

UM ESTUDO SOBRE O DNA NO ENSINO MÉDIO: HISTÓRIA DA CIÊNCIA E CTS**A study on DNA in high school: science history and STS [in portuguese: cts – movimento ciência, tecnologia e sociedade]****Aline Alves da Silva** [nyne_alves@hotmail.com]**Aline Viana** [alineee_viana@hotmail.com]**Lordes Aparecida Della Justina** [lourdesjustina@gmail.com]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná**Rua Universitária, 2069, Bairro: Jardim Universitário, CEP 85819-110**Cascavel - Paraná***Resumo**

O presente estudo teve como objetivo investigar as possibilidades e limites da inserção da abordagem histórica no ensino de biologia, mediante o acompanhamento sistemático do desenvolvimento de um módulo didático com o tema DNA, na perspectiva do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os dados para a análise foram obtidos em diferentes momentos. Inicialmente isso ocorreu com discussões sobre o modelo da molécula de DNA pelo acesso a uma reportagem. Durante o desenvolvimento houve a análise mediante observação da participação dos alunos e, ao final, a avaliação das respostas presentes nos questionários. A análise qualitativa dos dados permitiu identificar por vezes reconstruções realizadas pelos sujeitos envolvidos, os quais passaram de ideias, muitas vezes, equivocadas em relação ao DNA para definições mais aproximadas do conhecimento científico aceito atualmente. Salientamos que a inserção da abordagem histórica contribuiu para uma maior compreensão das relações CTS, mesmo com algumas dificuldades apresentadas pelos alunos, e também devido ao conhecimento sobre o conceito de DNA ser processual e envolver outras disciplinas como a química, a bioquímica dentre outras.

Palavras-chave: Ensino de Biologia; História da ciência; CTS; DNA.

Abstract:

The present study had as goal to research about the possibilities and limits of the insertion of the historical approach in the teaching of Biology, by the systematic following of the development of a didactical module about the thematic of DNA under the light of the Science, Technology and Society movement (STS – [In Portuguese: Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)]). Data for the research was collect along different moments of the project. First it was done through a discussion about the model of the DNA molecule by watching a report about it. Along the development of the class the analysis was done by observing of the participation of the students and, at the end, by the evaluation of the answers giving to a questioner they filled in. The qualitative analysis of the data allowed us to identify some reconstructions made by the participating subjects, who have gone through alternative ideas and definitions, often misled on which concerns the DNA and the deployment of scientific knowledge in technological production, to definitions that are closer to currently recognized scientific knowledge. We highlight that the deployment of the historical approach has contributed to a greater understanding of the STS relations, even with a few difficulties presented by the students, and also by the conceptual net in which the DNA is inserted and so involves other disciplines such as Chemistry, Biochemistry among others.

Key-Words: Biology Teaching; Science History; STS [In Potuguese: movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)]; DNA

1 Introdução

Estudar os organismos vivos sempre foi importante para a humanidade. Neste sentido, a busca incessante pelo conhecimento trouxe vários benefícios à sociedade humana, como o melhoramento genético na agricultura, tentativas de amenizar os desequilíbrios ambientais e também, os conhecimentos relativos, ao porque os filhos se parecem com os pais. Já o estudo dos animais promove conhecimentos referentes à preservação evitando a extinção das espécies ameaçadas e também para a medicina preventiva (São Paulo, 2008). No entanto, essa constante busca pelo conhecimento também trouxe prejuízos para os seres vivos, para o estudo da medicina curativa tanto de animais quanto de seres humanos para a indústria farmacêutica, de cosméticos, entre outras. A ação do homem e a sua constante busca pelo conhecimento trouxeram sérios prejuízos para os seres vivos, como: o desmatamento, que implica vários danos ao ambiente; as explosões atômicas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki durante a Segunda Guerra Mundial, que trouxeram grandes prejuízos ao ambiente local e à população humana ali presente; a produção intensa de adubos químicos, os quais são despejados no solo e na água; entre outros.

A sociedade precisa saber avaliar os benefícios e prejuízos causados pelas pesquisas científicas na medida em que elas interferem na sociedade, sendo importante que essa compreensão seja construída desde os anos escolares iniciais da vida dos cidadãos (Casagrande & Maestrelli, 2006). Neste sentido, uma abordagem contextual como a do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é fundamental para o ensino de ciências.

[...] perspectiva CTS mais evidenciada é a que dá predomínio à cultura científica, às interconexões entre a ciência e a sociedade, que aponta a necessidade de aumentar a literacia científica dos estudantes e da população em geral, advogando que a educação em ciência deve ajudar os cidadãos a compreenderem o mundo em que vivem e que está imerso na ciência mas também a compreender que existem muitos fatores não científicos, nomeadamente no contexto das aplicações científicas, que contribuem para as tomadas de posição e decisões dos cidadãos, nas matérias científicas e tecnológicas. A necessidade de compreender a natureza e o processo de construção do conhecimento científico também é apontado como necessário para o desenvolvimento da literacia científica¹ (Cachapuz et al., 2008, p.45).

Os professores de ensino médio precisam perceber que a biologia necessita preparar os adolescentes para encarar e solucionar os desafios encontrados no decorrer de suas vidas, muitos dos quais com nítidos conteúdos biológicos, como a elevação dos produtos provenientes da agricultura, as precauções com a natureza, transgênicos, aborto etc. De acordo com esta visão, os desígnios da educação em biologia são: aprender os conceitos básicos, avaliar o método de investigação da ciência e averiguar e avaliar as aplicações sociais do conhecimento científico e das tecnologias (Krasilchik, 2004).

Dentro da biologia, a genética é uma das áreas do conhecimento de interesse da sociedade humana pelo grau de influência que ela determina. Desse modo esse estudo ao ser apresentado na escola pelo professor deve proporcionar aos estudantes conhecimentos que ampliem as possibilidades de decisões ao analisar as opções e assim, escolher promover alternativas que promovam o bem-estar da sociedade em geral ao aplicar tais conhecimentos. Os alunos precisam se apropriar e significar esse campo da biologia para poder opinar a respeito de aspectos comunitários

¹ A literacia científica “centra-se em aprendizagens que se desenvolvem e progridem ao longo da vida, surgindo como a grande finalidade da educação em ciências” (AGUIEIRAS, 2011, p.02).

e éticos dessa área do conhecimento. Além disso, a área da genética pode auxiliar no entendimento das diferenças individuais, compreendendo e percebendo-as como naturais e não como uma exceção à regra (Casagrande & Maestrelli, 2006).

Percebe-se que a divulgação dos conhecimentos da área de genética pela mídia e os problemas apresentados pelos docentes no processo de ensino e aprendizagem, indicam a necessidade de que as discussões a respeito da mesma perpassem as escolas e os materiais pedagógicos. Dessa forma, há certa urgência em indicar aos docentes possibilidades de organizar os conteúdos, com o intuito de auxiliar os professores a refletirem e planejarem suas aulas, visando melhorar a construção do conhecimento do aluno com aulas mais atrativas de genética (Oliveira et al., 2012).

Uma possibilidade no ensino de genética é utilizar a história da ciência para o aluno perceber que a ciência não nasce pronta, e que com o decorrer do tempo ela se molda juntamente com a sociedade que os cientistas estão inseridos. Mostrar os detalhes que levam uma determinada teoria a se tornar aceita, considerando os aspectos tecnológicos, políticos, ideológicos e sociais envolvidos nessa construção leva o aluno a perceber que a ciência não é algo completo e acabado. Deste modo, a inserção da história da ciência na biologia, especificamente em genética não se resume em registrar os acontecimentos, ou dizer as datas e nomes dos cientistas que chegaram a tal resultado, mas, sim, facilitar a aprendizagem de forma crítica onde há uma reconstrução de como se chegou a tal resultado, e o que indica que determinado conhecimento pode ser aceito (Scheid; Delizoicov & Ferrari, 2003).

Neste trabalho, mediante uma investigação do desenvolvimento de um módulo didático que contempla a inserção do episódio histórico da proposição do modelo de dupla hélice do DNA, buscamos evidenciar se a inclusão da história da ciência em aulas de biologia facilita a construção do conhecimento pelos alunos do ensino médio em uma perspectiva das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

2 Fundamentação Teórica

2.1 História da ciência no ensino de ciências

Pode-se perceber que historicamente o ser humano é instigado por seu interesse em obter respostas, busca essas respostas para uma série de questionamentos, dentre esses está a origem da espécie humana, o aparecimento das antigas populações, a edificação da organização do ser humano em sociedade, como se deram as migrações, a propagação pelo ambiente terrestre, extinções das espécies e as enfermidades contagiosas propagadas por todas as sociedades antigas (Cipollaro et al., 2005). Devido a esses questionamentos, a humanidade desenvolveu uma série de formas de entender a natureza como as observações e experimentos na tentativa de encontrar respostas aproximadas para esses estudos, desenvolvendo o conhecimento científico. Dentre essas ciências, uma que tem um importante papel é a biologia. Estes estudos biológicos tem como foco de pesquisa o fenômeno da vida, em toda a sua complexidade, e possuem influências diretas do momento histórico em que se encontra a sociedade na qual os cientistas estão inseridos, esses utilizam de formas metódicas de analisar a natureza com o intuito de obter respostas a respeito dos fenômenos naturais. Portanto, do passado ao presente, a observação da natureza foi entendida de diferentes maneiras, conceituada pela filosofia e também pelas ciências naturais, de tal forma que se tornou referência na edificação do conhecimento biológico e na construção de representações para facilitar a compreensão do fenômeno da vida (Bertoni & Luz, 2011).

A história da ciência (HC) no ensino de ciências é defendida por alguns autores como Matthews (1995), Martins (2007), Scheid; Delizoicov e Ferrari, (2003), dentre outros. Entretanto,

alguns autores salientam que ensinar ciência com a HC não é uma boa alternativa didática, como Vilas Boas et al. (2013) que relatam sobre a opinião contrária de Kuhn² a respeito da inserção da HC no ensino de ciências na educação básica: “Neste período de formação, o estudante não deve ser ensinado sobre a história de seu campo, pois seria investido tempo em algo que já foi descartado por gerações inteiras de cientistas” (Vilas Boas et al., 2013, p. 290), contudo os autores do artigo são favoráveis a inserção da HC no ensino de ciências. Neste trabalho, optou-se pela posição favorável à inserção da HC devido aos indicativos de algumas pesquisas desenvolvidas neste sentido. Como exemplo, pode-se citar a descrita por Bastos (1998), a qual mostra a realização de um minicurso utilizando um guia de estudos que apresentava a história da investigação da febre amarela com alunos do ensino médio. Após o término do minicurso o autor elencou algumas evidências que favorecem a utilização da HC no ensino como o desenvolvimento do interesse do aluno pelo conteúdo trabalhado. Este autor também delinea argumentos para que essa inserção seja realizada em sala de aula. Bastos (1998) indica que com o uso da HC em sala os alunos e professores:

[...] conseguem explicar melhor como é o trabalho de um cientista: diminui ligeiramente a incidência da resposta inespecífica de que o cientista simplesmente ‘faz pesquisas’; aumenta a referência à ideia de que cientista ‘faz experimentos’; alguns alunos percebem que o cientista ‘não pesquisa apenas em livros’ mas também em ‘pessoas e animais’; alguns alunos passam a afirmar que cientista trabalha com fatos e/ou hipóteses; diminui consideravelmente a incidência de respostas que colocam a curiosidade e a dedicação ao trabalho como atributos centrais para a caracterização do cientista. (b) parecem manifestar uma visão mais realista ou crítica acerca dos interesses que movem o cientista: aumenta a referência a interesses pessoais do próprio cientista; ocorre pela primeira vez a referência a interesses econômicos. (c) parecem manifestar uma visão mais realista ou crítica acerca das fontes de financiamento para a pesquisa científica: grande parte dos alunos passa a mencionar que o dinheiro para a pesquisa científica pode vir de empresas; cresce a incidência de respostas que afirmam existir uma relação entre financiamento e interesses da fonte financiadora (patrocinador/empresa); o cientista passa a ser visto como um indivíduo que exerce seu ofício profissionalmente e não por simples diletantismo (Bastos, 1998, p. 70).

Segundo Prestes e Caldeira (2009), nas orientações americanas a HC é vista como a forma mais adequada de se entender a natureza da ciência com intuito de alcançar a alfabetização científica. Já no Brasil, os documentos oficiais apontam a HC com configuração pontual sem estabelecer a integração dos conteúdos que essa poderia conferir ao ensino de ciências.

Para se estudar a HC é necessário ter o conhecimento dos significados destas duas palavras. Buscando entender estes conceitos, recorreu-se à Kragh (2001, p. 23), que utiliza a palavra história no “sentido de análise da realidade histórica, isto é, no sentido da investigação histórica e seus resultados” e ciência como “o conjunto de conhecimentos teóricos sobre os fenômenos naturais, baseado em metodologias diversas” e também conhecimentos práticos sobre esses fenômenos. O autor ainda ressalta que não existe uma definição única por parte dos pesquisadores do conceito do que é ciência.

²Thomas Khun (1922-1996) foi um físico norte-americano e estudioso primordial no ramo da filosofia da ciência. Foi importante na medida em que estabeleceu teorias que desconstruíam o paradigma objetivista da ciência (DUTRA & MEDEIROS, 2013, p.4).

Sabe-se que a ciência possui um histórico lento da construção do conhecimento, visto que conhecimentos científicos que em certa época eram considerados como verdades mediante novas evidências podem ser alterados. Esta visão de que a ciência não é algo completo e acabado é pouco utilizada em sala de aula, porém essa poderia instigar o interesse dos alunos em assuntos relacionados a ciências (Martins, 1998). Para que os professores passem a trabalhar utilizando a HC se faz necessária uma formação adequada que os mostrem à importância de se trabalhar com esses conteúdos em sala de aula. Entretanto como explicitado por Martins (2007):

[...] a simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas – ainda que feita com qualidade – não garante a inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino básico, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, do papel da HFC para o campo da didática das ciências. As principais dificuldades surgem quando pensamos na *utilização* da HFC para fins didáticos, ou seja, quando passamos dos cursos de formação inicial para o contexto aplicado do ensino e aprendizagem das ciências. (Martins, 2007, p. 175)

Em salas de aula de cursos de licenciatura se tornam importantes os debates com a presença de HC juntamente com os conhecimentos biológicos, buscando a compreensão de conceitos biológicos, possibilitando o entendimento de como ocorre a construção do conhecimento científico (Justina & Caldeira, 2011). Há a premissa de melhorar a formação dos futuros profissionais que irão trabalhar nas escolas de ensino básico, com a inserção do debate da HC, habilitando-os a trabalhar os conteúdos científicos mediante a inserção desta neste outro nível de ensino.

A HC pode trabalhar no sentido de melhorar as aulas de ciência com o intuito de torná-las desafios que requerem reflexões aprofundadas a respeito do tema trabalhado, evidenciando que a ciência é algo construído pela humanidade e para ela, podendo tirá-la dessa falta de significados dos conceitos sem sentido e fórmulas aprendidas em sala de aula (Matthews, 1995). Esta visão de ciência mutável e falível pode contribuir com os professores em sala de aula, buscando melhorar a participação dos alunos. Martins (1998) apresenta em sua pesquisa que os cientistas não são gênios e também são propensos a erros. A HC pode ajudar os alunos a se tornarem menos inibidos quando se trata das questões científicas.

Deve-se tomar cuidado com as fontes pesquisadas quando se trata de HC, pois estas podem passar uma ideia distorcida de fatos importantes. Como se pode perceber no exemplo citado por Silva (2009) que faz um questionamento sobre a informação de que Young havia ou não realizado o experimento da fenda dupla³, já que em várias fontes afirmava-se que ele realizou tal experimento,

³A luz solar passa pela primeira tela, difratando e obtendo um 8. Em uma linguagem bachelardiana, o uso mal estruturado de um experimento, principalmente, com fins educativos, pode ocasionar em um obstáculo epistemológico, chamado por ele de “experiência primeira”, onde é, geralmente, enfocada a beleza do experimento, causando entretenimento e deslumbre nos alunos. Em alguns casos, estes experimentos desviam a atenção dos alunos do assunto que é abordado naquele experimento. O feixe de luz mais coerente, conseqüentemente, o feixe luminoso oriundo do orifício só o encontra-se com os demais orifícios S1 e S2 da segunda tela. Por fim, posicionamos uma tela C (anteparo) para que possamos observar uma figura de interferência luminosa, composta de faixas escuras e claras, alternadamente (Silva, 2009, p. 285).

como nos livros didáticos utilizados em sala pelos professores de física como guias de estudos. No entanto ao final da sua pesquisa Silva acaba por concluir que “Young não descobriu a difração, ele não deixa claro nos seus escritos se realmente realizou o experimento da fenda dupla” (SILVA, 2009, p. 286). Como o observado no exemplo, é de fundamental importância algumas precauções quando se trata em pesquisar acontecimentos científicos.

Outro problema encontrado ao se trabalhar os conteúdos científicos inserindo a história da ciência é a forma como esta é apresentada aos alunos, podendo passar a impressão de que existe linearidade na construção do conhecimento científico. É como se este ocorresse a partir de acontecimentos preexistentes, quando, na verdade, muitos desses estudos são realizados de forma empírica e são totalmente influenciados pelo contexto histórico ao qual o cientista está inserido (Carneiro & Gastal, 2005). Assim, a história não pode ser entendida pelos alunos como algo cronológico, como explicitado por Rosa (2012), quando discute a idealização da HC:

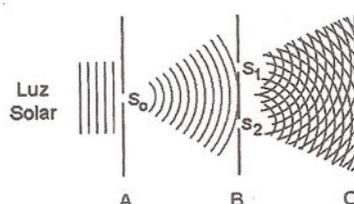
Tal exposição não deve ser limitada, contudo, à mera cronologia dos fatos científicos, como a sucessão de descobertas, mas deve abranger o complexo entrelaçamento e interdependência da evolução da atividade humana nos diversos campos. Trata-se, portanto, de examinar a evolução da ciência tendo presente o contexto geral em que se desenvolve, como o social, o político, o econômico, o religioso e o cultural (Rosa, 2012, p. 23).

Prestes e Caldeira (2009) ressaltam que, por vezes, a HC é trabalhada nas salas de aula de maneira equivocada, direcionando os alunos a pensar que essa é construída por “heróis”. Essa visão da HC está presente inclusive nos livros didáticos, que são, muitas vezes, o único apoio didático utilizado pelo professor em sala. Esses narram a ciência de forma linear, totalmente carregada com datas e sem contextualização, escondendo-se dessa forma os problemas enfrentados para se chegar à construção do conhecimento científico, e enfatizando somente o que deu certo, mostrando uma visão de neutralidade da ciência como se essa não fosse influenciada por vários fatores. No entanto, cabe ao professor como avaliador responsável pela escolha desse material saber eger um livro de boa qualidade, já que uma vez eleito esse deverá ser utilizado em sala por três anos consecutivos (Rosa & Silva, 2010).

Segundo Amaral e Megid Neto (1997) os erros conceituais pontuais presentes nos livros didáticos podem ser facilmente corrigidos pelos professores em sala de aula, com base em seus conhecimentos sobre o conteúdo. No entanto é complicado mudar a forma como a ciência é abordada nesses livros, pois essa é geralmente vista como produto acabado e ahistórico, resultando em um aluno acrítico como depositário de informações.

Para superar esta visão das ciências buscou-se desenvolver o conceito de DNA recorrendo à história da ciência ao propor a utilização da relação CTS. Deixa-se claro que os pesquisadores se encontram dentro de um contexto histórico. Portanto as sociedades nas quais esses estudiosos estão inseridos envolvem contextos, sociais e tecnológicos que influenciam e são influenciados pelos estudos da ciência.

2.2 A perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade



A HC juntamente com a abordagem CTS pode levar a um ensino que se torne mais significativo para o aluno, devido à visão da aplicabilidade dos conceitos científicos e tecnológicos no cotidiano. Pensando nisso, Santos e Mortimer (2002) apontam problemas que devem ser observados pelos alunos no dia a dia e que precisam de maiores reflexões, como os produtos expostos no mercado para serem consumidos pelos cidadãos que visam o lucro e não levam em consideração os danos causados tanto no processo de produção, quanto no processo de descarte desses materiais. Para isso é necessário formar o indivíduo com os valores necessários para a reflexão sobre o consumo de determinado produto, deixando de analisar somente o preço, a qualidade e a aparência.

O cidadão deve participar ativamente e conscientemente da tomada de decisão condizente à implementação e utilização de “produtos” resultantes da interação ciência-tecnologia. Para desenvolver essa criticidade e poder opinar em situações diversas antes de tudo deve saber diferenciar conhecimento de informação e saber que a ciência não é neutra consistindo-se no resultado da interação de fatores como a cultura, economia, momento histórico dentre outros. Essa forma de atuação pode ser alcançada por meio do enfoque CTS na formação inicial do indivíduo (Pinheiro; Silveira & Bazzo, 2007).

Atualmente em um contexto geral, o ensino de biologia no ensino médio visa à preparação do aluno para o ingresso na universidade, não levando em consideração os avanços tecnológicos, científicos e a formação do sujeito atuante na sociedade. Esses avanços influenciam diretamente a sociedade na qual esses alunos estão inseridos, porém os professores preocupam-se com os conteúdos a serem ministrados sem saber as razões de se fazer e para quem o fazer (Halmenschlager, 2011). Essa forma de ensino está em contradição com os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEMs) que evidenciam a formação do indivíduo para a sociedade, pautado no enfoque CTS, que tem como objetivo desenvolver o senso crítico. Nos documentos oficiais que norteiam a educação básica, tal movimento visa formar o aluno capaz de resolver problemas, opinar em questões importantes para a sociedade, saber diferenciar conhecimento de informações dentre outras habilidades cabíveis a cidadãos ativos em uma sociedade (Brasil, 2000). Contudo, antes de se inserir a formação para a cidadania nos currículos nacionais deveria haver a implementação da formação continuada para professores visto que dificilmente, no contexto em que se encontra o sistema educacional brasileiro, será possível colocar em prática a formação para a cidadania proposta no atual currículo simplesmente maquiando a educação do país (Santos & Mortimer, 2002).

Em CTS a relação aluno-professor passa a ser de construção do conhecimento desmistificando a ciência, reformulando conceitos, superando o entendimento de ciência como verdade infalível e imutável (Pinheiro; Silveira & Bazzo, 2007). Assim Auler (2007, p.15) afirma que “o querer conhecer antecede o conhecer. Estimular os alunos a assumir o papel de sujeitos, de participantes do ato de conhecer, aguça a curiosidade epistemológica”. Essa afirmação alerta que antes de aprender algo o aluno deve querer saber e para isso o professor também tem o papel de incentivar e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais interessante para que esse conhecimento passe a ter significância para esse sujeito.

Conforme explicitado por Auler (2007), o modelo disciplinar presente hoje nas escolas não consegue abarcar a complexidade social, para isso é preciso utilizar-se da interdisciplinaridade, e essa pode ser alcançada a partir do enfoque CTS, devido esse abranger uma abordagem de temas e problemas sociais. Segundo enfatizado por Matthews (1995, p. 165-166):

Os tão difundidos programas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), tanto nas escolas como nas universidades, representam uma abertura

importantíssima para as contribuições histórico-filosóficas para o ensino de ciências.

Com o intuito de averiguar se as pesquisas condizentes a CTS e HC podem contribuir para formar o indivíduo como cidadão capaz de resolver problemas, opinar criticamente, atuar ativamente na sociedade na qual está inserido, desenvolveu-se no presente trabalho um módulo didático envolvendo CTS, HC, conteúdos biológicos, mais especificamente o DNA, visto que de acordo com Auler e Bazzo (2001, p. 2) “[...] são escassas as publicações sobre a utilização do enfoque CTS no ensino, no contexto brasileiro”.

Uma opção para tentar melhorar a forma como vem sendo ministradas as aulas de genética seria, a inserção da HC (Scheid; Delizoicov & Ferrari, 2003). Porém, essa inserção requer dos docentes maiores conhecimentos no assunto que é abordado em sala de aula, o que pode causar certa aversão do professor, já que estes podem não estar devidamente preparados para trabalhar os conteúdos científicos utilizando a HC (Matthews, 1995). No entanto, com o entendimento de como se deu a construção de determinado conhecimento, os alunos podem perceber que a ciência é elaborada a partir de fenômenos naturais e objetos culturais criados historicamente pelos homens (seres sociais) que modificam a sua forma de pensar e de comportamento e assim, os constituem, na dependência do momento histórico e cultural no qual o cientista está inserido quando desenvolveu este conhecimento.

Aikenhead (1994) expressa em seu artigo intitulado “What is STS Science Teaching?” (o que é ensino de ciências CTS?) oito categorias de níveis de importância do ensino na abordagem CTS, que são identificados em alguns currículos por ele analisados, são essas: (1) motivar o aluno por meio da inserção do conteúdo em um enfoque CTS; (2) Inserir casualmente o conteúdo CTS, ou seja, o conteúdo é trabalhado no enfoque CTS somente algumas vezes durante as disciplinas de ciências, os alunos são avaliados pelo conteúdo científico e enfoque CTS envolve geralmente somente memorização; (3) Inserir propositadamente o conteúdo com enfoque CTS, existe coerência nos temas, e a avaliação é o grau de entendimento do conteúdo CTS; (4) O conteúdo de ciência é organizado conforme o enfoque CTS, geralmente extraído de uma disciplina, a avaliação considera a compreensão do conteúdo no enfoque CTS, porém enfatiza o conhecimento científico; (5) Embora o conteúdo científico seja abordado no enfoque CTS, ele é multidisciplinar com mais ênfase da avaliação do conteúdo científico; (6) O conteúdo CTS direciona a construção do conhecimento, já o conteúdo científico que vem como enriquecedor desse conhecimento, a avaliação é bem dividida em conhecimento abordado em CTS e conteúdo científico memorizado; (7) O enfoque CTS é instrutor na construção do conhecimento; o conhecimento científico é algumas vezes mencionado, no entanto não é utilizado como guia da aprendizagem, a avaliação enfatiza o conteúdo utilizando as relações CTS, somente algumas vezes o conteúdo científico memorístico é avaliado; (8) O conteúdo CTS é totalmente enfatizado no processo de ensino aprendizagem; o conteúdo científico é algumas vezes mencionado como links, a avaliação é somente realizada levando em consideração as relações CTS.

Neste trabalho o conteúdo CTS é trabalhado conforme a quinta categoria, já que o conteúdo científico é abordado fazendo relações entre CTS, porém é multidisciplinar, a avaliação dá maior ênfase ao conteúdo relacionado à CTS do que à memorização do conhecimento científico relacionado. Conforme essa categoria utilizou-se o projeto genoma como problema social e a história da construção do modelo da molécula de DNA, para que os alunos percebessem qual a relevância desses eventos para a sociedade na qual eles estão inseridos.

2.3 Conhecimentos sobre o DNA numa perspectiva histórica

A ciência é parte da cultura, principalmente por ser componente integrante de um mundo que as ideias da atualidade são fundamentadas. As ciências biológicas tem um papel importante na sociedade contemporânea principalmente por ser uma ciência que contém uma intensa variedade de saberes e com um desenvolvimento ímpar atualmente. Os grandes problemas encontrados nos conteúdos científicos geralmente provêm do próprio caráter dos conceitos. No ensino de genética em suas especificidades, tem-se certa dificuldade por abordar assuntos da ciência que tem por característica um vocabulário complexo e com uma imensa variedade de palavras, muitas vezes, desconhecidas pela sociedade em geral, fazendo com que o entendimento dos conceitos se torne de difícil compreensão (Freitas et al., 2011).

Dentre os conteúdos que integram a disciplina de biologia, está o de genética, o qual, segundo Cid e Neto (2005), é um conhecimento fundamental para a elaboração de conceitos, direcionados ao entendimento da evolução da vida no planeta e de outros conhecimentos biológicos. Esta compõe uma área do conhecimento voltada para a explicação de fenômenos relacionados ao entendimento dos seres vivos e suas interações. Segundo estes autores o problema de aprendizagem mostrado pelos alunos com a genética consiste no fato desta ser uma área da biologia caracterizada por uma ampla e complexa linguagem, sobre a qual os alunos demonstram, na maioria das vezes, uma elevada dificuldade em entender e distinguir os conceitos relacionados. Como, é possível verificar nos termos citados, à seguir, como alelos, genes, homólogos e código genético. Até mesmo as fórmulas matemáticas utilizadas na genética, causam na maioria das vezes confusões na cabeça dos alunos, devido ao fato de os símbolos utilizados pelos autores e professores mudarem constantemente.

A ignorância ou a rejeição de conhecimentos novos leva, frequentemente, ao conservadorismo e à intolerância. A genética tem fornecido conceitos inovadores, como a terapia gênica, que têm mudado radicalmente a visão de si mesma e sua relação com o resto do universo. Para a não rejeição e/ou ignorância frente às novas descobertas em genética, as pessoas necessitam compreender o grande espectro de aplicações e implicações tanto da genética básica quanto da genética aplicada (Justina & Ferla, 2006, p. 36).

O professor de ensino médio tem dificuldades em acompanhar a agilidade em que ocorre a construção dos conhecimentos concernentes à genética. Portanto se faz necessário preparar os alunos para que estes tenham acesso aos conhecimentos que são desenvolvidos, os quais caracterizam a sociedade contemporânea onde esses estão inseridos (Carneiro & Dal-Farra, 2011).

A genética é dividida em várias subáreas, entre elas está a biologia molecular. Esta contempla o estudo da duplicação do ácido desoxirribonucleico o DNA, que permite a compreensão da transmissão de informação genética de geração em geração; da transcrição da informação da dupla fita de DNA em uma fita simples de ácido ribonucleico o RNA, é complementar a fita molde; e, da tradução da informação contida no RNA mensageiro em aminoácidos que unidos por ligações peptídicas formarão as proteínas (Fernandes et al., 2011). Esses processos são fundamentais para a manutenção da vida na terra, e para compreendê-los é necessário que se tenha conhecimento da importância do DNA no organismo, e entender o modelo de DNA no qual a construção desses processos foi baseada até o presente momento.

O modelo de DNA foi proposto pelos cientistas James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick, com a colaboração de vários cientistas, culminando em 1953 em um artigo publicado na revista *Nature* (Watson & Crick, 1953). O modelo consiste em duas cadeias compostas de grupos fosfatos ligados a uma desoxirribose (açúcar) nas extremidades 3' e 5'. As cadeias são mantidas juntas por pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas, as quais são voltadas para o interior da molécula, nomeadas de adenina, guanina, timina e citosina, as duas

primeiras são púricas e as duas últimas são pirimídicas, em que adenina se liga a timina e a guanina se liga a citosina, ou seja, as fitas são complementares, helicoidais e giram em torno de um mesmo eixo (Watson & Crick, 1953). Nas imagens apresentadas nessa sequência é possível observar o modelo de DNA (Figura 1) que se encontra no museu da ciência proposto por Watson e Crick os cientistas na fotografia tirada no ano de 1953, quando apresentaram a proposição do modelo de dupla hélice (Figura 2) e os cientistas em fotos recentes (Figura 3).



Figura 1: Modelo da molécula de DNA. Proposta de James Watson e Francis Crick que se encontra no Science Museum. Disponível em: <http://www.sciencemuseum.org.uk/images/i030/10299555.aspx>



Figura 2: Watson e Crick em 1953. Disponível em: <http://www.achievement.org/autodoc/photocredit/achievers/wat0-001>

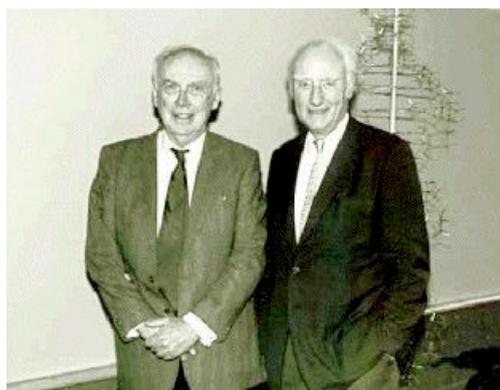


Figura 3: Watson e Crick recentemente. Disponível em: http://www.powertolearn.com/li_history/sciphotos1.html

O processo histórico da construção do modelo hoje aceito da dupla hélice do DNA é repleto de entraves e contou com a colaboração de muitos cientistas da época para a sua elaboração. Esse modelo foi apresentado a comunidade científica por Watson e Crick em 1953, em sua publicação na revista *Nature*.

A primeira vez que se teve alguma informação sobre a molécula de DNA foi quando Miescher isolou o DNA dos linfócitos e o denominou de nucleína um ácido composto de fósforo, nitrogênio e oxigênio, porém não se sabia que esse ácido era responsável pela transmissão dos caracteres herdáveis (Snustad & Simmons, 2008). No entanto o interesse em saber como as características são passadas dos pais para os filhos remontam desde os tempos bíblicos (Stratern, 2001).

No século XIX Darwin recorreu à visão de herança presente na teoria da pangênese para explicar como as características eram transmitidas. Nessa teoria as características eram passadas de geração a geração por meio de gêmulas produzidas por partes distintas do corpo que se alojam nas gônadas e são transmitidas aos descendentes (Hull, 1975). Já Mendel explanava a hereditariedade

por meio de fatores, explicando como as características eram herdadas atribuindo a ela fórmulas matemáticas (Klug et al., 2010).

Scheid, Delizoicov e Ferrari (2003) ressaltam que, até meados do século XX, pensava-se que quem carregava as características genéticas eram as proteínas. Devido as proteínas por terem uma estrutura mais complexa, acreditava-se que poderiam conter tais informações e transmiti-las ao mesmo tempo alguns cientistas chegaram à conclusão por meio de suas pesquisas que o DNA era uma estrutura simples. Após algum tempo, concluiu-se que o DNA era uma estrutura mais complexa que as proteínas, podendo ser um forte candidato a detentor das características herdáveis.

Strathern (2001) relata que já havia certa compreensão do DNA no início século XX, mesmo no período que ainda se acreditava que as proteínas carregavam a genética dos seres vivos, pois já se sabia que essa molécula era composta por quatro bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina). Somente na década de quarenta do século XX é que alguns cientistas consideraram o DNA uma estrutura complexa o bastante para carregar as informações herdáveis. Erwin Chargaff concluiu com suas pesquisas que as bases nitrogenadas não eram iguais ao que se acreditava anteriormente, mas que essas eram divididas por semelhanças químicas, as bases púricas (adenina e guanina) e pirimídicas (citosina e timina). Ainda que essas bases eram complementares, ou seja, timina se ligava a adenina e guanina se ligava a citosina.

Strathern (2001) resalta que Crick e Watson se encontraram no laboratório de Cavendish em Cambridge. Crick era um físico com dois anos de pesquisas em biologia e Watson tinha doutorado em biologia. Tanto o laboratório de Cavendish quanto o King's College em Londres estavam estudando a estrutura da proteína por meio da difração em raio X, porém Crick e Watson decidiram que era mais interessante saber qual era a estrutura do DNA, passavam horas conversando sobre isso e sempre que podiam envolviam seus colegas de laboratório. Ao mesmo tempo, no laboratório de Londres, Maurice Wilkins recebia o auxílio de Rosalind Franklin que trabalhava com difração em raio X, assim, desenvolveu uma técnica de utilização de água para melhorar as imagens do DNA.

Segundo Silva (2010), Franklin resolveu divulgar suas pesquisas em um seminário e Watson devido ao seu interesse pelo assunto compareceu. Segundo Strathern (2001), ela concluiu que o DNA consistia em duas ou quatro fitas compostas de fosfato, açúcar e bases nitrogenadas que se entrelaçavam formando uma hélice. As bases nitrogenadas encontravam-se no interior das hélices formando cadeias helicoidais. Após voltar de Londres, Watson concluiu que Franklin não parecia interessada em construir um modelo para o ácido desoxirribonucleico e sim, em fazer conclusões sobre a cristalografia. No entanto, como relatado por Silva (2010), Watson e Crick acreditavam que a construção de modelos, facilitava a compreensão dos complexos moleculares, por isso começaram a construir um modelo, com chapas de ferro, o primeiro modelo final de tripla hélice era totalmente errado segundo as análises de Franklin. Os laboratórios tinham um acordo, Watson e Crick, estavam quebrando esse acordo, gerando uma rivalidade desnecessária entre ambos, colocando o laboratório em risco de perder financiamentos, já que o país passava por crise pós-guerra e investir em projetos científicos totalmente teóricos era tolice, assim o diretor do laboratório proibiu Crick de desenvolver qualquer trabalho sobre o DNA. Apesar de estarem proibidos de pesquisar sobre o DNA eles respeitaram em parte essa decisão e continuaram suas pesquisas mesmo que discretamente. Após algum tempo receberam a informação do filho de Linus Pauling que o químico estava prestes a apresentar um modelo para o DNA, ambos estudaram as proposta de Linus Pauling que era um químico renomado da época, mas chegaram à conclusão de que não havia detalhes o suficiente para os convencerem da proposta.

Silva (2007) aponta para a importância de Rosalind Franklin na construção do modelo de DNA em 1952, porém Watson e Crick somente tiveram acesso a esse material em 1953. O qual foi

de extrema relevância para a proposição do modelo da dupla hélice. Silva (2010) também evidencia o acesso ao material mais completo produzido pelo comitê Medical Research Council (MRC), que tinha Max Perutz como presidente, o qual entregou os relatórios para Crick e Watson. Como esses eram públicos, o presidente entregou-os para os dois cientistas sem receios. Neste momento o diretor do Cavendish os liberou novamente para construir o modelo que é publicado em um artigo na Nature, uma das mais renomadas das revistas de divulgação científica da época.

Segundo Andrade e Caldeira (2009), o modelo da molécula de DNA proposto por Watson e Crick teve um importante papel nas pesquisas voltadas à hereditariedade e ao desenvolvimento dos estudos em genética molecular. Este modelo facilita o ensino de biologia ao contribuir para o entendimento de que a molécula de DNA carrega informações essenciais para a formação da vida. Com tudo hoje já se sabe o DNA não é o único responsável pelas características herdáveis dos seres vivos, estudos revelam que o ambiente tem uma influência significativa na expressão dos genes, as quais podem ser herdadas pelas próximas gerações. A esses estudos dá-se o nome de epigenética.

A epigenética é definida como modificações do genoma que são herdadas pelas próximas gerações, mas que não alteram a sequência do DNA. Por muitos anos, considerou-se que os genes eram os únicos responsáveis por passar as características biológicas de uma geração à outra. Entretanto, esse conceito tem mudado e hoje os cientistas sabem que variações não-genéticas (ou epigenéticas) adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente serem passadas aos seus descendentes. A herança epigenética depende de pequenas mudanças químicas no DNA e em proteínas que envolvem o DNA. Existem evidências científicas mostrando que hábitos da vida e o ambiente social em que uma pessoa está inserida podem modificar o funcionamento de seus genes (Fantappie, 2013, p.01).

O conhecimento de como se deu a construção do modelo de DNA é fundamental para o ensino da molécula e a compreensão do funcionamento dela. O entendimento de assuntos polêmicos como o consumo ou não de produtos transgênicos, o processo de clonagem, o câncer dentre outros dependem desse conceito básico. Portanto o ensino possibilita um pensar científico modificando seu comportamento ao exercer com responsabilidade e fundamento a cidadania na construção do sujeito, como um ser social. Pode operar de forma a levar a sociedade a se tornar crítica e pensante, buscando a libertação social, ou então, pode trabalhar de forma a tornar os cidadãos acríticos, submissos e conformados, colaborando com a manutenção de um quadro de pessoas passivas que não se importam com as questões sociais (Teixeira, 2003).

Neste trabalho defendemos o ensino do ácido desoxirribonucleico por meio da inserção histórica de como se deu a construção do modelo da molécula de DNA mais aceita atualmente pela comunidade científica. O embasamento teórico está pautado em autores como Andrade e Caldeira (2009, p.143) que salientam: “reconstruir os processos da construção do conhecimento biológico, como por exemplo, a proposição do modelo da molécula de DNA, pode permitir aos alunos a compreensão dos conceitos envolvidos e o modo de fazer da ciência e do cientista”. Nessa mesma direção, Scheid, Delizoicov e Ferrari (2003, p.7) ressaltam que “a utilização da história da ciência no ensino de genética deverá levar o aluno a se conscientizar de que a ciência não se constitui em algo dado e acabado, natural, mas sim uma construção sócio-histórico-cultural”.

3 Contexto da experiência didática

A pesquisa realizada constituiu-se no acompanhamento sistemático da aplicação de um módulo didático para 42 alunos (A1-A42) do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública do município de Cascavel-PR. Este módulo didático se desenvolveu durante a participação

no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID), cujo, o órgão de fomento é a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), (BRASIL, 2013). Neste projeto foi utilizado um episódio histórico com o intuito de que os alunos compreendessem como se chegou ao modelo da molécula de DNA proposto por Watson e Crick em 1953, aceito na atualidade.

O módulo foi constituído segundo os cinco passos proposto por Santos e Mortimer para se trabalhar CTS:

- (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado; e, (5) discussão da questão social original (Santos & Mortimer, 2002, p.12).

Na primeira etapa foi distribuída aos alunos uma reportagem sobre o DNA, após a leitura houve a intervenção por meio de questionamentos e a realização de uma síntese coletiva sobre o projeto genoma.

No desenvolvimento da segunda etapa, foram realizadas indagações aos alunos sobre as tecnologias que eles conheciam que envolvem o DNA. Na terceira etapa houve a leitura e discussão da tradução do artigo de Watson e Crick⁴, no qual eles propõem o modelo de dupla hélice de DNA. Em seguida, para avaliarmos se estavam compreendendo o assunto, os alunos escreveram um resumo sobre o que estavam desenvolvendo em aula, como as conclusões a que chegaram com a análise da reportagem, com as respostas as indagações, com a síntese coletiva sobre o Projeto Genoma Humano, com a leitura e discussão sobre o artigo de Watson e Crick, e sobre as tecnologias desenvolvidas em torno e a partir desse modelo. Nesse resumo, deveriam aparecer as conclusões a que eles chegaram após desenvolverem todas essas atividades em sala de aula, com seus professores e colegas de classe, com o intuito de fazer um apanhado geral desses pontos para poder prosseguir com a etapa posterior.

Na quarta etapa, foi trabalhada com os alunos a análise do teste de DNA disposto na sequência. Para isso foi necessário realizar a explicação expositiva da primeira lei de Mendel, na qual o indivíduo recebe um alelo paterno e outro materno. Essa explicação consistiu em relatar aos alunos que para a formação de um indivíduo por meio de reprodução sexuada, é necessário que os pais contribuam com seu material genético, além de outras partes do conjunto que forma a célula. Para isso, utilizamos o modelo de reprodução humana, onde é necessário que exista a união do espermatozoide masculino com o ovócito feminino, em que o espermatozoide carrega 23 cromossomos paternos e o ovócito carrega 23 cromossomos maternos. Nesses cromossomos se situam os alelos, os quais iram ser pareados. Esses alelos podem ser chamados por letras como exemplo utilizamos a letra A, onde os pais podem ter doado aos seus descendentes tanto o alelo A quanto o alelo a. Então utilizamos o quadro de Punnett, supondo que ambos os pais eram heterozigotos e realizamos os cruzamentos possíveis, que consistem em AA, Aa e aa, para que eles pudessem entender o exame de DNA que analisamos posteriormente com o intuito de concluir se João era ou não pai de Maria.

Laudo de Análise de Parentesco pelo DNA

Requisitante

⁴ Disponível em: <https://biologiaeducacao.wordpress.com/2012/02/24/artigo-traduzido-uma-estrutura-para-o-acido-desoxirribonucleico/> Acesso em: 04/06/2014.

Coleta e identificação das amostras

Data da coleta: 03/04/2009

Local da coleta: -----

Data da liberação das amostras: 23/04/2004

Responsável: -----

Faz-se necessário salientar que todos os envolvidos estavam presentes no ato da coleta como indicado na ficha de identificação dos envolvidos.

Envolvidos: JOÃO (suposto pai) e MARIAZINHA (suposta filha).

Metodologia e parâmetros de segurança

Metodologia: A herança genética é resultado da combinação de informações genéticas herdadas da mãe e do pai no momento da concepção. As informações genéticas estão contidas no genoma, onde há um grande número de pequenas regiões denominadas mini ou microssatélites. Seu elevado grau de polimorfismo permite-lhes discriminar mesmo pessoas que tenham elevado grau de parentesco. Esse exame baseia-se no estudo de microssatélites amplificados pela reação em cadeia da polimerase (PCR). O DNA extraído das amostras biológicas de cada envolvido é amplificado em presença de conjuntos de iniciadores fluorescentes (multiplex). Esse método minimiza a probabilidade de erro humano em virtude de implicar a redução da manipulação de amostras. Os produtos das amplificações são analisados em sequenciadores automáticos *MegaBACETM1000* e *ALFExpress* (GE Healthcare), que garante a precisão das análises.

Dispõe-se de até 60 marcadores os quais podem ser utilizados em todos os tipos de análises de parentesco, inclusive em casos que envolvem suposto pai falecido, em que é necessária a reconstrução genética com a máxima confiabilidade. Em cada caso, são escolhidos os marcadores mais apropriados para se alcançar níveis ótimos de confiabilidade.

Análise: O estudo está pautado na análise comparativa do grau de compartilhamento dos alelos (produtos genéticos das amplificações) entre os envolvidos em cada uma das regiões estudadas. Um indivíduo que é o pai biológico deve compartilhar pelo menos um alelo com o(a) filho(a) em cada marcador. A mensuração desse compartilhamento genético fornece a estimativa quantitativa da evidência do parentesco com base em dados estatísticos obtidos da população brasileira. O parâmetro utilizado para expressar a estimativa quantitativa da Paternidade é o Índice de Paternidade (IP), que representa quantas vezes é mais provável que o suposto pai estudado seja o pai biológico ao ser comparado com um outro indivíduo qualquer da população. O Índice de Paternidade pode ser convertido em probabilidade de paternidade usando-se o Teorema de Bayers. Analogamente aos casos de paternidade, nos casos de maternidade utiliza-se o Índice de Maternidade (IM) e, nos demais, Índice de Vínculo Genético (IVG).

Quando não há compartilhamento genético entre o suposto pai e o(a) filho(a) em pelo menos três marcadores estudados, fica excluída a possibilidade de este ser o pai biológicos da criança. Nos casos de exclusão de Paternidade, verifica-se também a exclusão da mãe pelo suposto pai para excluir a possibilidade de troca de amostras entre a mãe e o filho(a).

Confirmação dos resultados: Após a primeira análise do DNA, procedemos, rotineiramente e em todos os exames, a metodologia da contraprova, que consiste em uma segunda análise independente do DNA para a confirmação dos resultados. Além disso, os resultados são conferidos por perito diferente daquele responsável pelas análises.

Sigilo: Durante o exame, a equipe técnica não tem acesso a quaisquer informações pessoais dos envolvidos.

Encontram-se disponíveis no laboratório a documentação e identificação de cada envolvido, resultados genéticos observados para cada marcador estudado é cópia integral do laudo expedido.

Resultados

Locus	Alelos		Frequência dos Alelos da filha	Índice de Paternidade
	Filha	Suposto Pai		
D10S1237	404 / 404	404 / 400	0,2710 / 0,2710	1,85
D13S317	9 / 11	8 / 11	0,0740 / 0,2960	0,84
D21S1437	121 / 133	121 / 129	0,0740 / 0,1600	3,38
D22S534	485 / 489	485 / 485	0,3130 / 0,4060	1,60
D2S1338	16 / 23	18 / 23	0,0530 / 0,0810	3,09
D3S1358	15 / 15	15 / 17	0,3310 / 0,3310	1,51
D3S2387	184 / 196	196 / 196	0,0940 / 0,1990	2,51
D3S2406	316 / 336	316 / 320	0,1090 / 0,0980	2,29
D5S2503	366 / 370	370 / 374	0,3170 / 0,3250	0,77
D6S1031	262 / 265	262 / 265	0,2510 / 0,0800	4,12
D7S820	7 / 12	7 / 13	0,0200 / 0,1820	12,50
D9S967	175 / 183	171 / 175	0,3060 / 0,0530	0,82
SE33	20.2 / 16	21.2 / 20.2	0,0200 / 0,1000	12,50
TH01	9.3 / 9.3	7 / 9.3	0,2040 / 0,2040	2,45
D12S391	16 / 17	17 / 21	0,0220 / 0,1070	2,34
D16S753	256 / 264	256 / 256	0,2290 / 0,1420	2,18
Amelogenina	X / X	X / Y		

“A amelogenina é um *loci* presente nos cromossomos sexuais que permite, através da técnica da PCR, identificar o sexo de um indivíduo” (MELGAÇO; FIGUEIREDO; PARADELA, 2007, p. 4).

Probabilidade de Paternidade = -----
Índice de Paternidade Acumulado = -----

Conclusão: Realizada com os alunos em sala de aula.

Na quinta etapa momento foi realizada uma discussão com os alunos sobre o modelo de DNA envolvendo o contexto histórico de sua construção fazendo relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Após foi solicitado aos alunos que respondessem a uma descrição do trabalho final de Watson e Crick com o roteiro adaptado proposto por Andrade e Caldeira no artigo “O modelo do DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o ensino de biologia”, publicado em 2009, no volume quatro da revista Filosofia e Historia da Biologia. Para posterior análise foi adaptado o questionário apresentado na sequência.

- 1- Quais eram os modelos sobre a molécula de DNA disponíveis até 1953?
- 2- Quais eram os problemas que esses modelos apresentavam para terem sido considerados insatisfatórios pela comunidade científica da época?
- 3- Em que o modelo da proposta de Watson e Crick avançou em relação aos anteriores?
- 4- Quais foram os resultados obtidos por outros pesquisadores que foram fundamentais para o estudo de Watson e Crick?
- 5- Qual a importância do modelo para a continuidade das pesquisas em genética?
- 6- Em que os estudos da molécula do DNA se mostram importantes para o

entendimento desta?

7- Escreva sobre o DNA na ciência:

8- Na tecnologia:

9- Na sociedade:

Além desse questionário, para coleta dos dados foram realizadas gravações em áudio na sala de aula durante o desenvolvimento do módulo. A análise dos dados consistiu em um caráter qualitativo e categorias de análise de conteúdo. De acordo com Bardin (1979):

A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação, e seguidamente por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidade de registro no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns desses elementos (Bardin, 1979, p.117).

Segundo Flick (2009), a pesquisa qualitativa incide em escolher adequadamente os métodos de maneira variada para posterior avaliação, e que esta ocorra de diferentes formas em diferentes perspectivas e nas reflexões sobre o trabalho realizado levando em consideração de que esta faz parte da construção do conhecimento com os alunos.

4 Construindo o conhecimento acerca do modelo de dupla hélice de DNA: desenvolvimento do módulo didático

Em um primeiro momento houve a introdução de um problema social, com a distribuição da reportagem “Chave da vida: DNA revela passado e futuro”⁵ publicada na revista Veja edições on-line de 1997, sobre o DNA, para leitura inicial. Essa reportagem possui um caráter sensacionalista de que o sequenciamento do DNA iria resolver todos os problemas da humanidade, isso se explica pelo ano de publicação da mesma. Trabalhou-se essa reportagem com o intuito de mostrar que essa não é a realidade sobre o DNA. Em seguida, foi realizado um questionamento sobre o projeto genoma humano. Ficou evidente que para muitos alunos tais informações, não eram acessíveis, ou eles não eram habituados a interagir com o professor em sala, devido ao silêncio que se instalou após o questionamento. Somente após algum tempo um dos alunos deu a seguinte resposta:

É o que faz mapeamento do genoma humano, professora! (A1)

Os outros alunos só concordaram com o colega, em seguida, colocou-se a seguinte questão: “O que vocês entendem por genoma humano?” Obtiveram-se algumas respostas como:

[...] é o projeto que estuda o DNA humano. (A7)

É o estudo do DNA do homem (A13)

Ao questionar qual a importância desse projeto para a humanidade, os alunos deixam evidente que a importância do projeto se coloca nos avanços da genética, como a clonagem de seres vivos, a cura de doenças, os exames de paternidade dentre outros, porém percebe-se na fala dos alunos a noção da influência causada pela reportagem inicial, isso fica evidente no discurso desses alunos como:

⁵ Disponível em: <http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/genetica/contexto1.html>. Acesso em: 24/10/2014

É importante para achar cura para doenças, fazer clonagem como, por exemplo, a da ovelha Dolly. (A11)

É importante para curar doenças como o câncer e fazer testes de DNA. (A17)

Após a discussão, foi realizada uma síntese juntamente com os alunos deixando explícito o que é o projeto genoma, como funcionou, quais as expectativas e quais eram as suas respectivas tecnologias desenvolvidas. Nesse momento, é deixado claro aos alunos que esse projeto tinha como objetivo somente sequenciar o DNA humano, então é realizada uma explicação expositiva do que é sequenciar e do que é mapear. Os alunos assistiram aos vídeos “O que é genoma”⁶ e “Projeto genoma humano”⁷, que mostram a história de como se deu a construção do projeto genoma humano.

A segunda etapa consistiu em uma discussão com os alunos de algumas tecnologias desenvolvidas e aperfeiçoadas após o sequenciamento do projeto genoma humano. Um dos questionamentos realizados foi se eles conheciam alguma tecnologia desenvolvida a partir dos estudos do DNA. Fica explícito que a maioria já ouviu falar do teste de paternidade, ao qual eles denominam de “teste de DNA” como fica claro no seguinte relato:

O teste de DNA é uma delas né professora que [...] faz com que uma pessoa saiba se é filha da outra. (A2)

Nesta fala fica evidente a visão do aluno de que o teste de paternidade e maternidade é uma tecnologia desenvolvida a partir do sequenciamento genético, possibilitando o trabalho com essa tecnologia em sala de aula com os alunos.

Na terceira etapa houve inicialmente a explicação do modelo de DNA, em sua forma molecular e química. Seguiu-se com apresentação do vídeo “A construção social da descoberta”⁸, que exhibe o contexto histórico onde ocorreu a construção do modelo da molécula de DNA mais aceito pela comunidade científica atualmente. Como esse vídeo possui muitos conceitos que ainda não foram trabalhados em sala de aula, após sua apresentação realizou-se a explicação expositiva de alguns conceitos como o de constituição molecular do DNA.

Após realizou-se juntamente com alunos a leitura do artigo de Watson e Crick traduzido. Essa leitura tinha como objetivo principal a apresentação aos alunos do trabalho científico antes de haver a transposição didática. Em seguida houve a discussão com os alunos sobre o DNA, essa etapa teve as seguintes questões como norteadoras: O que seria o DNA? O que é o modelo construído por Watson e Crick? Para que serve esse modelo? O que mudou nos conhecimentos científicos após a proposição do modelo de DNA? Possibilitou avanços científicos a construção desse modelo? Após foi solicitado aos alunos que elaborassem uma síntese do que foi discutido durante a aula, evidencia-se que ocorreu construção do conhecimento com relação ao quadro histórico da constituição do modelo de DNA, que o projeto genoma fez o sequenciamento do DNA e não o mapeamento, que o DNA não é o único responsável pelas características dos seres vivos, isso fica evidente na síntese do aluno A8 que inicialmente em seu mapa conceitual (Figura 5) relacionava o DNA somente com os genes:

Antigamente, achávamos que o ácido desoxirribonucleico ou DNA era a chave para tudo, que era o suprasumo da biologia e até então sabíamos

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w7xMzSBafAc>. Acesso em: 16/09/2014

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Bu6rbC2cnTM>. Acesso em: 16/09/2014

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18> Acesso em: 24/10/2014.

pouco sobre ele, foi quando Francis Crick e James Watson através de uma série de pesquisas e parcerias estabeleceram o modelo atual de DNA. Mas isso só explicava a sua forma, para melhor entendê-lo foi iniciado o projeto genoma humano que quis sequenciar o DNA. (A8)

No enunciado de A8 observa-se a visão de que os cientistas Watson e Crick não construíram o modelo de DNA sozinhos, portanto não era uma descoberta e sim uma construção. Deixa evidente que o projeto genoma humano tinha como propósito de sequenciar o DNA humano e não mapear como estava presente inicialmente no discurso dos alunos como já apresentada na primeira fala do aluno A1, quando esse responde ao questionamento da primeira etapa sobre o que é o Projeto Genoma Humano?

Durante a quarta etapa houve uma retomada da segunda etapa com a distribuição de um exemplo de testes de paternidade com a seguinte problematização: João é pai de Mariazinha? Justifique com base na análise do teste de paternidade: Com base nesta questão-problema foi realizada a explicação expositiva da primeira lei de Mendel ou lei da segregação independente. Conforme explicitado por Snustad e Simmons (2008) consistente em que cada organismo possui fatores herdados de seus pais, ou seja, na fecundação o indivíduo recebe metade dos alelos do progenitor masculino e a outra metade do progenitor feminino sendo este organismo um conjunto de alelos herdados de seus progenitores.

A explicação da primeira lei de Mendel possibilitou aos alunos a análise do teste de paternidade que fica evidente na seguinte resposta ao questionamento inicial:

O João é pai da Mariazinha porque nos alelos dela sempre tem um dos alelos do João, isso prova que ele é pai dela, porque como a professora explicou a gente recebe um alelo do pai e outro da mãe. (A10)

Nesta resposta fica evidente que a compreensão da primeira lei de Mendel possibilitou a interpretação de um resultado de exame de DNA somente com as informações presentes em tal exame.

Na quinta etapa foi realizado um diálogo com os alunos referente às interferências do teste de DNA na sociedade, foi indagado aos alunos em quais outras situações da vida cotidiana poderia ser utilizado esse teste? Como é manifestado no discurso dos alunos A22 e A14, presentes nas falas abaixo, os alunos conseguem estabelecer relações do conteúdo científico trabalhado em sala em sala com as questões presenciadas em seu dia-a-dia como em filmes e noticiários.

Ah! Professora - também pode ser usado para prender um bandido, é como nos filmes uma pessoa pode ser presa se for provado por meio do teste de DNA que foi ele quem cometeu um crime [...] como matar alguém por exemplo. (A22)

Também pode ser usado para ver se uma pessoa que morreu, por exemplo, de queimadura que não dá para ver quem é, e depois do teste descobrir que é aquela pessoa. (A14)

Como são evidentes no decorrer do módulo didático os alunos fazem relações do conteúdo trabalhado em sala de aula com o cotidiano, ou seja, conseguem perceber onde o conteúdo científico e tecnológico encontrar-se presente na sociedade. Desse modo é possível como relata Oliveira e Silveira (2010, p. 3) “partir de um tema atual, como o teste de DNA, em direção a um aprofundamento em conceitos importantes da Genética”. Nesse caso iniciamos a problematização com um tema social, o projeto genoma humano, a partir do qual chegamos ao teste de DNA. Essa

abordagem facilitou aos alunos a conexão dos temas sociais com os científicos e tecnológicos como fica explícito no andamento que se deu ao módulo didático.

Na apresentação dos resultados ficou demonstrado que compreender conceitos como os relacionados ao DNA é fundamental para entender, opinar e tomar decisões em questões importantes que ocorrem diariamente na sociedade (Pedrancini et al., 2007). Quando não há esta compreensão dos conceitos é complicada para os alunos adotar posições referentes as questões culturais, políticas, sociais e morais, dentre outras, as quais a utilização das tecnologias pautadas em conhecimento pertinentes ao DNA (Lima; Pinton & Chaves, 2007). Pedrancini et al. (2007, p.306) expõem que “quando o conteúdo escolar não consegue ultrapassar a sala de aula nos deparamos com sujeitos ‘escolarizados’, cujo conhecimento não lhes permite analisar fenômenos científicos, além do imediato”.

A utilização da HC conjugada às relações CTS possibilitaram aos alunos perceber como ocorre à construção dos conhecimentos científico-tecnológicos e relacioná-los com as questões que envolvem a sociedade, perceberam também que os cientistas fazem parte da sociedade na qual estão sendo desenvolvidas as pesquisas de cunho científico.

Pedrancini et al. (2007,) mencionam a responsabilidade da escola em formar um cidadão crítico capaz de tomar decisões fundamentadas e conscientes em questões que dizem respeito à sociedade na qual estes está inserido. Deixa claro que passar somente os conceitos sem que os alunos os compreendam em sua total aplicabilidade, não tornam aptos a exercer a cidadania adequadamente.

5 Representações finais do DNA e da construção do conhecimento científico

Com a análise do questionário final, podemos observar que a história da ciência pode ser utilizada como ferramenta para facilitar a compreensão a respeito de determinados temas da genética que muitas vezes são temas abstratos e de difícil compreensão (Campos; Bortoloto & Felício, 2003).

A primeira questão proposta solicitava aos alunos que respondessem a respeito dos modelos de DNA disponíveis até 1953, e obtiveram-se diversas respostas, porém a maioria seguiu um padrão como os apresentados na sequência:

O da tripla hélice que tinham três hélices que se “juntavam”. (A3)

Havia o modelo proposto pelo renomado químico Linus Pauling que se baseava em uma tripla hélice, além de outros com o fosfato no interior da dupla fita e as bases nitrogenadas no exterior. (A1)

A segunda questão fazia menção aos problemas encontrados nos modelos propostos anteriormente a Watson e Crick, os quais obtiveram dos alunos respostas diversas dentre elas estão às representadas na sequência:

O fato de ter três hélices não permitia o contato correto das bases-nitrogenadas e não permitia o funcionamento da molécula, não havia como ela abrir e se conectar ao RNA. (A20)

No caso da tripla-hélice não tinham respostas sobre como elas se ligavam, não era um modelo sem nexos, mas tinha suas dúvidas. (A3)

Com as respostas apresentadas para os dois primeiros questionamentos por A1, A20 e A3 fica evidente a compreensão dos alunos da existência de outros modelos propostos por cientistas da

época deixando claro que os alunos compreenderam que a construção de conhecimentos científicos é realizada por um conjunto de pesquisas e indivíduos de diversas áreas das ciências.

Na questão três “Em que o modelo de Watson e Crick avançou em relação aos anteriores?”, fica clara a compreensão da evolução do conhecimento científico, evolução no sentido de um maior aprofundamento nas questões científicas, mais explicitamente com relação ao modelo de DNA conforme se mostra evidente nas seguintes respostas de A1 e A9:

Era uma dupla hélice as bases nitrogenadas no interior fosfato no exterior, juntava no meio, adenina se liga a timina, guanina a citosina todos por ponte de hidrogênio forças intermolecular por duas ou três delas repetitivamente. (A1)

Criou um modelo que ligavam as bases nitrogenadas, que combinavam, e se interligavam. (A9)

Nas respostas dos alunos A1 e A9 observa-se que o conteúdo trabalhado de forma integrada com a HC possibilita aos alunos a construção de um conhecimento científico que passa a ter significado, já que percebem a ciência como algo construído por humanos, portanto propensa a erros e que pode se questionada.

Para a questão quatro “Quais foram os resultados obtidos por outros pesquisadores que foram fundamentais para o estudo de Watson e Crick?” obtiveram-se várias respostas como:

Que cada base se encaixava com a sua, devido, por causa da sua composição química. (A18)

Criação da difração em raios-X, o papel do DNA no organismo, características de sua formação até o modelo para a molécula do DNA. (A20)

O aluno A18 faz menção aos estudos da química da atração das bases nitrogenadas conclusão a que chegou Chargaff, já A20 cita a difração de raios-X, resultado dos estudos de Franklin e Wilks acerca do DNA. Esse ainda relata as análises de Watson e Crick a outros modelos de DNA da época. Fica evidente nesses relatos a compreensão de que a ciência é uma construção do conhecimento realizada por humanos dotados de dogmas, inseridos em um contexto social, cultural, histórico econômico (Matthews, 1995).

Ao questionar sobre a relevância do modelo de DNA para os estudos de genética verificou-se que apenas três alunos responderam. Na sequência estão as respostas emitidas:

Para identificar doenças, para o estudo das moléculas e também construiu para o projeto genoma. (A5)

A importância para a descoberta das bases e da sequência delas. (A15)

Com um modelo eficiente, mais propriedades puderam ser deduzidas, a explicação de como ocorre suas ações dentro da célula possível, e na atividade a identificação da molécula através de microscopia ainda que na realidade lembre vagamente o modelo, ele é eficiente. (A1)

Como pode ser observado nas respostas da questão cinco, para alguns alunos não ficou claro a importância de um modelo para os avanços dos conhecimentos em genética como fica evidente em A5 e A15, ainda pode-se verificar a visão de que esse modelo foi construído para o

projeto genoma, quando na verdade esse é a tentativa de se explicar a molécula de DNA. Os avanços em genética molecular foram consequências de estudos acerca do DNA utilizando o modelo como base. Porém o aluno A1 já demonstra a compreensão mais aprofundada das influências desse modelo para a evolução da genética.

Ao analisar a questão seis “Em que os estudos do modelo de DNA se mostram importantes para o entendimento desta molécula?” a maioria dos alunos respondeu que foi importante para o sequenciamento das bases nitrogenadas. Dentre as respostas, algumas que evidenciavam o DNA como uma “representação do real” e isso ficou evidente no fragmento em que A9 relatou “Foram criados modelos para estudos e pesquisas do DNA”. Na sequência a resposta completa do aluno a questão:

Foram criados modelos para estudos e pesquisas do DNA, que tem bases nitrogenadas que se interligam, foram criados exames genéticos, ajuda nos avanços para novas pesquisas. (A9)

Neste caso, há indicativos de ruptura com a visão apresentada inicialmente de “verdade permanente” do conhecimento relacionado ao DNA (ideia presente em parte dos mapas conceituais) que também pode ser observado na descrição da Figura 4.

As questões sete, oito e nove faziam alusão à perspectiva CTS com o intuito de perceber se houve essa percepção por parte dos alunos com os trabalhos desenvolvidos durante o módulo. Obtiveram-se as seguintes respostas com a proposta de discorrer sobre o DNA na ciência:

Permitir sequenciar as bases nitrogenadas, identificá-las, e permitia esclarecer dúvidas e pesquisas. (A18), (A4), (A34)

Para avanços em várias outras áreas e o teste de paternidade. (A21)

Já na tecnologia foram as seguintes:

O DNA na tecnologia fez com que fosse desenvolvido o teste de DNA e também fez com que ocorresse um grande avanço na medicina. (A29)

Teste de paternidade. (A24)

E na sociedade:

Teste de DNA para descobrir parentesco, ou quando a pessoa é (julgada) injustamente ela pode provar com esse exame que não foi ela. (A25)

Na sociedade o DNA ajudou em vários casos após os estudos feitos para descobrir o DNA, que sempre existiu, ele ajudou em muitos casos policiais e em casos de parentesco. (A19)

O DNA está com um ótimo desempenho, pelo fato de comprovarem os verdadeiros familiares, criminosos e vítimas. (A16)

Com a análise das relações do modelo de DNA com CTS pode-se perceber que os alunos confundiram o modelo com o teste de DNA realizado para comprovar parentescos ou para verificar se determinada secreção é do(s) indivíduo(s) em questão, utilizado bastante pela investigação criminal. Também houve evidências, no questionário final, de que os alunos encontraram dificuldades em fazer as relações de ciência e tecnologia já que alguns (A27, A5, A12, A6) não responderam a essas questões, alguns apresentaram respostas iguais às dos colegas como no caso

das relações com a ciência onde A18, A4 e A34 possuem respostas iguais para a questão “Permitir sequenciar as bases nitrogenadas identificá-las, e permitia esclarecer dúvidas e pesquisas”.

No entanto, as dificuldades encontradas pelos alunos estão relacionadas ao fato de que os conceitos da área de genética são complexos e o seu estudo é processual. O estudo de um conceito é um sistema de relações com outros conceitos envolvendo várias áreas das ciências, tais como a bioquímica, a química, entre outras. A abordagem didática com os alunos da história de como foi apresentada a estrutura do modelo de DNA pelos cientistas possibilitou uma visão histórica da estrutura presente no modelo de DNA e do envolvimento de vários cientistas, da tecnologia presente naquele momento histórico, no entanto, a compreensão do conceito e a sua relação com o CTS é processual. Entretanto, houve dificuldades em trabalhar esse conceito unindo todos esses fatores, visto que, desenvolver o tema estabelecendo essas correlações, além de preparação teórica requer conhecimentos sobre a prática em sala de aula, o que um aluno de graduação ainda precisa aperfeiçoar na busca de melhorar as aulas ministradas. Para Von Linsingen (2007, p. 13):

Educar, numa perspectiva CTS é, fundamentalmente, possibilitar uma formação para maior inserção social das pessoas no sentido de se tornarem aptas a participar dos processos de tomadas de decisões conscientes e negociadas em assuntos que envolvam ciência e tecnologia.

Estabelecer as relações CTS com os alunos da escola básica possibilitam ao estudante, compreender em quais situações ele pode buscar fundamentações relacionadas ao tema em discussão, para refletir sobre suas decisões e só então colocá-las em prática. Entretanto requer bastante esforço na busca de se aprofundar na teoria e ainda nos conhecimentos sobre a prática. Se o módulo fosse novamente desenvolvido, seria dado um enfoque maior sobre a influência do ambiente nas características dos seres vivos, já que este ponto ainda ficou bastante falho neste trabalho, mesmo que em alguns momentos houve essas relações por parte dos alunos, ainda assim precisa ser melhorado. Porém mesmo havendo algumas dificuldades o desenvolver do módulo foi bastante proveitoso para melhorar a prática docente e para perceber que é possível trabalhar os conteúdos de modo a se tornarem mais atrativos e significantes aos alunos. Isso fica evidente quando analisado os dados obtidos no decorrer do módulo e mesmo no questionário final.

6 Considerações Finais

O trabalho desenvolvido em sala de aula, com os alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública da cidade de Cascavel-PR, no qual se utilizou a história da ciência como forma de inserir o conteúdo científico e relacionar nesse conteúdo a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, mostrou-se como possibilidade de trabalhar a ciência em sua abordagem histórica, e relacioná-la com o contexto tecnológico e social em que esse aluno está inserido.

A história da ciência como já mencionado por diversos autores como, por exemplo, Justina e Ferla (2006), Martins (2007), Matthews (1995), Prestes e Caldeira (2009) dentre outros, humanizam a ciência, evidencia que essa não é construída por “gênios” e “heróis”. Elucida que essa se modifica com novos conhecimentos os quais podem refutar certa teoria como relata Moreira e Massoni (2001), recorrendo aos escritos de Popper, ou até mesmo a complementação e renovação de um conhecimento já existente anteriormente assim como afirma Kuhn conforme relatado por Koche (2009).

Já a tendência CTS quando utilizada em sala de aula auxilia os alunos a relacionar os conteúdos científicos com o seu cotidiano (Auler & Bazzo, 2001), além de oferecer subsídios teóricos em que o aluno pode recorrer para adotar decisões referentes aos problemas do dia-a-dia. No entanto, para se trabalhar de forma a estabelecer relações CTS com os alunos é necessário que

os professores, conforme apontam Gil Perez e Carvalho (1995), se apropriem do embasamento teórico que deveria ser adquirido mediante formação inicial e continuada para capacitar os professores a desenvolver um ensino de qualidade durante as aulas. Assim como explicitam Gil Perez e Carvalho (1995, p. 10) “não basta estruturar cuidadosamente e fundamentadamente um currículo se o professor não receber um preparo adequado para aplicá-lo”.

Quando o conteúdo científico é trabalhado de forma histórica e relacionado à tecnologia e à sociedade os alunos manifestam maior interesse e participação em sala. Isso faz com que o processo de construção do conhecimento do aluno se torne significativo e forneça base para a consciência dos problemas sociais e assim, para a tomada de decisão.

Como o objetivo geral do trabalho consistiu em averiguar se a inserção da história da biologia no ensino médio pode contribuir para que os alunos compreendam alguns dos conceitos básicos da genética, especialmente o de DNA, com a análise dos dados fica evidente que a história da ciência pode auxiliar na compreensão de conceitos de genética assim como o conceito de DNA, presente neste trabalho, já que a maioria dos alunos deixou claro em seu discurso que o que estudamos em biologia é o modelo de DNA e não a molécula de DNA presente nos organismos. Que essa molécula integra o genótipo do indivíduo, porém, as características que esse irá apresentar em sua expressão gênica dependem também dos fatores ambientais de onde esses indivíduos estão inseridos. Entretanto houve alguns pontos em relação a rede conceitual na qual o DNA se enreda, que precisavam ser melhorados, como as relações entre o fenótipo dos indivíduos e o ambiente onde eles vivem, esclarecer mais as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, dentre outros.

Portanto a HC pode auxiliar o entendimento dos alunos de como a ciência evolui ao longo do processo histórico da humanidade até chegar à ciência atual e aos conceitos científicos mais aceitos nesse momento. Contudo a compreensão do conceito científico (DNA) pelos estudantes é complexo, processual e se encontra na dependência de outras áreas do conhecimento dentro de um contexto histórico e cultural.

7 Referências

- AGUIEIRAS, A. M. (2011). Práticas profissionais promotoras de literacia científica. Acesso em 06 agos., 2014 <http://hdl.handle.net/10451/5480>.
- AMARAL, I. A. & MEGID NETO, J. (1997) Qualidade do livro didáticos de ciências: o que define e quem define?. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631),2(1)., Acesso em 16 set., 2014, <http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/14/20>
- ANDRADE, M. A. B. S. & CALDEIRA, A. M. A. (2009). O modelo de DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o ensino de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, 4(1), 139-165. Acesso em 06 de jun., 2014, <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-05-Mariana-Andrade-Ana-Maria-Caldeira.pdf>.
- AIKENHEAD, G.S. (1994). What is STS teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), **STS education: International perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 47-59.
- AULER, D. (2007). Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631),1. Acesso em 06 de jun. 2014 <http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/147/109>.
- AULER, D. & BAZZO. W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, 7 (1), 1-13. Acesso em 06 de jun. 2014 <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/01.pdf>

- Bardin, L. (1979). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- BASTOS, F. (1998). O ensino de conteúdos de história e filosofia da ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, 5(1), 55-72. Acesso em 18 de jun. 2014, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v5n1/a06v5n1.pdf>.
- BERTONI, D. & LUZ, A. A. (2011). Estilos do pensamento biológico sobre o fenômeno da vida. **Revista Contexto e Educação**. 86, 23-49. Acesso em 06 de jun. de 2014, <file:///C:/Users/aline.silva9/Downloads/271-1495-1-PB.pdf>
- BRASIL. (2000). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**: bases legais/Ministério da Educação – Brasília: Ministério da Educação Médio e Tecnológica. Acesso em 06 de jun. 2014, <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>.
- BRASIL. (2013). Ministério da Educação. Edital N° 061/2013/CAPES. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência**. Acesso em 17 de mai. 2016 http://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/Edital_061_2013_PIBID.pdf.
- CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, J. B. & GUERRA, C. (2008). Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: linhas de pesquisa e o caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. Portugal,1(1), 27-49. Acesso em: 18 de fev. 2014, <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1293/1/Alexandria-Revista%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o.pdf>.
- CAMPOS, L. M. L; BORTOLOTO, T. M. & FELÍCIO, A. K. C. A. (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Cadernos dos Núcleos de Ensino**, 3548, 35-48. Acesso em 16 de set. de 2014, <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>.
- CARNEIRO, S. P. & DAL-FARRA, R. A. (2011). As situações-problema no ensino de genética: estudando a mitose. **Genética na Escola**, 6(02), 30-34. Acesso em: 06 de jun. de 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-62-Artigo-05.pdf>.
- CARNEIRO, M. H. S. & GASTAL, M. S. (2005). História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, 11(1), 33-39. Acesso em 06 de jun. de 2014, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/03.pdf>.
- CASAGRANDE, G. L. & MAESTRELLI, S. R. P. (2006). **A genética humana no livro didático de biologia**. 121 f. Dissertação (Educação Científica e Tecnológica). Universidade federal de Santa Catarina: Florianópolis.
- CID, M. & SANTOS-NETO, A. J. (2005). Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Enseñanza de las Ciencias** (pp. 1-5). Acesso em 06 de jun. 2014, http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp270difapr.pdf.
- DUTRA, L. R. L. & MEDEIROS, A. T. (2013). As tendências pedagógicas e a estrutura das revoluções científicas de Thomas S. Kuhn: algumas considerações. **Anais FIPED**, 1(2). Acesso em 20 de jun. 2014, http://www.editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/Trabalho_Comunicacao_oral_idinscrito_1521_df34894204fb91a79b02ebed5452d975.pdf.

- FANTAPPIE, M. (2013). Epigenética e memória celular. **Revista Carbono**, 3. Acesso em 24 de nov. de 2014, <http://www.revistacarbono.com/wp-content/uploads/2013/06/Marcelo-Fantappie-Epigen%C3%A9tica-e-Mem%C3%B3ria-Celular.pdf>.
- FERNANDES, A. C.; PESSOLATO, A. G. T.; SOUZA, L. E. B.; BONFIM-SILVA, R.; FERREIRA, P. C. G. & DARÉ, G. L. R. (2011). Utilização do jogo “salada de aminoácidos” para o entendimento do código genético degenerado. **Genética na Escola**, 6(2), 60-67. Acesso em 06 de jun. 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-62-Artigo-11.pdf>.
- FLICK, U. (2009). **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Joice Elias Costa. 3.ed. Porto Alegre: Artemed.
- FREITAS, R. P.; SOUZA, K. F. C.; OLIVEIRA, M. R.; COSTA, A. G.; SANTOS, J. D.; ALECRIM, P. H.; CONCEIÇÃO, J. K. T. & HECKMAM M. I. O. (2011). Jogo da queimada: uma prática para o ensino da genética. **Revista Genética na Escola**. 2. 46-53. Acesso em 06 de jun. de 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-62-Artigo-11.pdf>.
- GIL-PÉREZ, D. & CARVALHO, A. M. P. (1995). **Formação de professores de ciências**. 2. Ed. São Paulo: Cortez.
- HALMENSCHLAGER, K. R. (2011). Abordagem temática no ensino de ciências: algumas possibilidades. **Revista Vivências**. 7, 10-22. Acesso em 06 de jun. de 2014, http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_013/artigos/artigos_vivencias_13/n13_01.pdf.
- HULL, David L. (1975), **Filosofia da ciência biológica**. Zahar.
- JANN, P. N. & LEITE, M. F. (2010). Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. **Ciências e Cognição/Science and Cognition**, 15(1), 282-293. Acesso em 20 de jun. de 2014, http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v15_1/m192_10.pdf.
- JUSTINA, L. A. D. & FERLA, M. R. A. (2006) A utilização de modelos didáticos no ensino de genética-exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi**, 10(2), 35-40. Acesso em 06 de jun. de 2014, <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19993>
- JUSTINA, L. A. D.; SOARES, M. A.; FERLA, M. R. & SANTOS, N. A. (2012). Proposição de modelo pedagógico de molécula de dna. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, 12(2/3), 70-72. Acesso em 20 de jun. 2014, <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19206>
- JUSTINA, L. A. D. & CALDEIRA, A. M. A. (2011). Investigação sobre a inclusão do episódio histórico da teoria genotípica de Wilhelm Ludwig Jo-hannsen na formação inicial de professores e pesquisadores. **Filosofia e História da Biologia**, 6(2), 291-312. Acesso em 06 de jun. de 2014, http://www.abfhib.org/FHB/FHB-6-2/FHB-6-2-07-Lourdes-Justina_Ana-Caldeira.pdf.
- KLUG, W. S.; CUMMINGS, M. R.; SPENCER, C. A. & PALLADINO, M. A. (2010). **Conceitos de genética**. Ed. 9, Artmed.
- KÖCHE, J. C. (2009). Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Ed. 28, **Petrópolis- RJ: Vozes**.
- KRAGH, H. (2001). **Introdução à historiografia da ciência**, Ed. Porto.
- KRASILCHIK, M. (2004). **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Editora USP.

- LIMA, A. C.; PINTON, M. R. G. M. & CHAVES, A. C. L. (2007). O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6. Acesso em 16 de set. de 2014, <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p464.pdf>.
- MARTINS, A. F. P. (2007). História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 24(1), 112-131. Acesso em 06 de jun., 2014, http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/artigos/historia_filosofia_ciencia.pdf
- MARTINS, L. A. P. (1998). A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631), 3(2). http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia.pdf
- MATTEWS, M. R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 12(3), 164-214. Acesso em 06 de jun., de 2014, http://www.moodle.ufba.br/file.php/10061/Artigos_Complementares/HIST_RIA_FILOSOFIA_E_ENSINO_DE_CI_NCIAS_Matthews_1995.pdf.
- MOREIRA, M. A. & MASSONI, N. T. (2001). Epistemologia do século XX. Porto Alegre: UFRGS. Acesso em 09 de set., de 2014 http://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n3_Massoni.pdf.
- MELGAÇO, M. C. P. P. S; FIGUEIREDO, A. L. & PARADELA, E. R. (2007) Investigação de vínculo genético por análise do DNA: os dados sempre oferecem suporte as conclusões? **Âmbito Jurídico**. Rio Grande, n.45. Acesso em 18 de fev., de 2016 http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2234&revista_caderno=6.
- MORIN, E. (2000). **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Brasília: Cortez.
- OLIVEIRA, M. L.; ANTUNES, A. M.; TELLES M. P. C. & SABÓIA-MORAIS S. M. T. (2012). Genética na TV: O vídeo educativo como recurso facilitador do processo de ensino-aprendizagem. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, 7(1), 27-42.
- OLIVEIRA, F. B. & SILVEIRA, R. M. V. (2010). O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia A partir de temas atuais?. **Genética na Escola**, 1, 1-4. Acesso em 16 de set., de 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-51-Artigo-01.pdf>.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. & BAZZO, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio Science, Technology and Society: the importance of the STS view to high school context. **Ciência & Educação**, 13(1), 71-84. Acesso em 06 de jun., 2014, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v13n1/v13n1a05.pdf>.
- PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. & RIBEIRO, R. A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, 6(2), 299. Acesso em 19 de out., de 2014, http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf

- PRESTES, M. E. B. & CALDEIRA, A. M. A. (2009). Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e história da biologia**, 4(1), 1-16. Acesso em 20 de jun., de 2014, <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>.
- ROSA, C. A. P. (2012). História da Ciência: da Antiguidade ao Renascimento Científico. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 7631-265. Acesso em 16 de set., de 2014, http://www.funag.gov.br/biblioteca/dmdocuments/Historia_da_ciencia_vol_1.pdf.
- ROSA, S. R. G. & SILVA, M. R. (2010). A história da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. **Alexandria**, 3(2), 59-78. Acesso em 16 de set., de 2014, <http://alexandria.ppget.ufsc.br/files/2012/03/sandra.pdf>.
- SALIM, D. C.; AKIMOTO, A. K.; RIBEIRO, G. B. L.; PEDROSA, M. A. F.; KLAUTAU-GUMARÃES, M. N. & OLIVEIRA, S. F. (2007). O baralho como ferramenta no ensino de genética. **Genética na Escola**, 2(1), 6-9. Acesso em 21 de out., de 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-21-Artigo-03.pdf>
- SANTOS, W. L. P & MORTIMER, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 1-23. Acesso em 06 de jun., de 2014, <http://www2.ufpa.br/ensinofts/artigos2/wildsoneduardo.pdf>.
- SÃO PAULO. (2008). **Proposta curricular do estado de São Paulo: biologia**. SEE. São Paulo. Acesso em 19 de set., de 2014, http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop_BIO_COMP_red_md_20_03.pdf.
- SCHEID, N. M.; DELIZOICOV, D. & FERRARI, N. A. (2003). Proposição do modelo de DNA: Um exemplo de como a história da ciência pode contribuir para o ensino de genética. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. 4, 25-29. Acesso em 06 de jun., de 2014, <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL021.pdf>.
- SILVA, B. V. C. (2009). Young fez, realmente, o experimento da fenda dupla?. **Latin-American Journal of Physics Education**, 3(2), 16. Acesso em 06 de jun., de 2014, <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3693116>.
- SILVA, M. R. (2007). Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. **Filosofia e Historia da Biologia** 2, 2, 297-310. Acesso em 16 de set., de 2014, <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-02/FHB-v02-18-Marcos-Silva.pdf>.
- SILVA, M. R. (2010). As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. **Scientiae Studia**, 8(1), 69-92. Acesso em 16 de set., de 2014. <http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a04v8n1.pdf>.
- SEPEL, L. M. N. & LORETO, E. L. S. (2007). Estrutura do DNA em Origami—Possibilidades Didáticas. *Rev. Genética da Escola*, 1, 3-5. Acesso em 2 de jul., de 2014, <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-21-Artigo-02.pdf>.
- SNUSTAD, D. P. & SIMMONS, M. J. (2008). **Fundamentos de genética**. Guanabara.

- STRATHERN, P. (2001). **Crick, Watson e o DNA em 90 minutos**. Zahar.
- TEIXEIRA, P. M. M. (2003). Educação científica e movimento CTS no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 3(1). Acesso em 06 de jun., de 2014, <http://ufpa.br/ensinofts/artigos2/v3n1a7.pdf>.
- VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M. & ARRUDA, S. M. (2013). História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 30, 287-322, Acesso em 06 de jun., de 2014, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/27102>.
- VON LINSINGEN, I. (2008). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631), 1. Acesso em 24 de out., de 2014, <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/2/23/Irlan.pdf>.
- WATSON, J. & CRICK, F. (1953). A structure for desoxyribose nucleic acid. **Nature**.171 (4356), 737- 738.