes enquanto autores do processo ensino- aprendizagem.** Com. Ciências e Saúde, v. 23, n. 4, p. 327-339, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/342397989\\_A\\_pratica\\_da\\_Metodologia\\_Ativa\\_com\\_preensao\\_dos\\_discentes\\_enquanto\\_autores\\_do\\_processo\\_ensino-aprendizagem](https://www.researchgate.net/publication/342397989_A_pratica_da_Metodologia_Ativa_com_preensao_dos_discentes_enquanto_autores_do_processo_ensino-aprendizagem) Acesso em: 26 mai. 2021.

MOTA, E. S. **Bioinformática no ensino de Genética para o curso de graduação de Ciências Biológicas sob metodologia ativa.** Universidade Federal de Sergipe (Monografia), São Cristóvão, 2018. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9629/2/Everton\\_Silva\\_Mota.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9629/2/Everton_Silva_Mota.pdf) Acesso em: 05 mai. 2021.

NASCIMENTO, Y. A. P.; SARAIVA, L. F. M. Ferramentas de Bioinformática aplicadas no ensino de Biotecnologia. **Journal of Biochemistry Education**, v. 17, n. 1, 2019. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/819/666> Acesso em: 05 mai. 2021.

NEVES. F. B. S. *et al.* **Desenvolvimento de um MOOC Gamificado para Ensino de Bioinformática.** V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016). Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016). Pará, 2016.

NEWMAN, M. E. J. **The structure and function of complex networks,** SIAM REVIEW, v. 45, n. 2, p. 167-256, 2003. Disponível em:

<https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480> Acesso em: 20 mai. 2021.

NICÉSIO, R. G. **Biomedicina e Bioinformática**. Biomedicina Brasil, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://biomedicinabrasil.com.br/habilitacoes/biomedicina-e-Bioinformática/> Acesso em: 28 mar. 2021.

NUNES, R.; ALMEIDA JÚNIOR, E. B.; MENEZES, I. P. P.; MALAFAIA, G. **Learning nucleic acids solving by bioinformatics problems**. Biochem. Mol. Biol. Educ., v. 43, n. 5, p. 377–83, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26251209/>

OLAYA-ABRIL, A.; CEJAS-MOLINA, M. **Bioinformática como recurso educativo: Projeto de engenharia genética**. Revista de Educação Mediática y TIC, v. 7, n. 1, p. 174-195, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323548898\\_Bioinformática\\_como\\_recurso\\_educativo\\_Proyecto\\_de\\_ingenieria](https://www.researchgate.net/publication/323548898_Bioinformática_como_recurso_educativo_Proyecto_de_ingenieria) Acesso em: 14 mai. 2021.

OLIVEIRA, S. M.; REIS, M. A. **Construção e análise de um curso em Bioinformática: Implicações e dificuldades**. 8ª Jornada Científica e Tecnológica e 5º Simpósio da Pós-Graduação do IFSULDEMINAS, 2016. Disponível em: <tps://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcpas/jspas/paper/viewFile/2779/1884>

PADILHA, I. Q. M., *et al.* **A Bioinformática como instrumento de inserção digital e de difusão da biotecnologia**. Revista Eletrônica Extensão Cidadã, João Pessoa, v. 5, n. 111, p.1-5, jun. 2008. Disponível em: [http://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod\\_data/content/14245/Bioinform%C3%A1tica%20como%20instrumento%20de%20inser%C3%A7%C3%A3o%20digital.pdf](http://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/14245/Bioinform%C3%A1tica%20como%20instrumento%20de%20inser%C3%A7%C3%A3o%20digital.pdf)

PASQUINI, N. C. **As revoluções industriais: uma abordagem conceitual**. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 8 n. 01, 2020. Disponível em: [https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235\\_Acesso](https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235_Acesso) em: 20 abr. 2021.

PAZZE, J. S.; CORTÊS, V. S. M. P.; SOUZA, O. N. **DeMOLidor - Interface multimodal para ensino de Bioinformática estrutural a pessoas que são cegas**. Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Controle e Automação1, PUCRS; Programa de Pós-Graduação em Ciência de Computação, Escola Politécnica, PUCRS, 2020.

PENEREIRO, J. C. **Algumas considerações de Galileo e respeito das teorias da semelhança Física, da resistência dos materiais e das flexões**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 2, p. 288-312, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/315132673\\_Algumas\\_consideracoes\\_de\\_Galileo\\_e\\_respeito\\_das\\_teorias\\_da\\_semelhanca\\_Fisica\\_da\\_resistencia\\_dos\\_materiais\\_e\\_das\\_flexoesDOI\\_1050072175-79412010v27n2p290](https://www.researchgate.net/publication/315132673_Algumas_consideracoes_de_Galileo_e_respeito_das_teorias_da_semelhanca_Fisica_da_resistencia_dos_materiais_e_das_flexoesDOI_1050072175-79412010v27n2p290) Acesso em: 06 abr. 2021.

PEREIRA, L. C. **Programe-se: O pensamento computacional na educação básica**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Escola de Informática Aplicada, , Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/emd/article/download/44489/pdf>

PROSDOCIMI, F. *et al.* **Bioinformática: Manual do Usuário**. Biotecnologia Ciência &

Desenvolvimento. Brasília, v. 5, n. 29, p. 12-25, 2002. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Prosdocimi/publication/254458238\\_Bioinformática\\_Manual\\_do\\_Usuario/links/0c9605383e266dbebd000000/Bioinformática-Manual-do-Usuario.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Prosdocimi/publication/254458238_Bioinformática_Manual_do_Usuario/links/0c9605383e266dbebd000000/Bioinformática-Manual-do-Usuario.pdf) Acesso em: 05 mai. 2021.

RIBEIRO JUNIOR, H. L. FERRAZ, A. S. M.; SANTOS JUNIOR, F. F. U.; CARLOS, P. S.; MACHADO, A. A. N.; MONTEIRO, I. C. C. R.; CECCATTO, V. M. Abordagem Prática de Bioinformática em Evento Acadêmico-Científico na Cidade de Fortaleza-Ce. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. v. 4, n. 1, 2011. Disponível em:  
<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/684> Acesso em: 05 abr. 2021.

RIBEIRO JUNIOR, H. L.; OLIVEIRA, R. T. G.; CECCATTO, V. M. **Bioinformática como recurso pedagógico para o curso de Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Ceará – UECE – Fortaleza, Estado do Ceará – Acta Scientiarum Education**, Maringá, 2012. Disponível em:  
<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/14584> Acesso em: 20 abr. 2021.

ROSA, R. T. N.; LORETO, E. L. S.; **Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação DNA-RNA-proteínas após o acesso ao genbank**. Investigações em Ensino de Ciências – V18(2), pp. 385-405, Santa Maria, 2013. Disponível:  
<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/138/0>

SILVA, D. B.; SILVA, R. M.; GOMES, M. L. B. **O Reflexo da Terceira Revolução Industrial na Sociedade. Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 22., 2002, Curitiba. Curitiba, Anais ABEPRO, 2002. Disponível em:  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002\\_tr82\\_0267.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr82_0267.pdf). Acesso em: 20 abr. 2021.

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. 2017. Disponível em:< <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

VOGT, C. **Bioinformática, genes e inovação**, 2003. Disponível em:  
<https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/Bioinformática/bio01.shtml> Acesso em: 23 abr. 2021.

WESTFALL, R. S. **A vida de Isaac Newton**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 2, 2001. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xtgGWwG9HRZKCLfmBvS4sPD/?lang=pt&format=pdf>  
 Acesso em: 05 abr. 2021.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. **The integrative review: Updated methodology**. Journal of Advanced Nursing, 52(5), 546-553. 2005.

WIGHTMAN, B.; HARK, A. T. **Integration of bioinformatics into an undergraduate biology curriculum and the impact on development of mathematical skills**. Biochemistry and Molecular Biology Education, v. 40, n. 5, p. 310–319, 2012. Disponível em:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22987552/> Acesso em: 15 abr. 2021.



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA  
“JOSÉ ALBANO DE MACEDO”

**Identificação do Tipo de Documento**

- Tese  
 Dissertação  
 Monografia  
 Artigo

Eu, Ronny Resley De Moura Siqueira,  
autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de  
02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar,  
gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação  
BIOINFORMÁTICA COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO BRASIL:  
DO ENSINO BÁSICO AO SUPERIOR  
de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título  
de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 06 de AGOSTO de 2021.

Ronny Resley De Moura Siqueira  
Assinatura