

O que pensam os docentes sobre o uso da bioinformática no ensino de biologia

RESUMO

Isabelle de Oliveira Moraes
iolliveira.moraes@gmail.com
0000-0002-1054-6221
Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Paula Fernandes Tavares Cezar-de-Mello
paulamello@cp2.g12.br
0000-0002-9293-9773
Colégio Pedro II, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Apontada como um recurso didático inovador para o Ensino de Biologia, a Bioinformática possibilita a interpretação de dados genômicos e proteômicos com o auxílio da computação. Esse recurso, enquanto ferramenta didática, é pouco difundido no Ensino Básico brasileiro quando comparado aos países mais desenvolvidos. Para compreender o panorama acerca do emprego da Bioinformática enquanto um recurso metodológico no Ensino de Biologia, realizamos uma pesquisa exploratória através do levantamento de dados. O *survey* consistiu na aplicação de um questionário para licenciados (N=59) e licenciandos (N=17) de Ciências Biológicas. As respostas foram analisadas de forma quantitativa e qualitativa, por meio da Análise Temática. Verificou-se que 56% dos respondentes definiram a Bioinformática satisfatoriamente; o que se correlacionou com o ano de formação dos docentes. A potencialidade da Bioinformática no Ensino Básico associou-se, na perspectiva dos docentes, à possibilidade de contextualização de temas abstratos aos estudantes nativos digitais, à divulgação da área e à possibilidade de interdisciplinaridade. Com relação às limitações quanto ao seu uso, foram apontados a falta de experiência/conhecimento dos docentes, o engessamento curricular e a carência de infraestrutura. Os resultados indicam que, apesar de reconhecerem as potencialidades da Bioinformática enquanto recurso didático, os professores não apresentam a formação adequada para a sua utilização, sendo necessária a oferta de treinamentos para este tipo de ferramenta, o que demandaria uma maior aproximação entre a universidade e a Educação Básica.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinformática. Ensino de Biologia. Formação de professores.

INTRODUÇÃO

O Ensino de Genética e Biologia Molecular apresenta um elevado nível de abstração e descontextualização com a realidade dos alunos (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2015), sendo necessário o desenvolvimento de novas metodologias e recursos didáticos para superar esta barreira. Aqui, sugerimos o uso da Bioinformática.

Apresentando seus primeiros relatos no final da década de 1960, o termo “Bioinformática” era utilizado para referir-se à combinação entre computação, tecnologia e Biologia Molecular (HAGEN, 2000), sendo definida como “o estudo de processos de informática em sistemas biológicos” (HOGEWEG, 2011, p. 1, tradução nossa). Segundo Hagen (2000), sua ascensão deve-se a três fatores: aumento exponencial na quantidade de sequências de aminoácidos; a ideia de que macromoléculas carregam a informação biológica; e, acesso de pesquisadores a computadores de alta velocidade desenvolvidos durante a II Guerra Mundial. Os atuais dados biológicos utilizados na Bioinformática derivaram, principalmente, do Projeto Genoma Humano, que agrupa esta área em três subáreas: (1) genômica, que inclui sequências de DNA; (2) proteômica, que inclui a função, forma e interação de proteínas; e, (3) sistemas biológicos, que inclui a análise do papel da interação entre proteínas e DNA na função de células, tecidos e organismos (WEFER; SHEPPARD, 2008).

Contudo, apenas recentemente – desde meados dos anos 2000 – a Bioinformática vem sendo apontada como um recurso didático inovador para o Ensino de Biologia. Isso ocorre, acredita-se, pela sua possibilidade de promover a interdisciplinaridade entre Ciências da Natureza e a Matemática, bem como propiciar a inserção no mundo digital (MARQUES *et al.*, 2014). Segundo Form e Lewitter (2011), a Bioinformática pode ser inserida no Ensino Médio, pois permite que os alunos resolvam problemas biológicos através de ferramentas que representam o século 21, de uma maneira interativa e que estimula a capacidade crítica na pesquisa. Ainda, Wood e Gebhardt (2013) discutem que o acesso a bancos de dados de Bioinformática oferece oportunidades no Ensino de Biologia para uma aproximação da pesquisa científica com o Ensino Básico.

Desde então, alguns trabalhos vêm sendo publicados descrevendo a experiência de professores com a introdução da Bioinformática no Ensino Médio. Entre os temas abordados, encontramos: propostas didáticas com o objetivo de avaliar diferentes tipos de mutação e suas consequências para o funcionamento celular (AMENKHIENAN; SMITH, 2006; CEZAR-DE-MELLO, 2017), a busca de genes específicos (HACISALIHOGU *et al.*, 2008; CEZAR-DE-MELLO, 2017) e a análise das características das proteínas com base no ensino de Bioquímica e Evolução (TENÓRIO, 2014), utilizando ferramentas como BLAST (do inglês, *Basic Local Alignment Search Tool*), NCBI (*National Center for Biotechnology Information*), PDB (*Protein Data Bank*), Clustal e Omega.

No Brasil, atualmente, os cursos de extensão universitária representam uma das formas mais comuns de difundir a Bioinformática. Contudo, ela não é uma ferramenta exclusiva da universidade, podendo ser utilizada com um intuito pedagógico no Ensino Básico (FREIRE *et al.*, 2018), apesar da escassez de trabalhos brasileiros publicados na área. Um deles é o trabalho de Rosa e Loreto (2013) que realizaram uma atividade com um grupo de alunos do 2º ano do Ensino Médio

sobre Síntese de Proteínas através do acesso ao GenBank, o que, segundo os autores, permitiu um avanço significativo das relações conceituais do conteúdo.

Analisando este panorama e os potenciais benefícios da Bioinformática no Ensino Básico, tais como aproximação dos conteúdos ao aluno, diminuição da abstração e acesso a plataformas digitais, questiona-se os motivos pelos quais a Bioinformática ainda é um recurso pouco difundido e estudado no Ensino de Ciências e Biologia no Brasil. Neste sentido, nossa pesquisa propõe-se a responder esses questionamentos através de um estudo exploratório acerca da percepção de licenciados formados (docentes) e em formação (licenciandos) em Ciências Biológicas.

PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

No âmbito desta pesquisa, buscou-se compreender a percepção de docentes e licenciandos sobre o uso da Bioinformática enquanto recurso pedagógico para o Ensino de Biologia. Com este objetivo, adotamos uma pesquisa exploratória (GIL, 2008), a partir de um *survey*, tendo como instrumento de coleta de dados um questionário autoaplicado (GIL, 2008), descritivo (PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993) e em corte transversal (SAMPLIERI, 1991).

O questionário foi elaborado na ferramenta Formulário Google e contou com perguntas semiestruturadas (GIL, 2008) distribuídas em três seções: (1) perfil do entrevistado, em que buscou-se identificar a formação dos respondentes; (2) compreensão sobre Bioinformática, que teve o objetivo de identificar a compreensão prévia dos respondentes acerca da definição de Bioinformática, suas ferramentas e sua aplicação enquanto recurso didático para o Ensino Básico; e, (3) atualização, em que procurou-se identificar o interesse dos respondentes em realizar cursos de capacitação para a utilização da Bioinformática como recurso didático.

Visando assegurar a validade e precisão do questionário antes de sua divulgação, foi realizado um pré-teste através de amostragem não probabilística por conveniência (MAROTTI *et al.*, 2008; GIL, 2008). O grupo de respondentes contou com dezesseis professores de Ciências e Biologia que foram solicitados a avaliar o questionário e pontuar as perguntas de acordo com: (1) clareza e precisão de termos, (2) forma das questões, (3) ordem das questões e (4) introdução do questionário. Além disso, buscou-se evidenciar possíveis falhas no questionário, tais como complexidade, exaustão e constrangimento (GIL, 2008). O pré-teste não resultou em mudanças significativas para o questionário. Assim, após sua validação, o formulário foi divulgado através de redes sociais – Facebook e Instagram – e por e-mail, permanecendo disponível por dois meses (entre maio e junho de 2019).

As respostas às perguntas abertas foram analisadas qualitativamente, de acordo com os pressupostos da Análise Temática propostos por Fontoura (2011), que consiste na classificação das respostas em unidades de significado (US) e unidades de contexto (UC). As UC são classificadas como trechos longos que representam determinado grupo, enquanto as US são palavras e expressões curtas que definem a essência do grupo (FONTOURA, 2011). As US foram definidas pela pesquisadora, de acordo com o padrão de respostas. As respostas mais representativas de cada US foram utilizadas como exemplo para a UC. Desta

maneira, todas as respostas foram organizadas segundo o Quadro 1, seguido de uma resposta representativa para cada UC identificada. Os respondentes tiveram seus nomes codificados com a letra “R” seguida por um número (exemplo: R1).

Quadro 1 – Padrão da Análise Temática

Identificação	Unidade de Significado	N
Identificação numérica da US	Ideia principal da resposta	Número de respondentes

Fonte: Autoras (2020).

A pesquisa obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Colégio Pedro II, sob CAAE 09699419.0.0000.9047. Todos os participantes, incluindo os respondentes do pré-teste e os respondentes do questionário validado, aceitaram fazer parte da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concepções prévias sobre bioinformática

Hogeweg (2011) e Hagen (1998) relatam que a Bioinformática iniciou sua difusão entre pesquisadores no final da década de 1960, sendo o termo cunhado apenas na década de 1970. Segundo esses autores, a Bioinformática é entendida como o uso de ferramentas de computação e informática para a análise de dados biológicos. Atualmente, a Bioinformática pode ser compreendida de acordo com suas vertentes: a genômica, a proteômica e os sistemas biológicos, podendo envolver o uso de bancos de dados online (WEFER; SHEPPARD, 2008). Neste estudo, nos limitamos a explorar a Bioinformática, enquanto recurso pedagógico, a partir da perspectiva da utilização dos bancos de dados e demais ferramentas online de acesso público.

Em linhas gerais, esse estudo buscou compreender o conhecimento, a relação e o grau de envolvimento dos docentes com a área de Bioinformática. Nosso estudo contou com sessenta e nove pessoas, entre licenciandos (N=17) e licenciados (N=59) que lecionam Ciências ou Biologia na rede pública estadual (N=11), municipal (N=10), rede privada (N=20) ou que ainda não lecionam (N=34). A maioria se formou entre 2010 e 2019 (N=30) e a minoria entre 1990 e 2000 (N=4).

Julgamos necessário investigar quais as concepções prévias acerca da definição sobre Bioinformática. Os respondentes definiram a Bioinformática de três formas (Quadro 2).

Quadro 2 – Definições de Bioinformática

Identificação	Unidade de Significado	N
US1	Processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia	39
US2	Fusão entre ciências e informática	14
US3	Utilização de informática no Ensino de Biologia	12
US4	Não sei	5

Fonte: Autoras (2020).

A maioria definiu a Bioinformática de maneira correta como o “processamento de informação de sistemas biológicos, com o auxílio da tecnologia”:

R68 - Na minha visão, a Bioinformática seria o campo de conhecimento que abrange quaisquer técnicas de processamento de informação relacionada a sistemas biológicos obtidas com auxílio de ferramentas da informática e da computação. (...)

Um grupo de respondentes definiu a Bioinformática de maneira parcialmente correta, utilizando apenas a etimologia da palavra, como uma fusão entre biologia e informática:

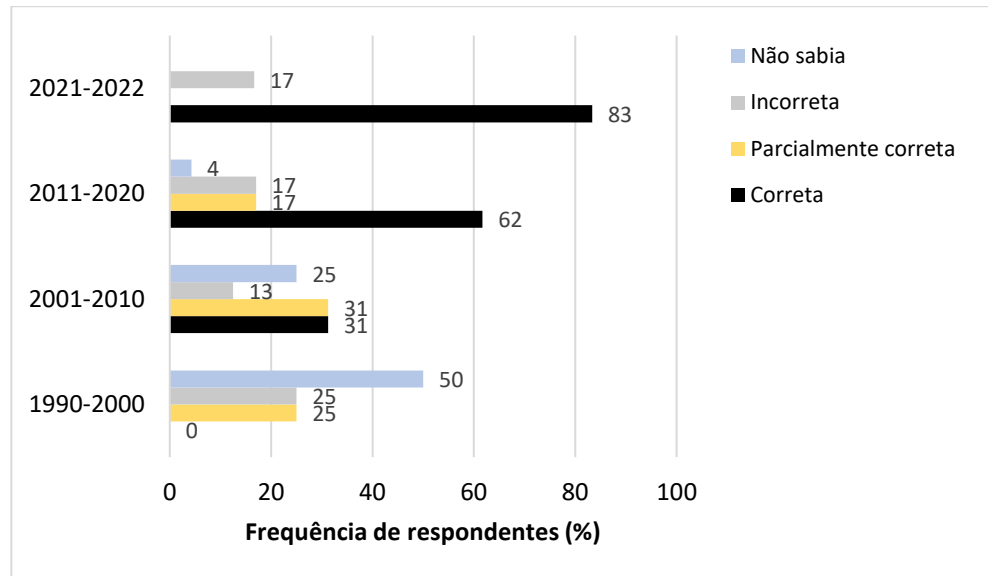
R31 - Híbrido entre Biologia e informática. Usa tecnologia para aplicar Ciência.

Curiosamente, um terceiro grupo de respondentes definiu a Bioinformática de maneira incorreta, como a utilização da informática no Ensino de Biologia:

R66 - Utilização da tecnologia de informática para fins didáticos. Criação de ferramentas que contribua para o aprimoramento do ensino dos conteúdos de biologia em digital como ilustração em 3D e etc.

Ao correlacionar a definição de Bioinformática com o ano de formação dos respondentes, verificou-se uma tendência: quanto mais antiga foi sua formação, mais insatisfatória foi a definição de Bioinformática dos entrevistados. Observou-se que nenhum respondente formado entre 1990 e 2000 (N=4) definiu a Bioinformática corretamente. Entre os formados entre 2001 e 2010 (N=16), 31% definiram corretamente, 31% parcialmente, 13% incorretamente e 25% não souberam definir. Entre os formados no período de 2011 a 2020 (N=47), 62% definiram corretamente, 17% parcialmente, 17% incorretamente e 4% não souberam definir. Entre os respondentes com expectativa de formatura a partir de 2021 até 2022 (N=6), 83% definiram corretamente e 17% incorretamente (Figura 1).

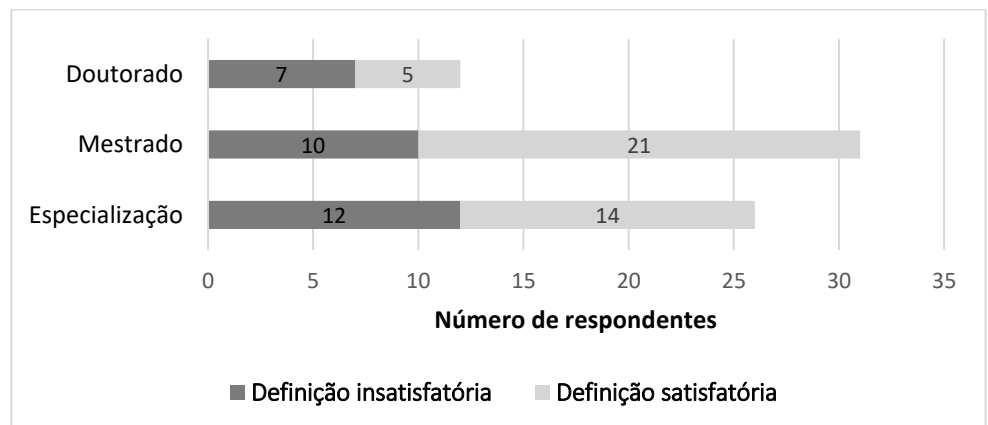
Figura 1 – Relação entre a definição de Bioinformática com o ano de formação dos respondentes



Fonte: Autoras (2020).

A respeito dos respondentes que definiram a Bioinformática insatisfatoriamente (N=31; Quadro 2: US2 – US4), observou-se que, entre aqueles que possuem pós-graduação, a maioria está cursando ou finalizou a especialização ou o mestrado. Já entre os respondentes que definiram a Bioinformática satisfatoriamente (N=39), entre aqueles que possuem pós-graduação (N=25), a maioria está cursando ou finalizou o mestrado (Figura 2).

Figura 2 – Formação continuada dos respondentes que definiram a Bioinformática satisfatória e insatisfatoriamente



Fonte: Autoras (2020).

Estes resultados sugerem que o grau da formação acadêmica dos professores não está diretamente relacionada ao conhecimento acerca da Bioinformática, o que sustenta a observação de que o período de graduação dos respondentes pode ser o fator mais relevante. A maioria dos respondentes com grau de Doutor que responderam insatisfatoriamente graduaram-se no período de 2001 – 2010. Nesse contexto, é importante destacar que o primeiro relato de uso da Bioinformática enquanto ferramenta de pesquisa no Brasil ocorreu em 1999, através do

sequenciamento da bactéria *Xylella fastidiosa*, financiado pelo Projeto Genoma da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e coordenado pelos pesquisadores João Meidanis e João Setúbal (CASTRO, 2009). Assim, propõem-se que a introdução tardia da Bioinformática no Brasil pode refletir nos dados apontados, já que durante o período de formação acadêmica de uma parcela dos entrevistados a Bioinformática não era uma ferramenta majoritariamente disseminada.

Ainda, observou-se a presença de um grupo de respondentes com formação continuada que não definiu a Bioinformática de maneira satisfatória. É interessante ressaltar que, entre os programas de pós-graduação *stricto sensu* pertencentes às quatro áreas de avaliação das Ciências Biológicas pela CAPES (Biodiversidade, Ciências Biológicas I, Ciências Biológicas II e Ciências Biológicas III), a informática é uma disciplina majoritariamente inserida em programas específicos em Biologia Molecular, Genética e Bioinformática (MEDEIROS; LETA, 2020). Isto sugere que a formação continuada destes professores não oportunizou acesso à Bioinformática, seja por não ser em uma área correlata a sua formação ou por ter sido realizada em período no qual esta ferramenta não estava difundida entre os pesquisadores.

A bioinformática na formação dos respondentes

Deste ponto em diante, exploramos a relação entre a Bioinformática e a formação acadêmica dos entrevistados, bem como a percepção dos docentes a respeito da inserção da Bioinformática no Ensino de Biologia. Assim, optamos por fazer um recorte amostral e analisar apenas as respostas do grupo que conceituou Bioinformática satisfatoriamente. Desta maneira, apesar do instrumento de coleta de dados do presente estudo ter alcançado 76 respondentes, somente 39 foram selecionados para a avaliação de suas respostas quanto ao uso da Bioinformática na sala de aula (Quadro 2: US1). Preocupou-nos retirar da análise aqueles respondentes que não conceituaram a Bioinformática satisfatoriamente pois inferimos que suas concepções equivocadas refletiriam respostas menos informativas. Não obstante, a exclusão de 31 respondentes (44%), *per se*, aponta para uma explícita defasagem do conhecimento sobre o tema.

Quando questionados sobre a presença da Bioinformática durante sua formação acadêmica, quinze respondentes relataram a falta de contato com a Bioinformática durante a sua formação (Quadro 3).

Quadro 3 – Contato com a Bioinformática ao longo da formação

Identificação	Unidade de Significado	N
US1	Não	15
US2	Sim, durante a pós-graduação ou graduação	16
US3	Sim, em cursos complementares ou ao longo do desenvolvimento da pesquisa (Iniciação Científica, Mestrado ou Doutorado)	7
US4	Não especificou	1

Fonte: Autoras (2020).

Dentre os que não tiveram contato com a ferramenta (N=15; Quadro 3: US1), observou-se que alguns respondentes citaram que utilizaram ferramentas que não são Bioinformática:

R5 - Sim. Na pós graduação tivemos uma disciplina que envolvia assuntos como criação de modelo 3D para alunos, criação de aplicativos, etc.

Dentre os que tiveram contato (N=24; Quadro 3: US2-3), a maioria indicou que conheceu a Bioinformática ao longo da graduação ou pós-graduação (N=16; Quadro 3: US2):

R48 - Durante o bacharelado na UEZO, cursei uma disciplina de Bioinformática com abordagem teórica e prática.

R6 - Tenho mestrado pelo programa de Biologia Computacional e Sistemas e estou fazendo doutorado no mesmo programa. No meu mestrado trabalhei com análise de transcriptoma e no doutorado farei metagenoma também.

Ainda, sete respondentes descreveram o contato com a ferramenta durante cursos complementares ou ao longo do desenvolvimento de pesquisa (Quadro 3: US3)

R33 – (...) Utilizávamos programas específicos para "ler" sequências genômicas, para buscar sequências específicas dentro daquele genoma e também para desenhar primers (...), também utilizávamos um banco de dados para comparar a sequência gênica que encontramos com o genoma de outras espécies de seres vivos (...).

É expressivo o número de respondentes que indicou ter contato com a Bioinformática ao longo da pós-graduação, disciplinas eletivas ou cursos complementares. Este dado indica a relevância da formação continuada para a atualização docente. A respeito da formação inicial dos professores, Mello (2000) indica que a ruptura entre a aquisição de conhecimentos específicos e a constituição de competências para o ensino dificulta a mudança na prática pedagógica. Nesta perspectiva, acredita-se que as mudanças na estrutura do ensino dependem da reflexão acerca da prática pedagógica, que atua como “mola mestra para analisar e avaliar ações educativas postas em uso, o que os leva à construção de novas perspectivas e novas reflexões” (PINHEIRO *et al.*, 2015, p. 2).

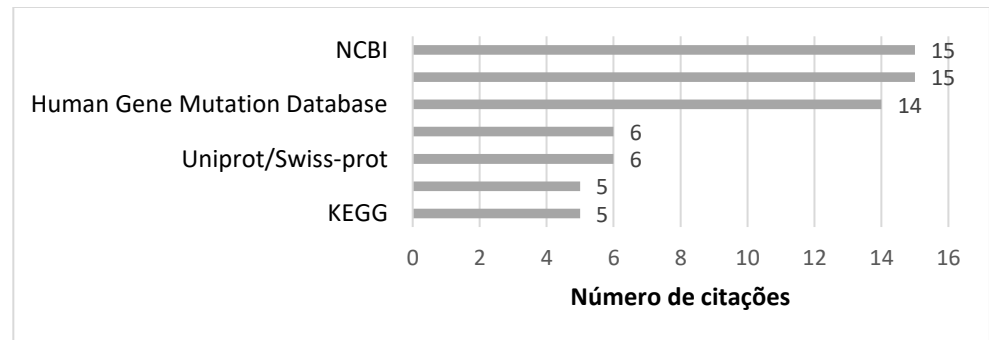
Em uma sociedade de constantes evoluções tecnológicas, é necessário que o docente seja capaz de incorporar ferramentas tecnológicas durante o processo de ensino e aprendizagem. Em pesquisa realizada por Pinheiro e colaboradores (2015) acerca da relevância da prática reflexiva, 76% dos professores entrevistados acreditam que a aprendizagem dos alunos é influenciada pela formação continuada dos professores. Neste sentido, acredita-se que a inserção da tecnologia em sala de aula e a formação continuada docente sejam fatores relevantes para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. A Bioinformática, enquanto recurso didático, apresenta potencial para inserir a tecnologia no ensino de Biologia, promover a atualização docente através da formação continuada e expandir a visão dos estudantes acerca da área.

Questionamos os entrevistados a respeito das ferramentas de Bioinformática mais conhecidas por eles. Treze respondentes afirmaram não conhecer nenhuma ferramenta de Bioinformática entre as listadas no questionário aplicado. Neste

grupo, oito não tiveram contato com a Bioinformática ao longo de sua formação e cinco disseram ter contato ao longo da graduação ou pós-graduação.

Aqueles que conhecem (N=26) indicaram, em maioria: BLAST, *Human Gene Mutation Database (HGMD)* e NCBI (Figura 3).

Figura 3 – Ferramentas de Bioinformática mais conhecidas pelos respondentes



Fonte: Autoras (2020).

O BLAST tem a função de encontrar regiões de similaridade entre sequências biológicas (nucleotídicas ou de proteínas). Com o HGMD é possível pesquisar um banco de dados com informações de genes associados a doenças humanas. O NCBI é um consórcio que engloba bases de dados com informações à nível molecular de diversos organismos.

NCBI e BLAST são, coincidentemente, os bancos mais utilizados como ferramenta de ensino-aprendizagem, tanto no nível superior quanto na Educação Básica (MORAES; CEZAR-DE-MELLO, 2020). O uso destes bancos de dados para o ensino de conteúdos com alto nível de abstração para os alunos pode ser uma potencial ferramenta para a contextualização dos mesmos, possibilitando a valorização da “pedagogia da interação”, em que o aluno tem papel ativo na construção do conhecimento (GEMIGNANI, 2012). Nessa perspectiva, são oferecidas condições para o aluno “aprender fazendo” e, nela, a Bioinformática é capaz de promover a possibilidade de utilizar ideias, conceitos e competências integradas na resolução de um problema científico relevante (MACHLUF; YARDEN, 2013).

A bioinformática na educação básica

Entre os respondentes que demonstraram conhecer a Bioinformática, oito não souberam identificar a sua relevância para o Ensino Básico. Aqueles que a descreveram, indicaram que ela está associada à divulgação da área e/ou à diminuição do nível de abstração do conteúdo (Quadro 4).

Quadro 4 – A relevância da Bioinformática no Ensino Básico

Identificação	Unidade de Significado	N
US1	Divulgação da área, ampliando o olhar sobre a biologia	11
US2	Tornar o conteúdo menos abstrato e mais contextualizado, através da tecnologia e/ou interdisciplinaridade	21
US3	Não soube responder	8

Fonte: Autoras (2020).

O grupo que citou a relevância da Bioinformática como sua divulgação enquanto área de conhecimento e atuação, destaca que:

R61: Garantir o acesso e visibilidade da área para garantir interesse dos alunos e conseqüentemente desenvolvimento de novas ferramentas utilizáveis.

A correlação da ferramenta com a divulgação desta área corrobora achados de Kovarik e colaboradores (2013). Para avaliar a influência da utilização da Bioinformática como recurso didático na divulgação de áreas STEM, Kovarik e colaboradores (2013) realizaram um curso com professores do Ensino Médio e alunos interessados no desenvolvimento da Ciência. O curso, denominado BIOTEST, foi dividido em duas unidades: “*Using Bioinformatics: Genetic Testing*”, que utiliza a Bioinformática para ensinar conceitos básicos de Genética e Biologia Molecular e, “*Using Bioinformatics: Genetic Research*”, que utiliza a Bioinformática para o ensino de Evolução. Na atividade, além de serem utilizados os bancos de dados – NCBI, BLAST, Cn3D, BOLD e ORF *Finder* –, foram discutidas as implicações tecnológicas e sociais da Bioinformática. Ao final da atividade, os autores concluíram que os alunos do Ensino Médio passaram a conhecer mais carreiras que envolvem Ciência, Matemática, Tecnologia e Engenharia, e os professores do Ensino Médio sentiram-se mais capacitados em trazer o mesmo tipo de abordagem para a sala de aula.

Outro grupo (Quadro 4; US2) destacou a capacidade deste recurso tornar a abordagem do conteúdo menos abstrata e mais contextualizada, devido à aproximação dos alunos nativos-digitais através do uso do computador e interdisciplinaridade:

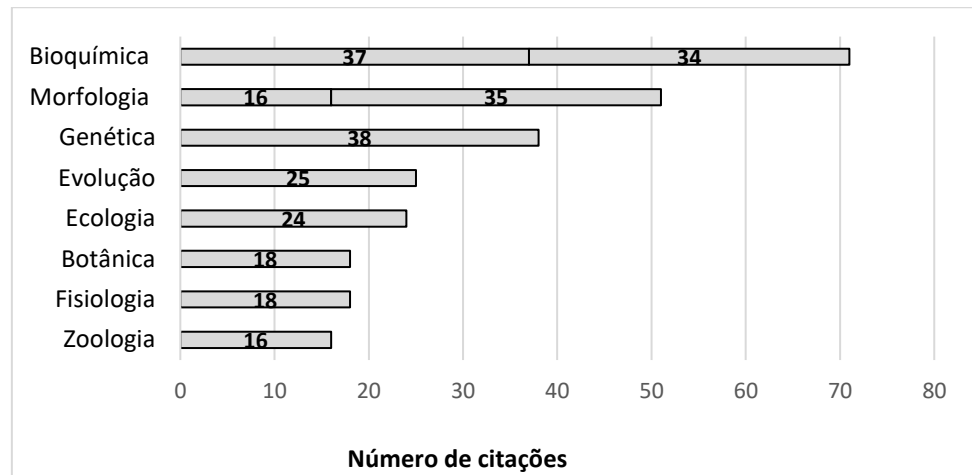
R3: Acredito que seja uma forma de atrair o discente, fazer com que ele tenha um interesse maior pelo assunto abordado.

A diminuição da abstração de conceitos que envolvem a Biologia Molecular através da Bioinformática é descrita por Rosa (2011), que realizou uma atividade com alunos do 2º ano do Ensino Médio em que utilizou o acesso ao GenBank como recurso didático para o ensino de Biologia Molecular. Na atividade, os alunos seguiram um roteiro para acesso a bancos de dados como o OMIM, NCBI Gene, Gene Info, NCBI Ref Seq e Uniprot. Os seus resultados indicaram que os alunos melhoraram a compreensão sobre síntese de proteínas, além de os mesmos perceberem que a atividade contextualizou o conteúdo com uma ferramenta frequentemente utilizada por pesquisadores.

Majoritariamente, trinta e dois respondentes indicam que a Bioinformática pode ser utilizada como ferramenta para o ensino de Ciências e Biologia, podendo

atuar como recurso didático para o Ensino de Biologia Celular, Biologia Molecular, Bioquímica e Genética no Ensino Básico (Figura 4), áreas que são mais abstratas, o que requer um esforço maior dos alunos para a compreensão e dos professores para a utilização de diferentes estratégias didáticas. Curiosamente, observa-se que a Bioinformática, enquanto ferramenta didática no Ensino Básico, tem sido descrita para essas três áreas (AMENKHIENAN; SMITH, 2006; HACISALIHOGU et al., 2008; TENÓRIO, 2014; CEZAR-DE-MELLO, 2017; MORAES; CEZAR-DE-MELLO, 2020).

Figura 4 – Conteúdos que poderiam ser ensinados com a Bioinformática

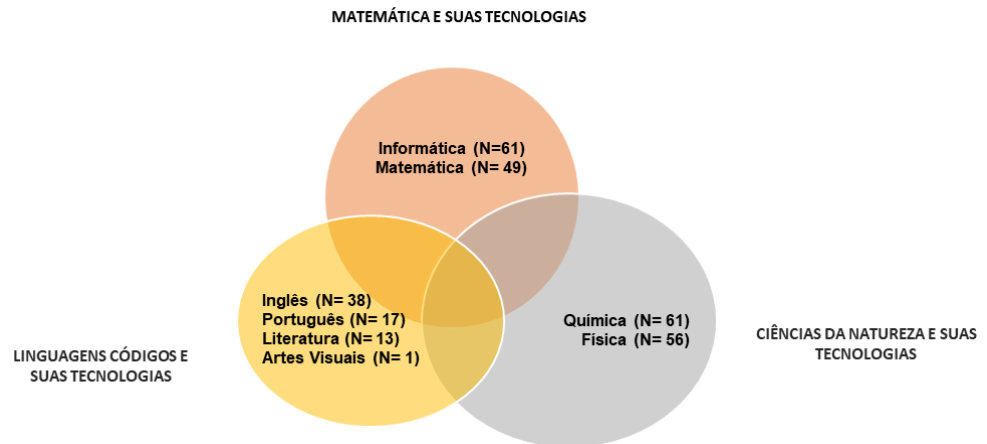


Fonte: Autoras (2020).

Conteúdos organizados por Área de Conhecimento das Ciências Biológicas (CNPq). As áreas de Bioquímica e Morfologia compreendem, respectivamente, Biologia Molecular (N= 37) e Bioquímica (N=34); e Anatomia (N= 16) e Biologia Celular (N= 35).

Ainda, segundo a maioria dos respondentes, a Bioinformática no Ensino Básico pode viabilizar a interdisciplinaridade da Biologia com as disciplinas de Física, Informática, Matemática e Química. Portanto, observou-se a percepção de que há uma facilidade de propor atividades interdisciplinares entre as áreas de conhecimento de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e a disciplina Inglês (Linguagens, Códigos e suas Tecnologias) (Figura 5).

Figura 5 – Interdisciplinaridade que pode ser possibilitada pela Bioinformática



Fonte: Autoras (2020).

Segundo os respondentes, disciplinas que permitem interdisciplinaridade com o ensino de Biologia através da Bioinformática, organizadas de acordo com as Áreas de Conhecimento da Base Nacional Comum Curricular.

Práticas interdisciplinares normalmente enfrentam algumas dificuldades, como: carga de trabalho excessiva, remuneração baixa, número elevado de alunos em sala de aula, falta de infraestrutura, engessamento do currículo escolar e dificuldade em trabalhar em grupo (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007). Refletindo sobre os dados aqui apresentados, ainda sugerimos uma outra dificuldade para este uso interdisciplinar: a necessidade de treinamento dos docentes na Bioinformática.

Os dados obtidos indicam que uma das maiores limitações para a implementação da Bioinformática no Ensino Básico é a formação de professores deficitária (N=18):

R19: Principalmente, o domínio das técnicas que são bastante específicas.

Silva e Rocha (2019) defendem que a falta de domínio e consciência do impacto das novas tecnologias disponíveis leva o professor a desenvolver uma prática que não condiz com a realidade. Nesse sentido, o treinamento docente para a utilização da Bioinformática em sala de aula relaciona-se ao conceito de *práxis* pedagógica, entendida como “a realização de uma atividade ou trabalho na perspectiva de adquirir certa habilidade” (SILVA; ROCHA, 2019, p. 125) e depende do envolvimento tanto docente quanto do discente. Experiências positivas com o uso da Bioinformática como recurso didático no Ensino Médio relatam a necessidade de treinamento de professores (MARQUES *et al.*, 2014; MACHLUF; YARDEN, 2013). O desenvolvimento do projeto “Bioinformática na Escola”, em Portugal, iniciou-se em 2007 e originou uma plataforma online com diversos projetos a serem realizados pelos alunos (MARQUES *et al.*, 2014). Para isso, Marques e colaboradores (2014) descrevem a necessidade de um treinamento de professores, já que a maioria deles não apresentava conhecimento sobre Bioinformática. Neste treinamento, que tem carga horária de 25 horas, os professores tinham o auxílio de bioinformatas para realizar as mesmas atividades que seus alunos fariam e para entender conceitos básicos de Bioinformática e o que estava por trás de cada atividade do programa, indicando uma aproximação entre a universidade e a educação básica. Em Israel, o desenvolvimento de um projeto similar investiu na atualização de professores do Ensino Básico com cursos

de treinamento em Bioinformática com carga horária de 56 horas e workshops para aprendizagem e desenvolvimento de materiais com carga horária de 28 horas (MACHLUF; YARDEN, 2013).

Nesse contexto, podemos observar que um outro ator pode contribuir para a implementação da Bioinformática no ensino básico: a universidade. Como discutido por Scheid e colaboradores (2009), o distanciamento entre a universidade e o ensino básico é um dos fatores cruciais para a formação deficitária dos docentes. Acredita-se que o intercâmbio de conhecimento entre profissionais do ensino básico e acadêmicos permitiria a atualização docente e, como consequência, a aplicação de ferramentas utilizadas no âmbito acadêmico na prática em sala de aula. Como exemplo, um projeto desenvolvido na rede estadual de ensino do Rio Grande do Sul apontou a importância da presença de um acadêmico na rotina escolar para atuar como assessor didático-científico no desenvolvimento de aulas práticas e saídas de campo no ensino básico. Experiência que motivou os professores a utilizarem novas técnicas e modalidades didáticas (SCHEID *et al.*, 2009).

Mesmo com formação e treinamento adequados, os professores enfrentariam uma outra dificuldade para a implantação da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico: o engessamento curricular e a falta de infraestrutura, que foi o fator limitante mais citado pelos respondentes para a Bioinformática no Ensino de Biologia (N=32).

R23: Principalmente falta de recursos na rede pública, desinteresse tanto por parte da escola, quando de alguns professores.

Para uma atividade de sucesso, é necessário que a instituição tenha acesso a computadores, internet e, dependendo do nível da abordagem, diferentes linguagens de programação (MACHLUF; YARDEN, 2013). Esta falta de infraestrutura é uma realidade brasileira e um importante limitante para a aproximação com os alunos “nativos digitais”, que nasceram e cresceram com computadores e internet e tem demonstrado interesse pelo acesso a jogos online e programação.

Mesmo frente às dificuldades, 89% dos respondentes indicaram fazer uso de tecnologias ou mídias digitais em sala de aula, como *datashow*, aplicativos que facilitam o aprendizado, redes sociais e vídeos. Tendo em vista que os bancos de dados mais conhecidos pelos respondentes como o NCBI e BLAST estão disponíveis *online* e podem ser acessados pelos smartphones, infere-se que essa não seria uma barreira para a aplicação básica da Bioinformática em sala de aula, mediante o treinamento dos docentes. Nesse sentido, a elaboração e aplicação de práticas pedagógicas em sala de aula e o relato de experiências com o uso da Bioinformática no ensino Básico são interessantes para a disseminação do uso desta ferramenta em diferentes realidades brasileiras.

Refletindo sobre as dificuldades dos professores em implementar atividades com Bioinformática em sala de aula, Form e Lewitter (2011) sugeriram dez diretrizes de cunho pedagógico para a elaboração de uma atividade eficaz no desenvolvimento de habilidades cognitivas do público-alvo. Segundo os autores, a reflexão sobre essas diretrizes, conjuntamente com a identificação do público-alvo, da presença de infraestrutura de acesso e da formação dos professores possibilitariam a construção de atividades adequadas para os estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da utilização da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico Regular não incluiu, a princípio, o desenvolvimento de habilidades de programação nos alunos, apesar de ser um elemento essencial em pesquisadores bioinformatas e mais acessível para a aplicação no Ensino Médio Técnico. A perspectiva da presente pesquisa se baseou em duas premissas: a Bioinformática em sala de aula (1) democratiza o acesso ao conhecimento desenvolvido por pesquisadores através da utilização de bancos de dados que estão disponíveis em domínio público e (2) possibilita o desenvolvimento de habilidades cognitivas através de buscas em bancos de dados online e a diminuição do nível de abstração de alguns conteúdos, como enumerados pelos respondentes, como Biologia Celular, Biologia Molecular, Bioquímica e Genética.

Os resultados permitiram a inferência de vantagens e limitações quanto ao uso da Bioinformática enquanto recurso didático no Ensino Básico. Dentre as vantagens, foram encontradas a possibilidade de contextualização de temas abstratos, divulgação da área de pesquisa, aproximação do ensino aos nativos digitais e uso da interdisciplinaridade. Já quanto às limitações, reitera-se a falta de conhecimento dos docentes na área – que esteve representado nas definições não satisfatórias de Bioinformática dos respondentes –, ao engessamento curricular e à falta de infraestrutura.

Conclui-se que, apesar de reconhecerem as potencialidades da Bioinformática enquanto recurso didático, os professores não apresentam a formação adequada e/ou a segurança para a sua utilização, sendo necessário um treinamento para este tipo de ferramenta. Nessa perspectiva, apontamos para a existência de um nicho vazio no que concerne à formação continuada de professores na área de Bioinformática. Seria desejável e relevante a oferta de mais cursos de extensão com essa finalidade, aproximando Universidade e Educação Básica, e ampliando o leque de possibilidades pedagógicas dos docentes de Ciências e Biologia.

WHAT PROFESSORS THINK ABOUT THE USE OF BIOINFORMATICS IN BIOLOGY TEACHING

ABSTRACT

Pointed as an innovative didactic resource for Biology Teaching, Bioinformatics enables the interpretation of genomic and proteomic data with the aid of computing. This resource, as a didactic tool, is little widespread in Brazilian Basic Education when compared to the most developed countries. To understand the panorama about the use of Bioinformatics as a methodological resource in Biology Teaching, we carried out an exploratory research through data collection. The survey consisted of the application of a questionnaire for graduated (N=59) and undergraduates (N=17) of Biological Sciences. The answers were analyzed quantitatively and qualitatively through Thematic Analysis. It was found that 56% of respondents defined Bioinformatics satisfactorily; which was correlated with the year of training of teachers. The potential of Bioinformatics in Basic Education was associated, from the perspective of teachers, with the possibility of contextualizing abstract themes to digital native students, the dissemination of the area and the possibility of interdisciplinarity. Regarding the limitations regarding its use, the lack of experience/knowledge of the professors, the curricular plastering and the lack of infrastructure were pointed out. The results indicate that, despite recognizing the potential of Bioinformatics as a didactic resource, teachers do not have adequate training for its use, and it is necessary to offer them training for this type of tool, which would demand a closer relationship between the university and Basic Education.

KEYWORDS: Bioinformatics. Biology Teaching. Teacher training.

AGRADECIMENTOS

Aos participantes da pesquisa e aos docentes e discentes do programa de Especialização em Ensino de Ciências e Biologia do Colégio Pedro II.

REFERÊNCIAS

AMENKHIENAN, E.; SMITH, E. A web-based genetic polymorphism learning approach for high school students and science teachers. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 34, p. 30-33, 2006. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bmb.2006.49403401030>. Acesso em: 28 fev. 2021.

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p.139-154, 2007. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/481>. Acesso em: 28 fev. 2021.

CASTRO, F. Uma década de bioinformática. **Agência FAPESP**, São Paulo, 9 abr. de 2009. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/uma-decada-de-bioinformatica/10344/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CEZAR-DE-MELLO, P. F. T. O uso da Bioinformática como metodologia ativa no Ensino de Genética Molecular. In: **IV Jornada Pedagógica de Ensino de Ciências e Biologia do Colégio Pedro II**, 2017, Rio de Janeiro, RJ. Anais (online). Rio de Janeiro: Colégio Pedro II, 2017. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1rgGI5gJ7gGPvKSGRbOj4RZwQmduz3KBa/view>. Acesso em: 02 dez. 2019.

FONTOURA, H. A. Tematização como proposta de análise de dados na pesquisa qualitativa. **Niterói: Intertexto**, p. 61-82, 2011.

FORM, D.; LEWITTER, F. Ten simple rules for teaching bioinformatics at the high school level. **Plos Computational Biology**, v. 7, n. 10, p 1-2, 2011. Disponível em: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1002243>. Acesso em: 28 fev. 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**, v. 15, n. 4, p. 1442-1455, 2018. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/934>. Acesso em: 28 fev. 2021.

GEMIGNANI, E. Y. M. Formação de professores e metodologias ativas de ensino-aprendizagem: ensinar para a compreensão. **Revista Fronteira das Educação**, v. 1, n. 2, p. 1-27, 2012. Disponível em: <https://www.uniavan.edu.br/uploads/arquivo/K2t3kZ.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed., São Paulo: Atlas, 2008.

HACISALIHOGU, G. *et al.* An Innovative Plant Genomics and Gene Annotation Program for High School, Community College, and University Faculty. **CBE Life Sci Educ**, v. 7, p. 310–316, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.07-08-0061>. Acesso em: 28 fev. 2021.

HAGEN, J. The origins of bioinformatics. **Nature Reviews Genetics**, v. 1, p. 231–236, 2000. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35042090#:~:text=Bioinformatics%20is%20often%20described%20as,accumulating%20data%20from%20protein%20biochemistry>. Acesso em: 28 fev. 2021.

HOGEWEG, P. The roots of bioinformatics in theoretical biology. **PLoS computational biology**, v. 7, n. 3, p. 1-5, 2011. Disponível em: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1002021>. Acesso em: 28 fev. 2021.

KOVARIK, D. *et al.* Bioinformatics Education in High School: Implications for Promoting Science, Technology, Engineering, and Mathematics Careers. **CBE Life Sciences Education**, v.12, p. 441–459, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0193>. Acesso em: 28 fev. 2021.

LEAL, C. A.; RÔÇAS, G.; BARBOSA, J. V. A genética na educação básica. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. São Paulo, 2015, p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm>. Acesso em: 28 fev. 2021.

MACHLUF, Y.; YARDEN, A. Integrating bioinformatics into senior high school: design principles and implications. **Briefings in Bioinformatics**, v. 14, n. 5, p. 648-660, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/bib/article/14/5/648/218781>. Acesso em: 28 fev. 2021.

MAROTTI, J. *et al.* Amostragem em pesquisa clínica: tamanho da amostra. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, v. 20, n. 2, p. 186-194, 2008. Disponível em:

[http://arquivos.cruzeirodosuleducacional.edu.br/principal/old/revista_odontologia/pdf/maio_agosto_2008/Unicid_20\(2_12\)_2008.pdf](http://arquivos.cruzeirodosuleducacional.edu.br/principal/old/revista_odontologia/pdf/maio_agosto_2008/Unicid_20(2_12)_2008.pdf). Acesso em: 28 fev. 2021.

MORAES, I. O.; CEZAR-DE-MELLO, P. F. T. A situação da Bioinformática no Brasil: um estudo preliminar. In: **VI Jornada Pedagógica de Ensino de Ciências e Biologia do Colégio Pedro II**, 2019, Rio de Janeiro, RJ. Anais (online). Rio de Janeiro: Colégio Pedro II, 2019.

MARQUES, I. *et al.* Bioinformatics Projects Supporting Life-Sciences Learning in High Schools. **Plos Computational Biology**, v. 10, n. 1, p. 2-6, 2014. Disponível em: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1003404>. Acesso em: 28 fev. 2021.

MEDEIROS, L. C.; LETA, J. Formação de mestres e doutores no Brasil: uma análise do currículo das pós-graduações em Ciências Biológicas. **Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 25, n. 2, p. 375-394, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-40772020000200375&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 14 mai. 2021.

MELLO, G. N. Formação Inicial de Professores para a Educação Básica: uma (re)visão radical. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 98-110, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392000000100012&script=sci_abstract. Acesso em: 17 mai. 2021.

PINHEIRO, A. B. M. *et al.* Formação pedagógica de professores da educação profissional e tecnológica numa instituição Brasileira. **Revista de Estudios e Investigacion en Psicología y Educación**, v. extra, n. 6, p. 116-120, 2015. Disponível em: <https://revistas.udc.es/index.php/reipe/article/view/reipe.2015.0.06.303>. Acesso em: 14 mai. 2021.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. Survey research in management information systems: an assessment. **Journal of Magement Information System**, v. 10, p. 75-106, 1993. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40398056>. Acesso em: 28 fev. 2021.

ROSA, R. T. N. **Do gene à proteína: explorando o GenBank com alunos do Ensino Médio**. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, p. 170, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3521>. Acesso em: 28 fev. 2021.

ROSA, R. T. N.; LORETO, E. L. 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**, v. 18, n. 2, p. 385-405, 2013. Disponível em:
<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/138/96>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SAMPIERI, R. H. **Metodología de la investigación**. 6. ed. Mexico: McGraw-Hill, 1991.

SCHEID, N. M. J.; SOARES, B. M.; FLORES, M. L. T. Universidade e Escola Básica: uma importante parceria para o aprimoramento da educação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 64-74, 2009. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/458>. Acesso em: 17 mai. 2021.

SILVA, L. G.; ROCHA, J. D. T. Formação docente: o uso da tecnologia educacional independente na educação básica. **Revista Humanidades e Inovação**, v.6, n.8, p. 123-129, 2019. Disponível em:
<https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1333>. Acesso em: 17 mai. 2021.

TENÓRIO, G. Using biological databases to teach evolution and biochemistry. **Science in school**, v. 2, n. 29, p. 30-34, 2014. Disponível em:
https://www.scienceinschool.org/2014/issue29/online_bioinf. Acesso em: 28 fev. 2021.

WEFER, S.; SHEPPARD, K. Bioinformatics in high school biology curricula: a study of state science standards. **CBE Life Science Education**, v. 7, p. 155–162, 2008. Disponível em:
https://www.academia.edu/8167807/Bioinformatics_in_High_School_Biology_Curricula. Acesso em: 28 fev. 2021.

WOOD, L.; GEBHARDT, P. Bioinformatics goes to school: new avenues for teaching contemporary biology. **Plos Computational Biology**, v. 9, n. 6, p. 1-6, 2013. Disponível em:
<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1003089>. Acesso em: 28 fev. 2021.

Recebido: 10 mar. 2021.

Aprovado: 28 mai. 2021.

DOI: 10.3895/rbect.v14n1.13933

Como citar: MORAES, I. O.; CEZAR-DE-MELLO, P. F. T. O que pensam os docentes sobre o uso da bioinformática no ensino de biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v.14, n. 2, p. 75-94, mai./ago. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13933>>. Acesso em: XXX.

Correspondência: Paula Fernandes Tavares Cezar-de-Mello - paulamello@cp2.g12.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

