

ANÁLISE, ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS, DA COMPREENSÃO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO SOBRE A RELAÇÃO DNA-RNA-PROTEÍNAS APÓS O ACESSO AO GenBank

(Analysis of high school students' conceptual maps to investigate their understanding of DNA-RNA protein relation after accessing the GenBank)

Rosane Teresinha Nascimento da Rosa [rosanetr@hotmail.com]

Élgion Lúcio Silva Loreto [elgionloreto@pq.cnpq.br]

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e Saúde – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo

Este artigo trata da análise de mapas conceituais, elaborados por alunos do ensino médio, durante a aplicação de uma Unidade Didática (UD) sobre o tema síntese de proteínas. Uma das atividades da UD envolvia o acesso orientado ao GenBank, banco de dados sobre genes e sequências de DNA, disponível no *site* do National Center Biotechnology Information (NCBI). O objetivo da UD era verificar a compreensão dos alunos sobre a relação DNA-RNA-proteínas mediante a elaboração de mapas conceituais. Esses mapas foram construídos antes e após a aplicação da UD por seis alunos voluntários do 2º ano do Colégio Militar de Santa Maria (CMSM)/RS/Brasil. Esta UD foi desenvolvida no contraturno das atividades escolares. Para análise dos mapas, utilizou-se uma tabela de pontuação proposta por Novak & Gowin (1996). O mapa de referência tinha 52 pontos; dois alunos obtiveram 41 pontos, três alunos obtiveram respectivamente, 26, 10 e 2 pontos e um aluno não obteve pontuação. Na análise qualitativa foi possível identificar um avanço significativo nas relações conceituais desses alunos sobre síntese de proteínas. Os dados sugerem que o acesso ao GenBank, utilizado como estratégia didática dentro da UD, possibilitou este avanço.

Palavras-chave: ensino médio; ensino de biologia molecular; bioinformática; GenBank; mapa conceitual.

Abstract

This article presents an analysis of conceptual maps elaborated by high school students during the application of a didactic unit (DU) about synthesis of protein. One of the activities in this DU involved the supervised access to the GenBank, a database for genes and DNA sequences available, at the National Center Biotechnology Information (NCBI), website. The purpose of this study was to check the students' understanding of DNA-RNA-protein relation through the elaboration of conceptual maps. These maps were developed at the end of the DU by six volunteer students from grade 10 at the Militar School (CMSM), in Santa Maria, RS, Brazil. This DU was developed, outside of regular, school activities time. For the analysis of the conceptual maps, a score table proposed by Novak and Gowin (1996) was used. The model conceptual map had 52 points; in our study, two students got score 41, others three got 26, 10, 2 points and only one had no score. In the quantitative and in the qualitative analyses it was possible to identify a significant improvement in these students' conceptual relations about protein synthesis. The data suggest that the access to the GenBank, used as a didactic strategy in the DU, has made this improvement possible.

Keywords: high school; teaching of molecular biology; bio-computing; GenBank; conceptual maps.

Introdução

Este artigo relata um estudo realizado com alunos do ensino médio na utilização de acessos orientados a alguns *links* do GenBank¹ (National Center Biotechnology Information)-NCBI: O objetivo desse acesso era a utilização dos *links* deste *site* como estratégia didática para promover o avanço no conhecimento destes alunos sobre a síntese de proteínas. No estudo, foram comparados os mapas sobre a relação DNA-RNA-proteínas, elaboradas pelos alunos, antes e depois do acesso orientado, através do processo de análise proposto por Novak & Gowin (1996). Este trabalho descreve os procedimentos realizados e analisa o conhecimento alcançado depois do acesso orientado.

Os bancos de dados públicos para as sequências de nucleotídeos funcionam como uma biblioteca, possibilitando aos cientistas ter acesso às mesmas, provenientes de outros laboratórios e, também, trocar e compartilhar sequências de DNA. Todos os dias novas sequências são armazenadas no GenBank, o banco de dados públicos do NCBI (National Center Biotechnology Information). Estes dados são cada vez mais utilizados por pesquisadores para o desenvolvimento de seus trabalhos, fomentando a pesquisa sobre genes. Ferramentas de informática foram criadas para processar e interpretar tais dados. De modo simples, a bioinformática consiste no depósito e análise de sequências genéticas em bancos de dados, conseqüentemente, a manipulação e análise destas sequências com a utilização de softwares específicos (Farah, 2007). No entanto, o grande avanço da bioinformática, ainda não chegou à escola. Encontrou-se poucos exemplos de utilização da bioinformática no ensino médio. Uma exceção é o trabalho de Guimarães (2004), que relata a utilização do Biology Workbench,² que é uma ferramenta de informática que permite a inspeção de sequências de aminoácidos em proteínas específicas.

Uma análise das Atas dos dois últimos EPEB³ (Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia - 2004 e 2006), realizados na Faculdade de Educação (FE) da USP (Universidade de São Paulo/SP/Brasil), mostra que, de num universo de 583 trabalhos, apenas 46 aludiam à Genética e, dentre eles, 10 versavam sobre síntese de proteínas. Evidencia-se, com este registro, uma carência de trabalhos focando a síntese de proteínas neste evento, que foi representativo para as pesquisas sobre ensino de Biologia no Brasil. Compreender a síntese proteica é fundamental para avançar em temas correlatos, como a hereditariedade.

Levando em conta esse panorama das pesquisas, o presente trabalho objetiva verificar se o acesso ao GenBank permite melhorar a compreensão dos alunos sobre a relação DNA-RNA-proteínas. Para que esse objetivo se efetivasse, foi organizada uma Unidade Didática (UD), totalizando 20 horas/aula, sobre síntese de proteínas. Uma UD é uma sequência de aulas sobre um determinado tema (Campos & Nigro, 1999, p.99). No âmbito desta UD, havia um número de aulas destinado ao acesso orientado ao GenBank. A descrição da forma desse acesso é apresentada em Rosa & Loreto (2010).⁴ A UD foi ordenada segundo os Três Momentos Pedagógicos (3MP) propostos por Delizoicov & Angotti (1994), que serão descritos no delineamento metodológico da pesquisa.

O instrumento para verificar a compreensão dos alunos sobre síntese de proteínas foi a construção de mapas conceituais realizada antes e após o acesso ao GenBank.

¹ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

² <http://workbench.sdsc.edu/>

³ Os EPEB aconteceram por iniciativa dos docentes e pesquisadores ligados ao departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada da FE/USP, no período de 1984 a 2006. Durante os EPEB fundou-se a SBEnBio (Associação Brasileira de Ensino de Biologia). A partir de 2006 os EPEB não mais se realizam. Atualmente, temos os EREBIO (Encontros Regionais do Ensino de Biologia), divididos em seções e coordenados pela SBEnBio.

⁴ www.slideshare.net/rosanetrn

O uso dos mapas conceituais está baseado na técnica desenvolvida por Novak e colaboradores (Novak & Gowin, 1996) tendo como base os estudos de Ausubel *et al.* (1980). Eles podem ser usados para estudar mudanças na compreensão dos alunos, sobre conceitos de ciências. Segundo Ausubel (1978):

“Cada ciência está formada por conceitos, desde os mais ‘abrangentes’ (conceitos supraordenados), até os mais específicos, conceitos pouco inclusivos, passando por uma ou mais hierarquias intermediárias (conceitos subordinados)”.

Segundo Novak (1983), o uso de mapas conceituais como recurso didático nada mais é do que uma técnica pedagógica para auxiliar o aprendiz a ver, explicitamente, como os novos conceitos podem ser relacionados com os conceitos já adquiridos.

Os mapas conceituais são “diagramas que indicam relações entre os conceitos, mais especificamente, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos, que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela” (Moreira, 1986, p. 20). Mais recentemente, Moreira (2006, p. 6) definiu os mapas conceituais de uma maneira ampla como “... diagramas que indicam relações entre os conceitos e que sua estrutura deriva da organização conceitual de um conhecimento”.

Os mapas conceituais são uma demonstração prática da implementação dos princípios da teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel *et al.* (1980). Apesar deste autor nunca ter mencionado mapas conceituais em sua teoria, Novak (1996) utilizou os pressupostos teóricos de Ausubel para a estruturação dessa ferramenta. A teoria da aprendizagem significativa contrasta com a aprendizagem mecânica que Ausubel define como aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma relação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (1999, p. 151) atualmente seria mais adequado falar da teoria de Ausubel e Novak. Duas ideias marcam os seus trabalhos: a) caráter cognitivo, através do qual é dada a importância para a integração dos novos conteúdos nas estruturas cognitivas prévias dos sujeitos, ou seja, valoriza-se o que o aluno já sabe; b) caráter aplicado centrado nos problemas e nos tipos de aprendizagem propostos em uma situação socialmente determinada, como é o espaço da sala de aula. Desta forma, o conteúdo deve estar relacionado com o conhecimento prévio dos alunos e estes devem adotar uma atitude favorável, dotando de significado próprio os conteúdos que assimilam. Cabe ao professor organizar e sequenciar os conteúdos de forma que o aluno possa realizar uma aprendizagem significativa, encaixando novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva prévia e evitando, portanto, a aprendizagem “memorística”.

Entende-se que a aprendizagem tem caráter idiossincrático, ou seja, o significado da aprendizagem é individual para cada pessoa, podendo mesmo ser radicalmente diferente entre os alunos de um mesmo grupo. O indivíduo está em contato constante com novas informações e este movimento permite a apropriação de novos conceitos que passam a modificar ou alterar as concepções dos indivíduos.

Os mapas conceituais têm como finalidade básica auxiliar os estudantes e educadores a captar o significado dos conceitos que serão aprendidos. A unidade básica do mapa é a proposição, formada por dois ou mais conceitos unidos entre si por termos que expressem ligação entre eles. A figura 1, a seguir, mostra um modelo simplificado para fazer um mapa conceitual.

Enquanto instrumentos de avaliação, os mapas conceituais podem ser utilizados para se ter uma imagem da organização conceitual e das relações hierárquicas entre conceitos que o aluno estabelece para um dado conteúdo, representando o aprendizado em qualquer disciplina. Esta é uma visão qualitativa mas que pode ser muito valiosa para o professor, servindo como guia para sua prática pedagógica. Novak (1996), implementou 4 critérios baseados na teoria cognitiva de Ausubel: proposições, hierarquias, ligações cruzadas e exemplos, que possibilitam uma avaliação

quantitativa, conforme as características de cada critério classificatório foi atribuída uma pontuação aos mapas de acordo com a validade das representações e seu significado entre os conceitos.

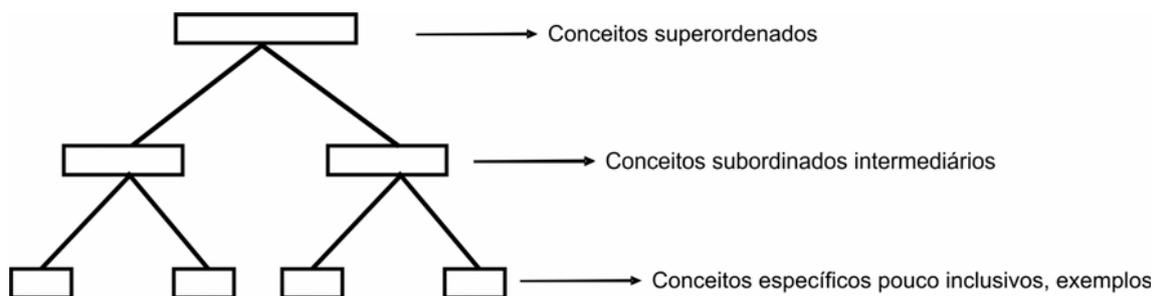


Figura 1 - Um modelo para mapeamento conceitual baseado em Moreira & Masini (1982, p.47).

As proposições são as relações entre os conceitos; o professor deve verificar se as palavras-chave que ligam os dois conceitos, refletem significados entre eles e se a relação é verdadeira. Em outras palavras, o professor deve verificar a validade conceitual. As linhas que conectam conceitos sugerem relações entre os mesmos, inclusive relações horizontais as quais se expressam mediante relações cruzadas, mostrando uniões entre conceitos pertencentes a partes diferentes do mapa conceitual. O critério hierarquia corresponde a ordenação dos conceitos mais gerais e inclusivos até os menos gerais, subordinados a estes. Deve-se verificar a validade das relações entre os conceitos mais inclusivos ou mais gerais (que devem estar acima ou em destaque) dos mais subordinados ou mais específicos, que estariam localizados abaixo destes.

Devem ser observadas, também, as ligações cruzadas ou transversais, que apresentam um critério de transversalidade ao mapa, ligando conceitos opostos horizontalmente. As ligações cruzadas conectam validamente conceitos horizontais opostos e representam maior grau de compreensão quando são simultaneamente significativas e válidas, expressando síntese de proposições ou conceitos relacionados. Caso apresentem apenas um dos critérios (significativa ou válida), a pontuação será menor. Existe a possibilidade de que o aluno faça uma ligação que seja criativa ou peculiar demonstrando, assim, sua criatividade.

As regras de pontuação dos mapas, de maneira geral, estão de acordo com as quatro especificações propostas por Novak (1996), acima descritas, e são apresentadas abaixo, no Quadro 1, baseadas no trabalho de Martins *et al.* (2009).

Quadro 1 - Pontuação para mapas conceituais baseada em Martins *et al.* (2009).

Critérios classificatórios	Pontuação de acordo com cada característica dos critérios classificatórios
Proposições (ligação entre dois conceitos): se forem válidas e significativas	0 1
Hierarquia: cada nível válido	0 5
Ligações transversais: cada ligação se for válida e significativa	1 0
Somente válida	0
Ligação peculiar ou criativa	1 0 2
Exemplos: cada exemplo válido	0 1

A Figura 2 apresenta um exemplo da estruturação de um mapa conceitual para a pontuação.

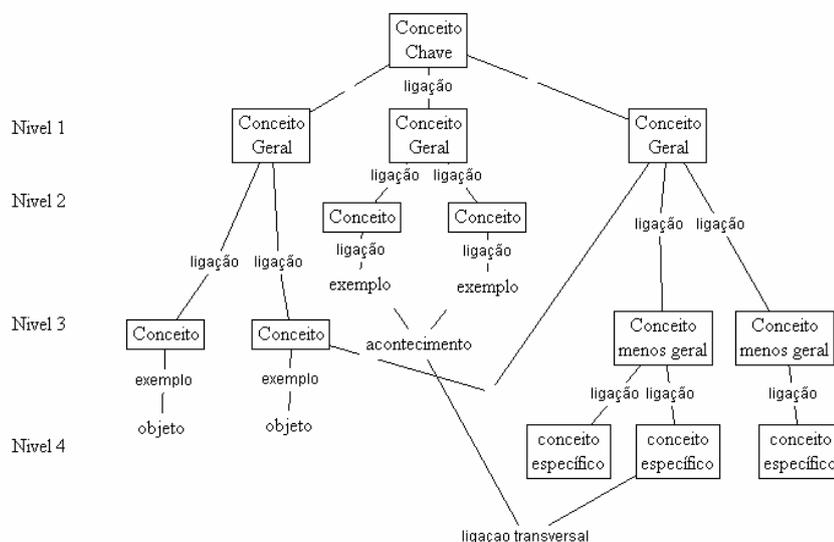


Figura 2 - Esquema de um exemplo de mapa conceitual para a pontuação (Novak & Gowin, 1996).

Na figura 3, apresenta-se um mapa de referência no qual está representado o conhecimento cientificamente aceito e ensinado na relação DNA - RNA - proteínas. Mapas traçados por diferentes especialistas em uma mesma área do conhecimento provavelmente refletirão pequenas diferenças de compreensão e interpretação das relações entre conceitos-chave desta área. Um mapa deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de certa estrutura conceitual (Moreira, 2006). O mapa mostrado na Figura 3 serviu para a análise posterior dos mapas conceituais elaborados pelos seis alunos (anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11 e 12) que participaram dessa pesquisa.

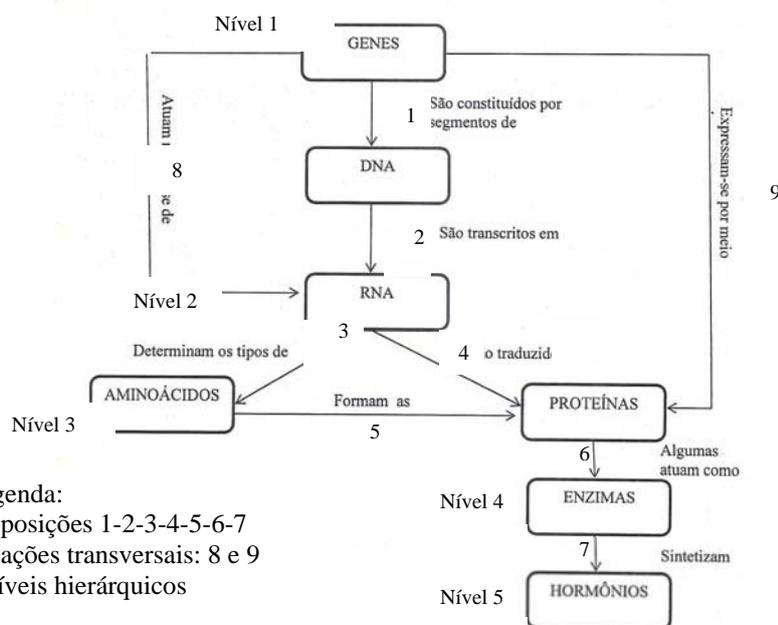


Figura 3 - Um Mapa de referência elaborado para o modelo DNA-RNA-proteínas que demonstra as relações julgadas válidas e significativas conceitualmente.

Procedeu-se, também, à categorização das proposições com a finalidade de contribuir na diferenciação e hierarquização dos conceitos. No Quadro 2, as categorias retiradas do mapa conceitual de referência sobre a relação DNA-RNA-proteínas são apresentadas como subsídio para a análise dos dados.

Quadro 2 - Categorias retiradas do mapa conceitual de referência.

Categorias	Descrição
01	Genes são constituídos por segmentos da molécula de DNA, são sequências de ácidos nucleicos com informação hereditária
02	O DNA contém informações para a síntese de um RNA ou proteína.
03	O RNA é sintetizado a partir de um modelo de DNA, processo chamado transcrição gênica.
04	O RNA determina os tipos de aminoácidos e a sequência em que eles devem se unir para formar a cadeia polipeptídica de uma proteína.
05	Os aminoácidos compõem as proteínas.
06	As proteínas, às vezes, atuam como enzimas ou hormônios.
07	Enzimas catalisam reações químicas como, por exemplo, sintetizando hormônios.
08	Proteínas estruturam e fazem funcionar o organismo, e, às vezes, atuam como hormônios.

A pesquisa

O presente estudo foi realizado no Colégio Militar de Santa Maria - CMSM/RS/Brasil, onde um dos pesquisadores era professora da disciplina de Biologia, na 2ª série do ensino médio. O processo de escolha dos alunos consistiu num convite a todos os matriculados nessa série, para participarem do projeto “Acessando o GenBank” durante o 2º semestre de 2009, no contraturno de suas atividades escolares, num espaço não formal, denominado Clube de Ciências. Os alunos voluntários simplesmente interessavam-se por temas relacionados à Biologia. No início inscreveram-se 12 alunos, mas no final contou-se com a participação efetiva de 6 (seis) alunos, sendo 5 (cinco) meninas e 1 (um) menino na faixa etária de 15 a 16 anos, ordenados de 01 a 06.

A coleta de dados foi executada de duas formas: através da montagem de mapas conceituais e de entrevista gravada com o depoimento dos alunos sobre como eles perceberam a integração dos conceitos relacionados à síntese proteica.

Os planejamentos didáticos foram estruturados segundo os 3MP propostos por Delizoicov & Angotti (1994), a saber: Problematização Inicial (PI), que se caracteriza pela apresentação de situações que estejam relacionadas com a temática central; Organização do Conhecimento (OC), na qual são dados os conhecimentos de Biologia necessários à compreensão do tema central e o encaminhamento das soluções para as questões da PI; Aplicação do Conhecimento (AC), que encerra a UD e destina-se à utilização dos conhecimentos construídos pelos alunos para interpretar as situações problematizadoras, procurando identificar o grau de compreensão conseguido sobre estas.

A UD aplicada teve como tema a síntese de proteínas e como assunto integrador, o hormônio do crescimento (Growth hormone, 1 GH1). O objetivo da PI, nessa UD era identificar se os alunos compreendiam melhor a relação DNA-RNA - proteínas utilizando as ferramentas do NCBI.

As 20 horas/aula que formaram a UD assim se configuraram:

- PI, com duração de duas horas/aula, através do levantamento das concepções prévias sobre a relação DNA-RNA-proteínas. Procedeu-se da seguinte forma: Elegeu-se, previamente, 7 palavras relacionadas a conceitos correlatos à síntese de proteínas, que foram apresentados em pequenos retângulos de cartolina: GENES - DNA - RNA - PROTEÍNAS - ENZIMAS -

AMINOÁCIDOS e HORMÔNIOS, colocados em um envelope e distribuídos aos 6 alunos. Eles deveriam colar estas palavras-conceito de acordo com as suas concepções em relação à ordem de pertinência e hierarquia entre os mesmos. Estes assuntos não deveriam ser inéditos; logo, deveria haver um conhecimento prévio dos alunos porque eles já os haviam estudado na 1ª série do ensino médio. Após a montagem dos 6 mapas pelos alunos (anexos 1, 3, 5, 7, 9 e 11) estes foram recolhidos e considerados como pré-testes.

- OC, com duração de 16 horas-aula, distribuídas entre aulas expositivas, práticas e no laboratório de informática. Para o acesso orientado ao GenBank, os alunos receberam um roteiro explicativo tipo passo a passo, que apresentava os caminhos de acesso aos *links* do NCBI. Basicamente o acesso consiste em: 1) Digitar www.ncbi.nlm.nih.gov; 2) No campo search (pesquisa) escolher **OMIM** (Herança Mendeliana no Homem Online), um compêndio abrangente e fidedigno dos genes humanos e de seus fenótipos genéticos. Após, o usuário deve completar o próximo quadro com o nome do gene que pretende investigar, no caso dessa pesquisa, o Growth hormone 1, GH1 ; 3) Continuando a pesquisa, encontra-se nesta página, à direita, os seguintes links: 3a) **NCBI Gene**: Esta ferramenta da bionformática possibilita organizar as informações sobre os genes. Cada gene conhecido recebe um único número identificador, o Gene ID (como se fosse a “carteira de identidade “do gene); 3b) **Gene Info** tem como objetivo principal nomear os genes apresentados pelo Projeto Genoma Humano (PGH), portanto, contém os símbolos e denominações representativas dos genes; 3c) **NCBI Ref. Seq**: Sequências de referências. Encontra-se neste *link*, os nucleotídeos que formam o gene pesquisado; 3d) **Protein/UniProt**: Sequências das proteínas obtidas a partir das espécies pesquisadas e catalogadas no NCBI.

- AC, com duração de duas horas/aula, destinadas à utilização dos assuntos aprendidos e para identificar o nível de entendimento conseguido pelos alunos durante a OC. Solicitou-se que os alunos fizessem novos mapas sobre os conceitos anteriormente recebidos, que constituíram os pós-testes (anexos, 2, 4, 6, 8,10 e 12). Assim sendo, foram distribuídas folhas de papel em branco, cola e um envelope, contendo o mesmo conjunto de 7 palavras-conceitos em pequenos quadradinhos distribuídos anteriormente como pré-testes na PI.

Imediatamente ao término da AC, a professora pesquisadora colheu o depoimento gravado dos alunos participantes sobre as possíveis integrações entre os conceitos de DNA, gene e proteínas que os mesmos tinham estabelecido após o acesso ao NCBI. Os relatos fazem parte da seção seguinte.

Análise dos mapas e discussão dos resultados

Os mapas conceituais são instrumentos que favorecem uma avaliação qualitativa, pois são produções individuais. Como os mapas conceituais não são autossuficientes, é aconselhável que sejam explicados por quem os faz, ou seja, professores ou alunos. Salienta-se que os mapas elaborados pelos alunos deste grupo não foram apresentados oralmente, apenas procedeu-se a análise segundo a pontuação proposta por Novak & Gowin (1996). Os seis (6) mapas de conceitos, elaborados nos pré-testes (anexos 1,3,5,7,9 e 11) não foram pontuados porque não apresentaram condições para tal, segundo os critérios de análise estabelecidos no Quadro 1. Porém, eles foram extremamente relevantes para exteriorizar as dificuldades conceituais desse grupo de alunos. Nesses mapas, identificou-se conceitos soltos, sem nenhuma proposição conectora, demonstrando claramente uma visão fragmentada e descontextualizada sobre a síntese de proteínas. Os mapas conceituais analisados para a pontuação neste trabalho foram apenas os elaborados no pós-teste (anexos 2,4,6,8,10 e 12) , de acordo com os critérios presentes na referida tabela.

Quadro 3 - Pontuação do Mapa Conceitual de Referência (MCR) de acordo com a figura 2, baseado em Martins *et al.* (2009).

Critérios classificatórios	Mapa Conceitual de referência (MCR)
a) Proposições (ligações entre dois conceitos) cada ligação se for válida e significativa	0 7
b) Hierarquia: cada nível	05 x 5
c) Ligações transversais: cada ligação se for válida e significativa - Somente válida - Ligação peculiar ou criativa	02 x 10
d) Exemplos: cada exemplo válido	0
Pontuação	52 pontos

Quadro 4 – Pontuações dos mapas elaborados pelos 6 alunos nos pós-testes (anexos, 2, 4, 6, 8, 10 e 12).

	AI/01	AI/02	AI/03	AI/04	AI/05	AI/06
a) Proposições	0	4	4	0	2	6
b) Hierarquias	2x5	5x5	5x5	0	0	4x5
c) Ligações transversais: cada ligação se for válida e significativa	0	10	10	0	0	0
- Somente válida	0	0	0	0	0	0
- Ligação peculiar ou criativa	0	2	2	0	0	0
d) Exemplos	0	0	0	0	0	0
Pontuação	10	41	41	0	2	26

Para efeito deste artigo, analisa-se como exemplo o mapa conceitual do aluno 03, elaborado nos pré e pós-testes, pois este foi o que mais se aproximou do esperado em termos de representação conceitual correta da relação DNA-RNA-proteínas. No pré-teste desse aluno, identificam-se as dificuldades em traçar as relações entre os conceitos, pois o aluno agrupou os conceitos em dois lados distintos. Em um lado, ele agrupou Genes-DNA-enzima-RNA, pois na sua compreensão anterior eles se relacionavam de alguma forma; assim como proteínas, aminoácidos e hormônios eram palavras-conceitos que na confecção do mapa no pré-teste, ele não sabia onde encaixá-los e que tipo de relação havia entre eles.

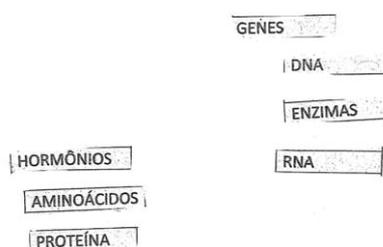


Figura 4 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno 03, no pré-teste, durante a PI.

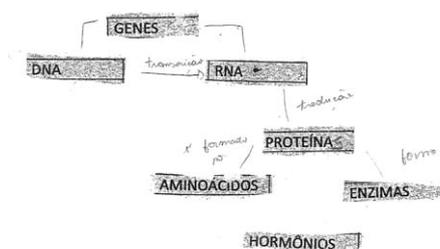


Figura 5 - Mapa conceitual elaborado pelo aluno 03, no pós-teste, durante a AC.

No pós-teste (anexo 6), evidenciou-se a compreensão da relação DNA-RNA-proteínas, pois o aluno usa as setas conectoras e as palavras de conexão entre os conceitos. Utiliza os termos de ligação entre os conceitos que identificam a síntese de proteínas que são transcrição e tradução. Escapou a ele somente a seta conectora do conceito hormônio, mas ele, ainda assim, aproximou-o do grupo de conceitos que lhe eram pertinentes. Obteve 41 pontos de acordo com a tabela 5. Identificou os 5 níveis hierárquicos, elaborou 4 proposições corretamente, fez uma ligação transversal e demonstrou criatividade na apresentação da relação genes-DNA-RNA-proteína.

O aluno 01, no seu pós-teste (anexo 2), simplesmente colou as palavras-conceito genes e DNA próximas, tendo realizado este procedimento também com proteínas e enzimas. No seu mapa, este aluno representa apenas dois níveis hierárquicos corretamente. Ayuso & Banet (2002) apontaram que os alunos apresentam dificuldades em localizar as informações hereditárias, o que se constituiu em um obstáculo muito importante para a compreensão dos aspectos básicos da herança biológica. Este aluno não identificou a conexão gene-DNA. Essa situação já foi apontada por Carneiro & Silveira (2004), que mostram que alunos do ensino médio não reconheceram a relação célula-cromossomo-gene-DNA.

O aluno 02 demonstrou, através de seu mapa no pós-teste (anexo 4) uma representação conceitual na qual as palavras-conceitos estão interrelacionadas. Utilizou palavras de ligação corretamente em relação à síntese de proteínas, que são transcrição e tradução e setas conectoras entre os conceitos. Apenas não conseguiu relacionar, de maneira satisfatória, a palavra-conceito hormônio no seu mapa. Apresentou, em tal mapa, uma ligação transversal significativa e criativa e semelhante ao aluno 03, obtendo 41 pontos em seu mapa.

O aluno 03 demonstrou um excelente relacionamento entre os conceitos estudados. No pós-teste (anexo 6), seu mapa acrescentou palavras de ligação e setas conectoras entre os conceitos, construindo um mapa com ligação transversal significativa, com demonstração de criatividade na representação dos conceitos estudados.

Os mapas dos alunos 02 e 03 se revestiram de significado, uma vez que estes identificaram os mecanismos de transcrição e tradução. Primon & Rezende (2009), mostraram que, em pesquisa com 33 estudantes do último semestre do curso de licenciatura em Ciências Biológicas sobre a relação DNA, RNA, aminoácidos e proteínas, apenas 37% identificaram os termos mas apresentaram uma conceituação ingênua ou desconhecida e 40% apenas conheciam os termos e tinham definições memorizadas, sem compreensão real dos significados.

O aluno 04 não obteve pontuação no seu mapa do pós-teste (anexo 8), colocou a palavra-conceito hormônio menos inclusiva e mais específica no topo do seu mapa numa leitura do conceito menos abrangente para o mais abrangente. Não utilizou setas ou palavras e não identificou a hierarquização entre os conceitos. Isto sinaliza que a aprendizagem deste aluno não foi significativa e ofereceu uma clara demonstração das deficiências no ensino nesta área, como apontam Lewis; Leach & Wood-Robinson (2000), que constataram que o currículo e os livros didáticos incluem, frequentemente, processos complexos, como síntese de proteínas e engenharia genética, sem

oferecer a devida correlação com os conceitos básicos envolvidos, que devem ser primeiramente entendidos. Da mesma forma, isto foi confirmado nas pesquisas de Carvalho & Teixeira (2006), que identificaram a falta de conhecimento adequado sobre gene e proteína em alunos do ensino médio e licenciados em Biologia. Martinez-Gracia *et al.* (2006) também constataram vários erros nos livros didáticos que dificultam a aprendizagem dos conceitos, pois as informações são factuais, levando em conta que o livro didático é um dos mais importantes recursos utilizados pelos professores no Brasil, como igualmente já evidenciaram as pesquisas de Xavier *et al.* (2006).

Em relação ao aluno 05 (anexo 10) observou-se que os conceitos apresentados no seu mapa foram desorganizados. Ele apresentou apenas duas proposições corretas e as suas ligações entre as palavras-conceitos, de um modo geral, apontam que o aluno tem dificuldades na organização das ideias para a compreensão das relações conceituais envolvendo a síntese de proteínas. Isto comprova o identificado por Wood-Robinson *et al.* (1998), em pesquisas realizadas com alunos espanhóis: 40% deles não tinham ouvido falar do código genético e nenhum dos estudantes pesquisados estabeleceu uma ligação entre o código genético e a síntese de um produto gênico, tal como uma proteína.

Em seu mapa conceitual o aluno 06, (anexo 12) estabeleceu 4 níveis hierárquicos e 6 proposições corretas, apesar de não usar termos de ligação entre elas. Apresentou uma relação satisfatória entre as palavras-conceitos no seu mapa: genes-DNA, DNA-RNA, RNA-aminoácidos, proteínas-enzimas e proteínas-hormônios. Porém, ele não escreveu as palavras conectoras, chaves do processo de síntese de proteínas. Para Primon & Rezende (2009), esses processos constituem um ponto de grande fragilidade no conhecimento no grupo de universitários investigados em final de curso de Ciências Biológicas.

Um estudo realizado por Carvalho & Bossolan (2009) concluiu que é necessária uma interrelação entre o assunto proteína e outros, como genética, mostrando aos alunos que a proteína estudada no capítulo da nutrição é a mesma do capítulo da genética. Acrescentar-se-ia, ainda, que os hormônios do capítulo sobre o sistema endocrinológico são os mesmos da genética. Sobre a palavra-conceito hormônio, que é um conceito específico em relação ao conceito de gene, os alunos tiveram dificuldades em elaborar as ligações corretamente.

O aluno 06 apresentou uma relativa capacidade organizacional na tentativa de dar significado à relação entre as palavras-conceitos no seu mapa (anexo 12). Este aluno conseguiu contemplar, alguns critérios classificatórios, obtendo 26 pontos.

Elenca-se a seguir os possíveis motivos pelos quais os alunos 01, 04 e 05 não aproveitaram plenamente a UD. Um deles reside no que aponta Ausubel *et al.* (1980 *apud* Moreira, 1986, 1999). Segundo esses autores, o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar significativamente a nova informação à sua estrutura cognitiva. Nesse aspecto, o uso de estratégias facilitadoras de aprendizagem funcionará como um reforço à sua disposição em aprender. Porém, se a intenção do aprendiz for apenas a de memorizar de maneira arbitrária e literal a nova informação, seja ela significativa ou não, a aprendizagem só poderá ser mecânica. Logo, a estratégia facilitadora não influenciará no aprendizado.

Outro empecilho diagnosticado foi o tempo destinado à execução da UD. Seria necessário aplicar este estudo por um período maior, para que os alunos tivessem mais oportunidades de identificar suas deficiências conceituais e reelaborassem seus mapas. Também pode-se considerar que outra limitação da UD residiu no fato do tema proposto partir dos pesquisadores e não dos alunos; portanto, naquele momento, a temática não se revestiu de significado para os alunos 01, 04 e 05. Outra questão importante é como os alunos aprendem novos conteúdos, em especial os de caráter científico, já que eles não têm um total desconhecimento acerca dos mesmos. Através de diversas fontes, eles vêm recebendo informações sobre esses conceitos e vão, no decorrer da vida, construindo suas próprias concepções mais ou menos certas que, algumas vezes, podem coincidir

com as concepções consideradas corretas do ponto de vista científico. E, que, para o aluno chegar à concepção científica, é necessário que tenha havido uma mudança conceitual. Essas mudanças não são simples, pois fazem parte de um processo metodológico e epistemológico. Posner & Cós (*apud* Garrido *et al.*, 2001) apontam que, para haver mudança conceitual, os alunos devem se sentir insatisfeitos com as limitações de suas representações estarem abertos às explicações científicas.

Como esclarece Santos (1991), na busca de tentar entender os conteúdos das crenças e ideias dos alunos antes, durante e depois do ensino, as pesquisas têm evidenciado características peculiares em que o processo de elaboração de conceitos no indivíduo se inicia com o nascimento, desde o instante em que o mesmo começa a fazer discriminações do meio que o cerca. Isto se explica pelo fato de cada indivíduo interioriza suas experiências de maneira própria; por tanto, suas ideias são coerentes, pois a eles parecem sensatas e úteis e, finalmente, são estruturadas e resistentes às mudanças, porque persistem, apesar de serem ensinadas as concepções científicas aos indivíduos. Essa mesma autora explica que o conhecimento se constrói por re-estruturações sucessivas. Contudo, a mudança não é nada fácil. Qualquer ideia está articulada de uma forma complexa a muitas outras ideias. Por conseguinte, mudar uma implica, muitas vezes, repensar outras. O conhecimento individual não é um conjunto discreto de elementos, mas, antes, uma série de estruturas. A aprendizagem envolve o desenvolvimento e a mudança de tais estruturas.

Cabe aqui ressaltar a importância dos conhecimentos conceituais prévios - as ideias prévias - a partir dos quais os alunos constroem o seu saber. De acordo com Pozo (1987), citado por Garcia-Millá (2004), as ideias prévias dos alunos originam-se em sua interrelação cotidiana com o mundo e, habitualmente persistem ao ensino. São estáveis e apresentam resistências à mudança, já que os alunos não as modificam, apesar de esforços do professor. Estas ideias prévias foram identificadas em crianças e adultos, inclusive em universitários, em sua área de especificidade.

Outro ponto importante a ser levantado nesta pesquisa, diz respeito ao envolvimento dos alunos com as atividades, uma vez que ficou visível em seus depoimentos a relação estabelecida, pelos mesmos, entre os conceitos de DNA, gene e proteína ao utilizarem as ferramentas do NCBI:

O aluno 02 salientou que conseguiu ligar mais os conceitos e que o *site* em inglês do NCBI não é problema devido aos tradutores *online*. O aluno 01 relatou que lembrou conceitos do ano passado e que descobriu no NCBI, uma ferramenta confiável de pesquisa. Quanto ao aluno 03, este ressaltou que a atividade permitiu que extrapolasse o ensino tradicional e que teve acesso a informações totalmente novas. A questão quanto ao tamanho do gene foi uma novidade para todos, que identificaram, através do NCBI e dos seus *links*, a imensidão das sequências gênicas. Como no relata o aluno 02: “*Na realidade eu não sabia direito o que era gene*”.

Os alunos 02 e 03, afirmaram que os conceitos aprendidos no ensino médio em Biologia, não apresentam a devida conexão. Apoiados nesta fala também concordamos, pois isso caracteriza um ensino descentralizado e uma aprendizagem que, por consequência, não é impregnada de significado para os alunos.

O aluno 01 considerou que a apresentação dos assuntos parte por parte com o auxílio de um roteiro foi positiva. Os alunos 02, 03 e 06 vislumbraram a possibilidade de integração dos assuntos e de conhecer a extensão e a complexidade das pesquisas sobre o gene através do *site*.

O aluno 03 complementou que essa integração conceitual foi muito produtiva e a sua surpresa em relação ao que ele desconhecia sobre os genes, sua extensão e visualização através do *site* da representação das regiões éxons e íntrons do gene:

“*Eu acho que foi produtivo sim. Quando colocamos o growth hormone 1 GHI aparecia tudo DNA, proteína e gene. Como é grande aquilo, se via tudo. No colégio é tudo muito solto e lá no site, a gente via que havia uma integração. Falava tudo sobre o gene. Eu não tinha noção, eu*

não sabia que existia gene com mais de 2000 letrinhas. E nem tinha uma noção da diferenças entre éxons e íntrons” .

Estes depoimentos permitem confirmar o comprometimento desses nas atividades propostas e evidencia que a abordagem da Unidade Didática revelou-se potencialmente significativa para os motivarem para a aprendizagem dos conceitos ligados a síntese de proteínas.

O aluno 04, não conseguiu compreender os conceitos e fazer as conexões para a síntese de proteínas e relata em sua fala: *”Minha dificuldade maior não foi o inglês, a gente sempre arruma um jeito e no colégio militar temos uma boa estrutura em inglês, esse tipo de coisa. Acho que não há nenhuma dificuldade. Agora, as ferramentas em si, para tu entender, o que cada uma quer dizer e ainda, o que cada uma vai te proporcionar é um pouco mais complicado, exige um conhecimento, acho que não um conhecimento grande, mas uma boa conexão entre os conceitos que a gente vê meio solto no ensino médio”*. E, o aluno 05 apontou também suas dificuldades evidenciadas neste extrato de fala: *“No início, o maior problema foi, primeiro a gente se acostumar com a nomenclatura que tem no site são muitos termos técnicos precisaríamos de mais tempo...”*.

Acrescenta-se, ainda, que o recurso GenBanK, utilizado nesta pesquisa, foi uma experiência singular para o grupo dos seis (6) alunos. Entretanto, esta estratégia não foi suficiente para que ocorresse uma mudança conceitual significativa em todos os alunos. Porém, o acesso ao GenBank foi informativo e, mais do que isso, colocou o aluno do ensino médio frente à novas tecnologias da bioinformática.

Conclusões

No que diz respeito à avaliação os mapas conceituais, servem como instrumento para perceber e obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno apresenta para um determinado grupo de conceitos, ou seja, a estrutura hierárquica da organização do conteúdo em sua mente. Eles permitiram perceber, claramente, nesta pesquisa, que os alunos 01, 04 e 05 apresentaram relações equivocadas entre as palavras-conceitos. Os alunos 03, 02 e 06 apresentaram, de forma significativa, a relação entre os conceitos com palavras de ligação e setas conectoras, com os melhores mapas por ordem de organização e estruturação das palavras-conceitos envolvidas no corpo de conhecimentos da relação genes-proteínas. Obtiveram, assim, a melhor pontuação em relação aos 52 pontos do mapa de referência. Os alunos 02 e 03, obtiveram 41 pontos e o aluno 06, 26 pontos. Os desenhos dos mapas dos alunos 02 e 03 se destacaram tanto por serem os melhores do grupo e por apresentarem criatividade.

Nos mapas dos alunos 01, 04 e 05, ficaram evidenciadas as deficiências conceituais persistentes neles sobre a relação DNA-RNA-proteínas, já comprovadas, tanto no ensino médio, quanto no universitário pelas pesquisas citadas na discussão dos resultados. Aposta-se em novas estratégias didáticas para o ensino de biologia molecular, utilizando-se a bioinformática no ensino médio, já que há projetos por parte do governo brasileiro para que a maioria das escolas possua computadores com acesso à internet. Acredita-se que um vislumbre dos conhecimentos depositados nos bancos de dados, como por exemplo, o NCBI, de forma orientada pelo professor, pode ser uma ferramenta para atrair a atenção e o interesse dos alunos do ensino médio.

Os *links* do GenBank apresentam uma possibilidade de exploração e integração em relação a alguns conceitos de síntese de proteínas, de modo que a aprendizagem se torne mais efetiva e progressiva. Para três alunos participantes da pesquisa, essa experiência se revestiu de significado, como mostrado nos mapas conceituais elaborados por eles no final da aplicação da UD. Porém, em relação aos demais pode-se inferir que é necessário trabalhar as suas defasagens conceituais básicas

sobre síntese de proteínas que poderão futuramente, dificultar o estabelecimento de conexões em outros assuntos presentes no currículo do ensino médio de biologia pertinentes à Genética.

Embora 3 alunos não alcançassem os resultados esperados, esta experiência aponta para novos horizontes em relação à necessidade de ferramentas didáticas diversificadas, principalmente as amparadas em recursos da informática. Tais estratégias são condizentes com o perfil dos alunos na atualidade, inseridos, na sua maioria, em uma sociedade digitalizada. Estes alunos são chamados de “nativos digitais”, expressão cunhada por Prensky (2001), para designar os nascidos depois de 1980.

Concluiu-se que o acesso ao GenBank foi uma ferramenta relevante, que ajudou os alunos 02, 03 e 06 a avançar em sua rede conceitual em relação à síntese de proteínas. Eles relacionaram os conceitos e utilizaram corretamente os termos de ligação para que as proposições fossem explicitadas. Demonstraram compreensão dos conceitos ao estabelecer as proposições corretas e utilizaram acertadamente os termos de ligação que esclareceram a subordinação entre as palavras-conceitos.

Referências

- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1978). *Education psychology: A cognitive view* (2ªed.). New York: (Holt, Reinhart and Winston: Nueva York).
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional* (2ªed). E. Nick, H.B.C. Rodrigues, L. Peotta, M.A. Fontes, & M.G.R. Maron, Trad.), Rio de Janeiro: Interamericana. (obra original publicada em 1978).
- Ayuso, G. E. & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.
- Campos, M. C. da C. & Nigro, R. G. (1999). *Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação*. São Paulo: FTD.
- Carneiro L. R. C. & Silveira, R. V. M. (2004). *Um jogo de interpretação (RPG) para o ensino de Genética: “Em busca do gene perdido”*. In : IX Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 2004, São Paulo, Atas ...: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. p. 118.
- Carvalho, J. C de Q. & Bossolan, N.R.S. (2009). *Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito de proteínas*. In VII Encontro Nacional de Pesquisadores em educação e Ciências. Acesso em 13 jan. 2014. <http://www.posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdf/992.pdf>
- Carvalho, L. G de & Teixeira, G. A. P. B. (2006). *Biologia molecular na sala de aula: um diagnóstico*. In: X Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia e 1º Encontro Regional de Ensino de Biologia (MT/MS/SP), 2006, São Paulo, Atas... Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. p.97-98.
- Delizoicov, D. & Angotti, J. A. P. (1994). *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez. Coleção Magistério 2º grau.
- Farah, S.B. (2007) *DNA: segredos & mistérios* 2ªed. São Paulo: Sarvier.
- Garcia-Milá, M. (2004). O ensino e a aprendizagem das ciências físico-naturais: uma perspectiva psicológica. In: COLL, C.; ÁLVARO, M. & PALACIOS, J. (Eds.) *Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar*. (p. 361-363). Porto Alegre: Artmed.
- Garrido, E., Xavier Filha, C., Costa, E. L.; Zenun, K. H. (2001). *A sala de aula como espaço de construção cognitiva, de interação e desenvolvimento social dos sujeitos: o vídeo como recurso metodológico*. In: V Congresso de Ciências Humanas, Letras e Artes, 2001, Ouro Preto, MG. Acesso em 10 jan. 2014, <http://www.ichs.ufop.br/conifes/anais/EDU/ed2308.htm>.

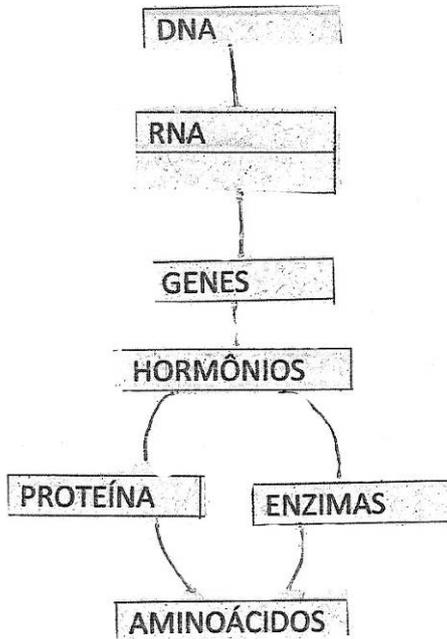
- Guimarães, M. A. (2004). *Usando o biology workbench*. In: IX Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 2004, São Paulo, Atas..., Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. p.93.
- Lewis, J., Leach, J & Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? Young people's understanding of the Natures of Genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.
- Martins, R. L. C.; Verdeaux, M. de F. da S. & Sousa, C. M. S. G. de (2009). A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 12 jan. 2014, <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/313401.pdf>
- Martinez-Gracia, M. V.; Gil-Quílez, M. J. & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40(2), 53-60.
- Moreira, M. A. (1986). Mapas conceituais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 3, 17-25.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- Moreira, M. A. (2006). *Mapas conceituais & diagramas V*. Porto Alegre: Editora do autor.
- Moreira, M. A. & Masini E. F. S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes Ltda.
- Novak, J. D. & Gowin, D.B. (1996) *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano. Edições Técnicas.
- Novak, J.D.(1983) *Uma teoria de Educação* São Paulo, Pioneira.
- Prensky, M. (2001) *Digital natives, Digital Immigrants*, Acesso em 14 jan. 2014, <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>
- Primon, C. S. F. & Rezende, D. de B. (2009). *Conhecimento de graduandos do último semestre de cursos de licenciatura em Ciências Biológicas sobre DNA e RNA*. VII Encontro Nacional de Ensino de Ciências. Acesso em 15 jan. 2014, <http://www.posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/699.pdf>
- Rosa, R.T.N. da & Loreto, E. L. S. (2010). Utilizando o GenBank como integrador de conceitos de Biologia molecular. *Genética na escola* Acesso em 14 de jan. de 2014, <http://www.geneticanaescola.com.br/vol-2-artigo-04>
- Santos, M. E. V. M dos. (1991). *Mudança conceitual na sala de aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizontes.
- Xavier, M. C. F.; Freire, A. de S. & Moraes, M. O. (2006). A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, 12(3), 275-289.
- Wood-Robinson, C; Lewis, J., Leach J.; Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y La enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 43-61.

Recebido em: 30.10.12

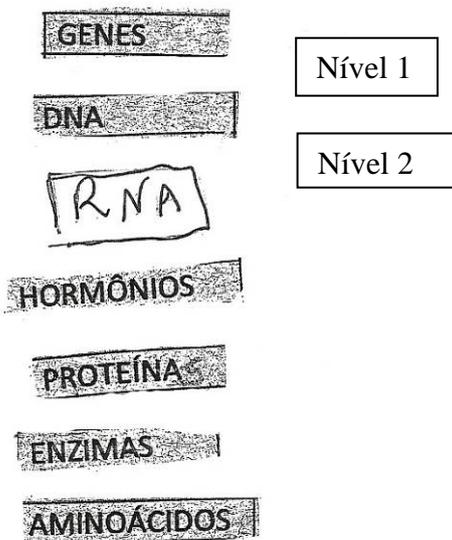
Aceito em: 17.02.14

Anexos

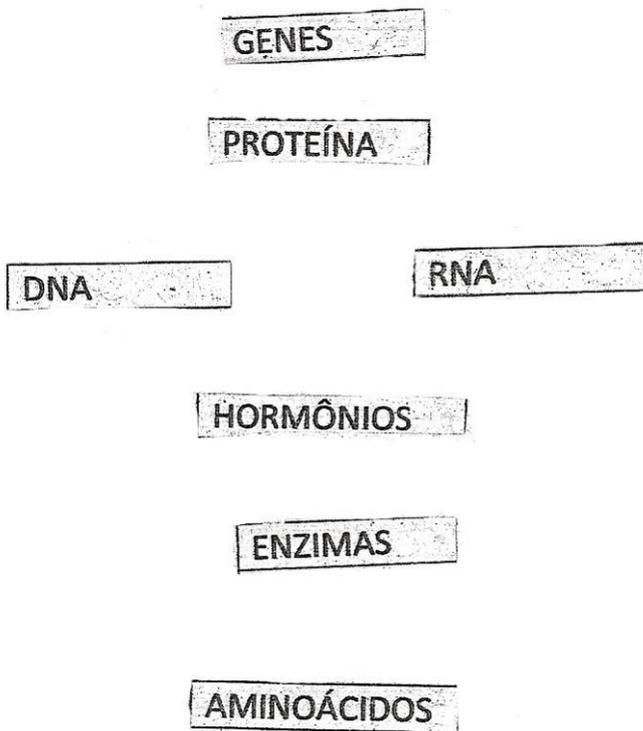
Anexo 1 – Mapa elaborado pelo **aluno 01, pré-teste** (sem pontuação).



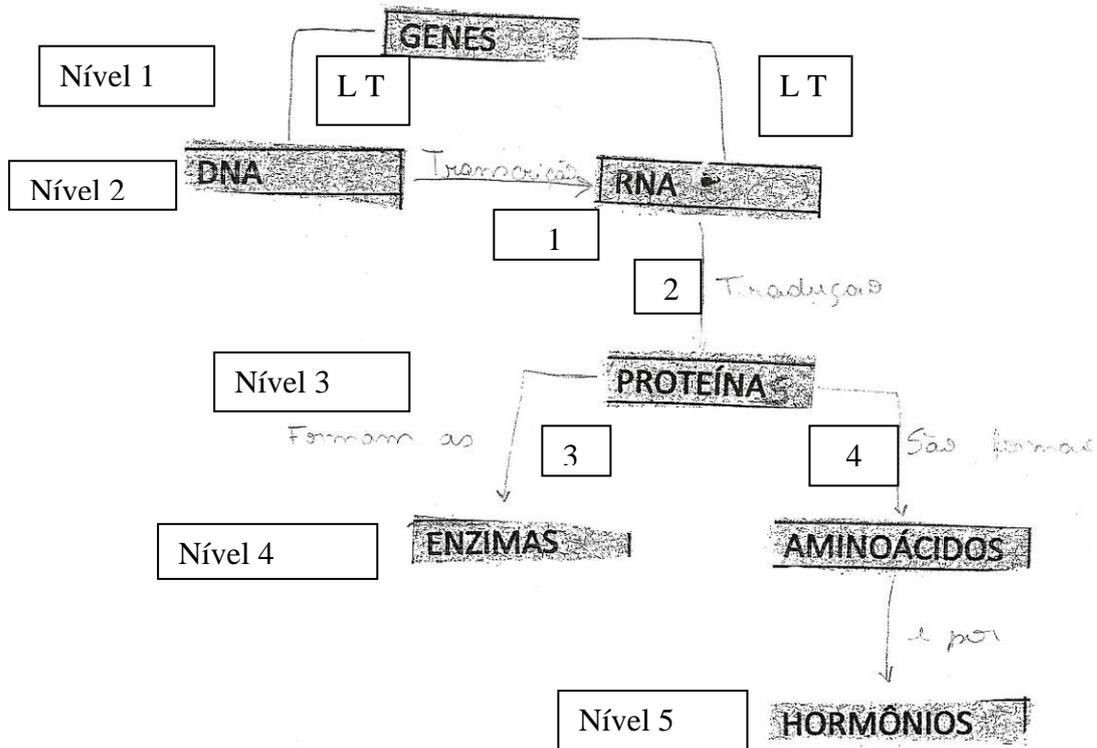
Anexo 2 – Mapa elaborado pelo **aluno 01, pós-teste**. O aluno obteve dois níveis hierárquicos.. Cada nível hierárquico no valor de 5 pontos, logo $5 \times 2 = 10$ pontos



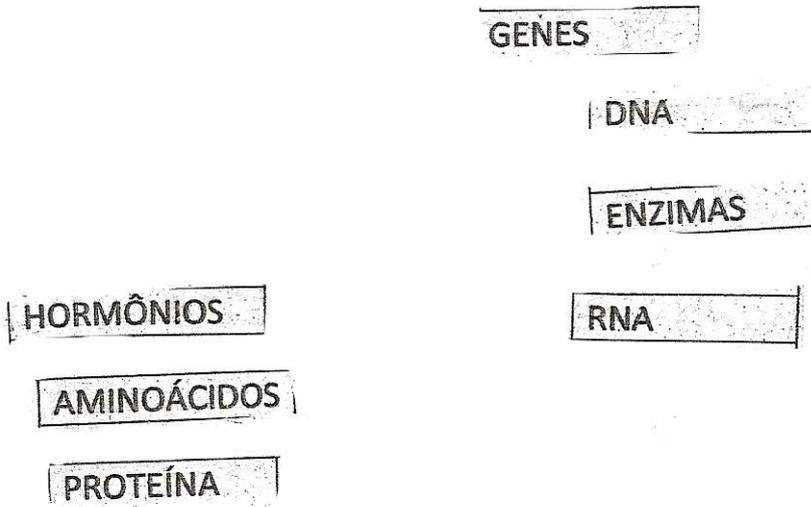
Anexo 3 – Mapa elaborado pelo **aluno 02, pré-teste** (sem pontuação).



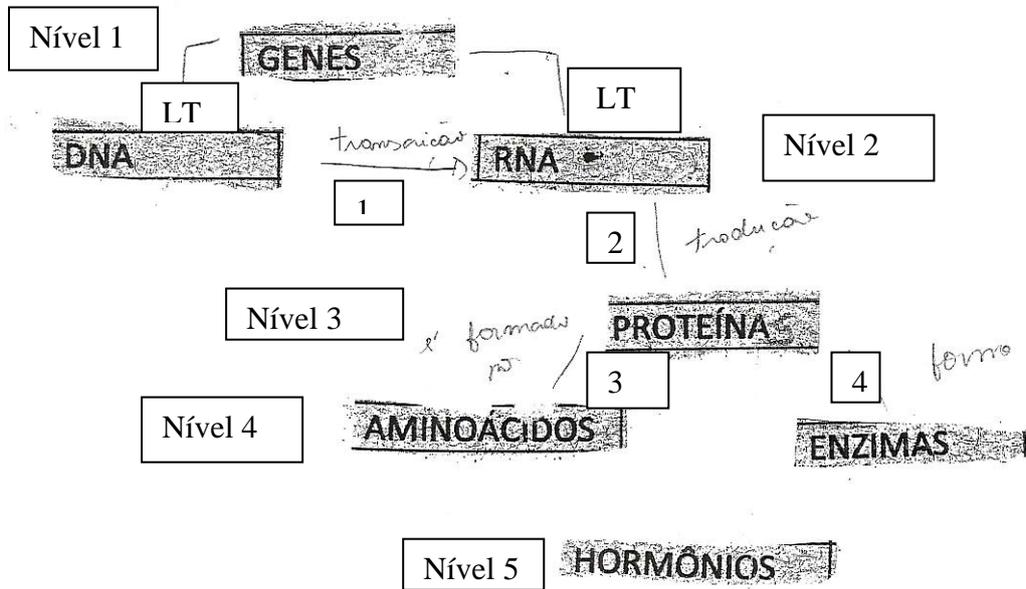
Anexo 4 - Mapa elaborado pelo **aluno 02, pós-teste** (41 pontos) O aluno elaborou 4 proposições acertadamente, cada uma com o valor de 1, logo= 4 pontos, obteve cinco (5) níveis hierárquicos, cada nível hierárquico no valor de 5 pontos, portanto $5 \times 5 = 25$ pontos, traçou uma LT (Ligação Transversal) que vale **10 pontos** que foi considerada criativa mais 2 pontos, logo obteve mais 12 pontos. Resumindo a somatória de pontos do **aluno 02** = $4 + 25 + 10 + 2 = 41$ pontos.



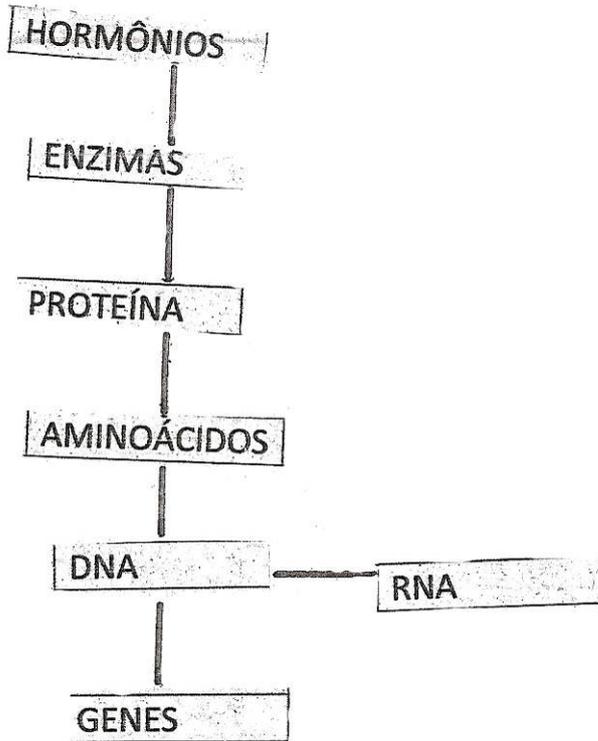
Anexo 5 - Mapa elaborado pelo **aluno 03, pré-teste** (sem pontuação)



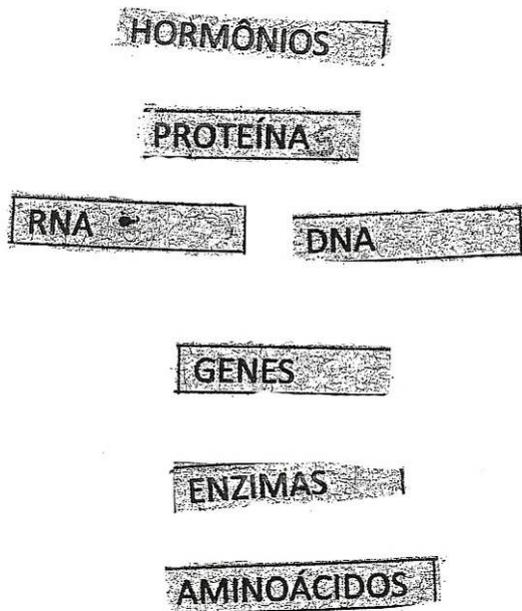
Anexo 6 - Mapa elaborado pelo **aluno 03, pós-teste** (41 pontos). O aluno elaborou 4 proposições acertadamente, cada uma com o valor de 1, logo= 4 pontos, obteve cinco (5) níveis hierárquicos, cada nível hierárquico no valor de 5 pontos, portanto $5 \times 5 = 25$ pontos, traçou uma LT (Ligação Transversal) no valor de 10 pontos e que foi considerada criativa acrescenta-se mais 2 pontos, logo obteve 12 pontos. Resumindo a somatória de pontos do **aluno 03** = $4 + 25 + 10 + 2 = 41$ pontos.



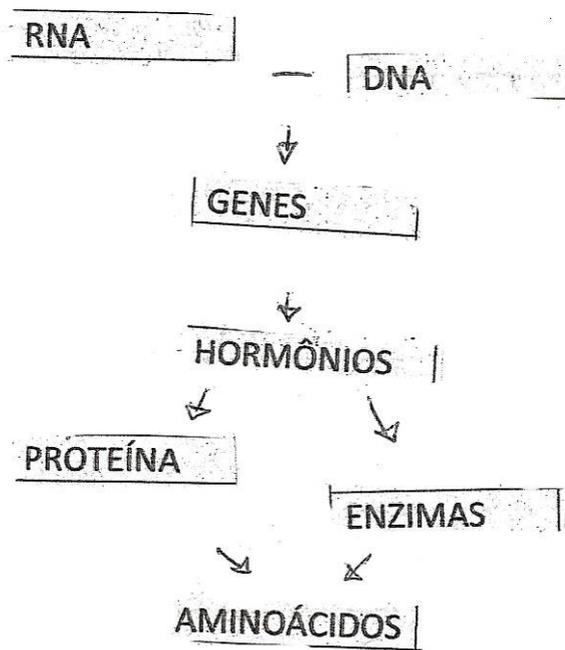
Anexo 7- Mapa elaborado pelo **aluno 04, pré-teste** (sem pontuação)



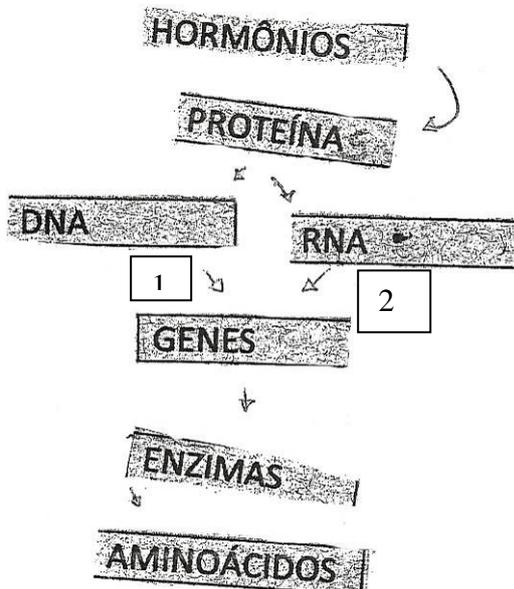
Anexo 8 – Mapa elaborado pelo **aluno 04, pós-teste** (sem pontuação)



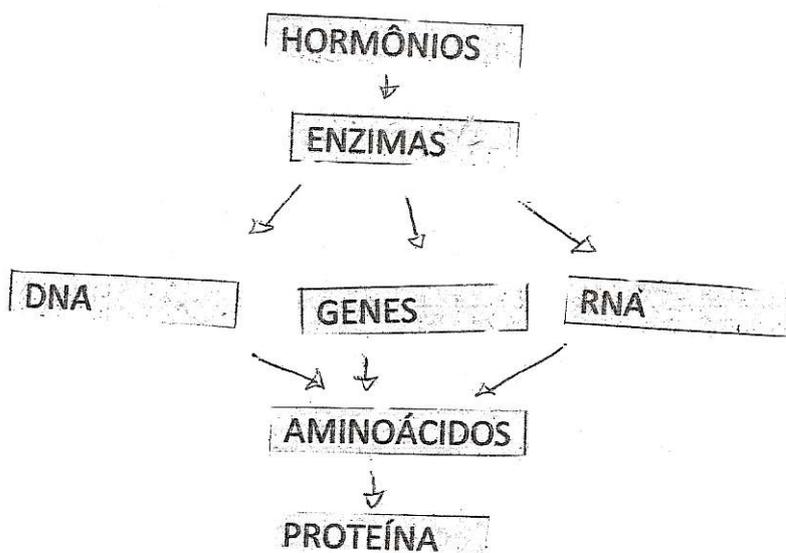
Anexo 9 – Mapa elaborado pelo **aluno 05, pré-teste** (sem pontuação)



Anexo 10 – Mapa elaborado pelo **aluno 05, pós-teste**. O aluno 05 apresentou no seu mapa apenas duas proposições corretas, logo: **2 pontos**, pois cada proposição tem o valor de 1.



Anexo 11 - Mapa elaborado pelo **aluno 06, pré-teste** (sem pontuação)



Anexo 12 – Mapa elaborado pelo **aluno 06, pós-teste**. O aluno estabeleceu 4 níveis hierárquicos. Cada nível hierárquico no valor de 5 pontos, logo $5 \times 4 = 20$ pontos e 6 proposições corretas, cada proposição no valor de 1, logo obteve mais 6 pontos, totalizando 26 pontos.

