

*A plena inclusão de todas as crianças e adolescentes na escola representa um avanço no movimento de integração social, já adotado pela nossa sociedade. No entanto, esse movimento ainda necessita de ajustes para que as pessoas com alguma deficiência possam participar plenamente do processo educativo desenvolvido nas escolas regulares.*

**Cristina Delou  
Gerlinde Agate Platais Brasil Teixeira  
Mauro Luiz da Hora Faria  
Janilda Pacheco da Costa**

# É possível ensinar a genética para alunos cegos?

## *Teaching genetics to blind-students – is it possible?*

<http://dx.doi.org/10.18316/rcd.v8i16.1778>

CRISTINA DELOU\*  
GERLINDE AGATE PLATAIS BRASIL TEIXEIRA\*\*  
MAURO LUIZ DA HORA FARIA\*\*\*  
JANILDA PACHECO DA COSTA\*\*\*\*

### Resumo

O uso de modelos tridimensionais é uma estratégia que facilita ensinar temas considerados difíceis para muitos professores no ensino médio, mesmo para classes que não têm alunos com necessidades educacionais especiais. Tivemos como objetivo, portanto, desenvolver um modelo tátil que auxiliasse na compreensão da estrutura do DNA e de sua replicação. Para tanto, adaptamos os passos descritos por Miotto para a construção de modelos táteis. O resultado foi a construção da matriz e das estruturas básicas da molécula de DNA, em papelão coberto com diferentes texturas. As placas de acetato em alto relevo foram preparadas após a aprovação por um aluno cego, que informou que a escala e as texturas escolhidas possibilitaram a identificação da estrutura como um todo e de suas partes, que foram testadas e aprovadas por alunos cegos na sala de recursos de uma Escola Pública Estadual.

\* Doutora em Educação pelo Programa de História, Política, Sociedade, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; Professora da Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil; Email: [cristinadelou@globo.com](mailto:cristinadelou@globo.com)

\*\* Doutora em Patologia pela Universidade Federal Fluminense; Professora do Departamento de Imunobiologia do Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil, Coordenadora do Espaço UFF de Ciências; Email: [gerlinde\\_teixeira@id.uff.br](mailto:gerlinde_teixeira@id.uff.br)

\*\*\* Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Biotecnologia na Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil; Mestre em Ciências (Genética) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; Professor da Secretaria Estadual de Educação do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Email: [mauro1hf@yahoo.com.br](mailto:mauro1hf@yahoo.com.br)

\*\*\*\* Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Biotecnologia na Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil; Mestre em Ciências Médicas (Imunologia) pela Universidade Federal Fluminense; Professora da Secretaria Estadual de Educação do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Email: [janildacosta@yahoo.com.br](mailto:janildacosta@yahoo.com.br)

**Palavras-chave:** Construtivismo. Linguagem da ciência e da sala de aula. Ensino de ciências. Educação especial. Genética.

## Abstract

The use of three-dimensional models is a strategy that facilitates teaching contents considered difficult for many high school teachers even in classes that do not have students with special educational needs. Our objective was to develop a tactile model that helps the understanding of the DNA structure and its replication. To achieve this, we adapted the steps proposed by Miotto for the production of tactile models. As a result, we constructed the matrix of the basic structures of the DNA molecule in cardboard covered with different textures. After approval by a blind student, who reported that the scale and textures chosen allowed identification of the structure as a whole and its parts, we prepared the high relief acetate plates. These were tested and approved by blind students in the “resource class” of a State Public School.

**Keywords:** Constructivism. Science and classrooms language. Science education. Special education. Genetics.

## Introdução

A escola é um espaço de desenvolvimento cognitivo, de manifestações sociais e afetivas, onde as regras básicas e essenciais da vida em sociedade são aprendidas. Assim, a escola é uma ferramenta indispensável para todas as crianças e não apenas para aquelas chamadas “normais” (FIGUEIREDO, ROSA, CAMILO, 2002). Para que todas as crianças sejam de fato aceitas na escola, muitas discussões sobre as políticas de inclusão escolar têm ocorrido nas últimas três décadas, (UNESCO, 1994; LIPSKY, GARTNER, 1996; REA, MCLAUGHLIN, WALTHER-THOMAS, 2002).

Em 1982, a Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) aprovou o “Programa de Ação Mundial para as Pessoas Deficientes”, como referência na defesa dos direitos de cidadania das pessoas com deficiência em qualquer país (UNESCO, 1994). O Artigo 208, da Constituição Brasileira de 1988 garante atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, para todos, inclusive para aqueles que apresentam algum tipo de deficiência. Este direito é reiterado no Estatuto Brasileiro da Criança e do Adolescente (art. 154, III, da Lei 8069/90, (BRASIL, 1990) e no capítulo V da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9394/96) que possui informações detalhadas sobre a Educação Especial e garante a matrícula de todas as crianças, a criação de serviços de apoio especializados, a presença de professores especializados, entre outros aspectos (BRASIL, 1996).

No entanto a inclusão, no seu sentido mais amplo, envolve qualquer criança e não apenas os alunos com Necessidades Educativas Especiais (NEE).

Assim, a fim de minimizar os mecanismos de exclusão, é necessário repensar a educação, considerando a diversidade existente na sociedade. A escola só será realmente democrática quando, respeitando as diferenças individuais, puder educar e ensinar a todos enquanto estimula o desenvolvimento da capacidade do aluno de aprender a aprender (BIANCHINI, CAVAZOS, HELMS, 2000; FIGUEIREDO, ROSA, CAMILO, 2002).

Como proposto por Maturana (1988), os seres humanos observam, descrevem e em seguida explicam o que foi observado. Enquanto explicações são atividades sociais, pois só satisfazem os critérios de explicação quando um ouvinte está disposto a aceitar a explicação do outro, a observação pode ser um ato solitário que depende de capacidades individuais. Transpondo esta ideia para o ambiente escolar, o ensino só ocorre quando é seguido de aprendizagem. E, como esses dois atos são interdependentes, por isso a expressão “ensino-aprendizagem” é frequentemente utilizada para destacar esta questão. Em resumo, explicações dependem de critérios comuns entre explicador e ouvinte ou professor e aluno.

Nesta linha, podemos levantar mais um ponto. Se os critérios para a validação das explicações diferem claramente entre áreas do conhecimento humano, como na ciência, religião, política, artes, etc. (MATURANA, 1988), então o desafio para uma escola realmente inclusiva está em como lidar com a diversidade de alunos, em especial aqueles com NEE, em um ambiente repleto de explicações diversas.

Neste paradigma educacional, a escola deve ser definida como uma instituição social que tem por obrigação atender a todas as crianças, sem exceção (MIOTTO, 2010). As escolas devem ser pluralistas e democráticas, mantendo suas portas abertas para todas as pessoas, com ou sem NEE, mantendo, no entanto, sua qualidade (GOFFREDO, 1999). É preciso lembrar que as NEE, sejam temporárias ou permanentes, são sempre específicas. Por exemplo, as necessidades especiais de uma criança com um braço ou uma perna quebrada são diferentes das necessidades de um paraplégico, cego, surdo ou com paralisia cerebral, e assim por diante. Desconsiderar este fato é desconsiderar a diversidade (EDLER CARVALHO, 1999).

Uma educação, inovadora, integradora e transformadora, só é possível se o currículo, a legislação e a formação de professores forem amplamente discutidos e associados à desconstrução do modelo educacional conservador e segregacionista. Somando a isto, a inclusão é favorecida quando o sistema de ensino adota apoios especializados para aqueles que precisam, alcança as adaptações curriculares necessárias e dá acesso a todos os aspectos do currículo para cada aluno.

Associados às mudanças necessárias no sistema escolar, são indispensáveis a formação continuada e a dedicação dos professores. Como ninguém pode estabelecer o limite do outro, mesmo quando se trata de alguém com NEE, a criatividade dos professores e a crença de que a aprendizagem é possível para cada aluno, certamente contribuirão para remover os obstáculos

que tantos alunos têm enfrentado no seu processo de aprendizagem (DE CARVALHO, 1999).

Os processos de exclusão dos alunos com NEE na educação básica com frequência levam a deficiências na sua educação o que por sua vez dificulta seu acesso à universidade. No entanto, quando eles chegam ao ensino superior o cenário não é melhor do que aqueles que enfrentaram até então, uma vez que nem todas as Instituições de Ensino Superior (IES) estão estruturalmente organizadas para receber alunos com NEE.

A partir de 1994 se iniciaram as discussões com intuito universalizar a inclusão de alunos com NEE no ensino superior (UNESCO, 1994). Como consequência, no Brasil, foi estabelecida uma série de normas para a acessibilidade também nas IES. Por exemplo, todas devem possuir infraestrutura adequada para que qualquer aluno possa acessar qualquer espaço da IES durante sua permanência nesta; e adquirir materiais didáticos e equipamentos especializados para deficientes visuais e auditivos; etc. No entanto, para a plena integração dos alunos com NEE na sala de aula regular é preciso preparar os professores para que sejam capazes de adaptarem-se a novas situações que podem surgir na sala de aula e planejar atividades educacionais que envolvam várias habilidades, tanto no processo de aprendizagem como no de avaliação (MIOTTO, 2010).

Assim é necessário investir na formação inicial e continuada dos profissionais da educação de todos os níveis. É importante apresentar referenciais teóricos que lhes permitam executar ações pedagógicas eficazes, tanto para os alunos que tem ou não NEE. O conhecimento de recursos diversificados ajuda a garantir o uso de estratégias adequadas para cada conteúdo e necessidade especial. Para tal, foram incluídos conteúdos curriculares obrigatórios (Língua Brasileira de Sinais) e optativos (disciplinas referentes aos tipos de deficiência) nos cursos de formação de professores (GOFFREDO, 1999).

Ensinar temas de Biologia Celular e Molecular (BC&M) é um grande desafio para os professores de Biologia, mesmo para as classes onde não há alunos com NEE. Esses são temas que necessitam de boa capacidade de abstração por parte dos alunos, dificultando a compreensão desses conceitos, inclusive por alunos sem NEE. Isso pode ser observado com os dados obtidos em entrevistas com alunos, as quais demonstram que muitos acabam o Ensino Médio com ideias espontâneas, muitas vezes sem sentido, sobre os conceitos básicos de BC&M (PEDRANCINI, CORAZZA-NUNES, GALUCH et al., 2007). A nossa própria experiência está de acordo com esses autores. Ensinar Imunologia para os estudantes do primeiro ano da área da saúde (Medicina, Veterinária e Farmácia dentre outros) é difícil devido às suas dificuldades de entendimento dos conceitos básicos que deveriam ter sido aprendidas durante o Ensino Médio (BARRETO, TEIXEIRA, 2013).

Como a vivência laboratorial, relativa à BC&M, da maioria dos professores do Ensino Médio é muito pequena, ocorrem, com frequência, dificuldades no

entendimento e na construção de modelos mentais adequados relativos, a estes conteúdos (BROWNING, LEHMAN, 1988; FRIEDRICHSEN, ABELL, PAREJA et al., 2009). Como resultado, os temas de BC&M costumam ser apresentados através de métodos de ensino tradicional, o que raramente ajuda os alunos a compreender a maioria desses temas, que são muito abstratos. Estabelece-se assim um ciclo vicioso: como com os professores, os alunos não criam um modelo mental adequado, memorizando os novos conceitos sem realizar a necessária mudança conceitual. Essa dificuldade se torna ainda maior quando se trata de alunos com NEE em que ainda se somam as dificuldades de comunicação. Uma abordagem para superar parcialmente essas dificuldades é o uso de modelos tridimensionais que facilitam a compreensão de vários tópicos, tanto para os alunos com deficiência visual e quanto para os videntes (ROTBAIN, MARBACH-AD, STAVY, 2006).

Embora diversas estratégias possam ser confeccionadas para ser utilizado pelos alunos cegos, o Thermoform é um dispositivo que produz materiais tácteis duráveis, e de fácil transporte pelo professor entre escolas e turmas uma vez que a placa de acetato é muito leve. A simplicidade deste aparelho é a sua maior característica. Com a utilização de material de uso corrente como papelão, miçangas, contas, etc, associada a alguma criatividade, é possível produzir materiais de alto e baixo-relevo que servem como modelos. Depois de preparado, o modelo é colocado no equipamento com uma folha de acetato sobreposta. Sob vácuo, a película de acetato é aquecida sobre o molde, fazendo com que assuma a forma e a textura do molde. Outra vantagem é a possibilidade da produção de múltiplas cópias do mesmo material (MANOEL, MÜLBERT, BITTENCOURT et al., 2006). Usando o filme em alto relevo sobreposto a matriz colorida, temos uma boa alternativa para os demais estudantes.

Assim o objetivo deste trabalho foi desenvolver um filme de acetato, moldado em alto relevo, a fim de facilitar a compreensão de estudantes, com e sem alterações visuais, sobre a estrutura da cadeia do DNA e RNA, as diferenças entre estas moléculas, como ocorre o processo de replicação sem perder informação ao longo de gerações e o processo de transcrição.

## **Materiais e métodos**

Para a construção dos modelos, adaptamos a estratégia utilizada no Instituto Benjamin Constant para a construção de mapas táteis (MIOTTO, ALMEIDA, ARRUDA, 2011). Em resumo: 1) Planejar; 2) Determinar a escala; 3) Preparar a matriz/modelo; 4) Testar a matriz/modelo; 5) Produzir placas de alto relevo; 6) Testar o produto final; 7) Elaborar texto complementar em Braille.

Essa estratégia pode ser definida da seguinte forma:

Planejamento – definir para quem, o tipo de material que será confeccionado e como se desenvolverá o material idealizado;

Determinação da escala – determinar o tamanho do material e escala a ser utilizada de modo a permitir um conhecimento adequado daquilo que se quer ensinar;

Preparação da matriz – escolher as texturas para a produção da matriz que permitem a identificação de cada componente da estrutura bem como a estrutura como um todo;

Teste da matriz – solicitar uma pessoa com deficiência visual para testar a matriz para determinar se as texturas, as formas, e a legenda em braille estão adequadas (sensíveis ao tato) antes da produção das placas em relevo de acetato;

Produção – produzir placas de alto ou baixo relevo com a utilização do Thermoform;

Teste do produto final – testar o material prensado em acetato para determinar se as texturas e as formas continuam adequadas para aluno cego. Aplicar as placas com relevo sobre os desenhos coloridos que serviram de base para a criação das matrizes atendendo concomitantemente alunos de baixa visão e cegos;

Elaboração de texto complementar em braille – preparar e imprimir em fontes grandes (maior que 14) um texto complementar dos conteúdos teóricos e transcrever para a escrita em braille para atender o aluno com baixa visão e cego respectivamente.

## **Resultados e discussão**

Embora muitos professores procurem formas e práticas alternativas para ensinar suas disciplinas para alunos que têm dificuldades para aprender, muitas vezes o fazem individualmente e nem sempre tornam as suas estratégias conhecidas, mesmo sendo eficazes e proporcionarem uma maior participação dos alunos, permitindo e/ou aumentando a sua aprendizagem. Observamos através de buscas nos bancos de dados específico que embora no Brasil, o número de publicações relatando propostas envolvendo modelos concretos e metodologias ativas tem crescido nos últimos anos, na sua maioria, estas publicações estão restritas aos anais de reuniões específicas de ensino de Biologia, tais como EREBio, SBENBio, ENECiencias. Neste trabalho, estamos apresentando um material que demonstrou eficiência para o ensino de Biologia Molecular para estudantes do Ensino Médio com e sem NEE.

A produção de recursos de ensino para deficientes visuais é de grande importância, uma vez que não podem utilizar os recursos que nos permitem observar e compreender temas biológicos que requerem uma grande quantidade de abstração, pois estão abaixo do limiar da visão humana. Assim torna-se importante a produção e o fornecimento de materiais, em especial o material tátil, pois são capazes de ajudar esses alunos no processo de aprendizagem (MANOEL, MÜLBERT, BITTENCOURT et al., 2006).

## **Para quem, com que material e estratégia?**

Esta etapa foi determinada durante uma disciplina de Temas de Educação Inclusiva de um Programa de Pós-Graduação strictu sensu. Consideração as

dificuldades que muitos professores apresentam no preparo de aulas que envolvem aspectos da BC&M, o desafio foi preparar um material para ensinar este conteúdo para estudantes, videntes, com baixa visão e cegos. Como o nosso grupo de pesquisa possui uma máquina Thermoform, foi decidida a produção de placas de acetato em alto relevo.

## O que ensinar e em que escala?

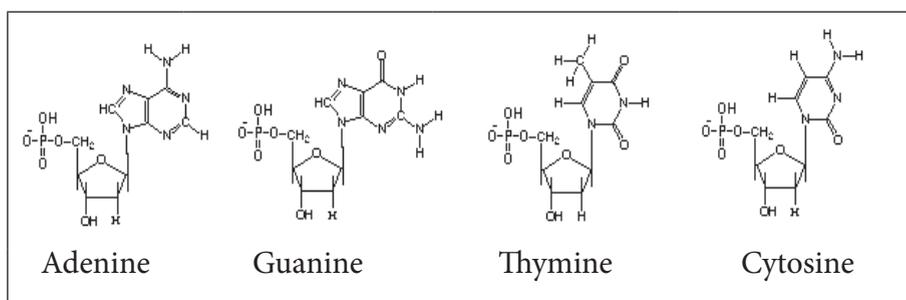
Com a estratégia em mãos, foi determinado o objetivo do trabalho: apresentar um modelo de DNA que permite compreender a replicação semiconservativa fora do contexto da célula. A escala do modelo teve como base dimensões que permitem o manuseio confortável por cegos. Observar o tamanho relativo entre as subunidades da molécula permitiu extrair as informações relevantes e alcançar os objetivos de aprendizagem específicos.

Com o objetivo de ajudar aqueles que não estão muito familiarizados com BC&M, apresentamos uma introdução sucinta da teoria, relativa ao modelo aqui proposto. Para aqueles que desejam obter mais informações, sugerimos a leitura de livros textos, tais como "The molecular Biology of Cell" (ALBERTS, JOHNSON, LEWIS et al., 2002) ou "Bioquímica" (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2002).

O material genético é organizado em cromossomas localizado no citoplasma de organismos procariontes (bactérias e archaea) e no núcleo celular e em organelas citoplasmáticas (mitocôndrias ou cloroplastos) dos seres eucarióticos (animais, plantas, fungos e protistas).

Os cromossomos são longos polímeros de DNA (ácido desoxirribonucleico) organizados na forma de dupla cadeia antiparalela. Os monômeros (blocos de construção) de DNA são denominados de nucleotídeos e são compostos por uma desoxirribose (uma pentose - anel com cinco carbonos - açúcar), um grupo fosfato e um de quatro bases nitrogenadas, (adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T)) (Figura 1). Durante a divisão celular ocorre a replicação (duplicação) dos cromossomos, proporcionando a cada nova célula um conjunto completo de cromossomos (LEWIN, 2001).

Figura 1: Estrutura molecular dos nucleotídeos



Fonte: (LEWIM, 2001).

Cada nucleotídeo se liga ao seguinte através de uma ligação fosfodiéster, entre o grupo fosfato do carbono 5 e o carbono 3 da pentose seguinte, criando uma espinha dorsal de açúcar/fosfato que apresenta uma direção (5'-3'). As duas fitas são antiparalelas, pois polimerizam em direções opostas uma à outra. A informação genética, ou código genético, é definida pela sequência de bases nitrogenadas ao longo da espinha dorsal que, por sua vez, define a sequência dos aminoácidos em cada proteína. Entre a leitura do código genético e a síntese de proteína existe ainda uma etapa intermediária, a transcrição do DNA em RNA (ácido ribonucléico). Como o DNA, o RNA também é uma longa cadeia de nucleotídeos. As diferenças estão na pentose (neste caso uma Ribose) e em uma base nitrogenada. Tal como o DNA, a molécula de RNA também é formada por quatro tipos de bases nitrogenadas, entretanto a timina do DNA é substituída pela base uracila no RNA (LEWIN, 2001).

## Construção dos modelos

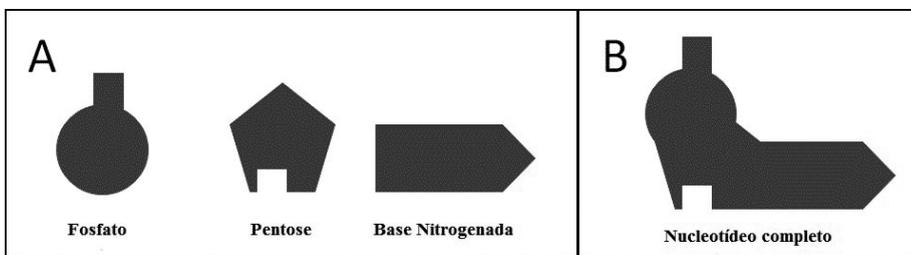
A aprendizagem, principalmente de alunos com baixo conhecimento específico é influenciada por três fatores quando se utilizam diagramas instrucionais: 1) objetivos de aprendizagem específicos; 2) forma como o diagrama revela informações relevantes; e 3) como os alunos interpretam o diagrama com base em seus conhecimentos prévios e percepção (DAVENPORT, YARON, KLAHR et al., 2008).

Com o objetivo instrucional específico de auxiliar alunos cegos a criar um modelo mental da estrutura do DNA, adaptamos um diagrama que é utilizado com sucesso em salas de aula regular para ensinar os alunos com visão. Os temas a serem explicados foram: a estrutura dos nucleotídeos, a complementaridade entre os nucleotídeos (A-T; C-G; A-U), a direção 5'-3' antiparalelas de cada cadeia polinucleotídica. Como proposto por Davenport, diagramas devem considerar o processamento cognitivo do aluno e proporcionar uma ponte entre o conhecimento prévio para o conhecimento alvo. No presente estudo, apesar dos alunos já terem estudado a replicação do DNA na classe normal, o modelo mental que conseguiram construir não era adequado.

Foram utilizadas ferramentas de desenho simples dentro de um editor de texto (Word-Microsoft®) (Figura 2: A) para construir as estruturas geométricas que representam as subunidades dos nucleotídeos - o radical fosfato, a pentose e a base nitrogenada (LEWIN, 2001). As formas escolhidas para cada subunidade são aquelas usadas pelo primeiro autor durante suas aulas do ensino médio, que envolvem a estrutura do DNA. A forma final do nucleotídeo foi obtida juntando-se todos os componentes individuais (formas geométricas) (Figura 2: B).

Figura 2: A – Representação individual de cada componente de um

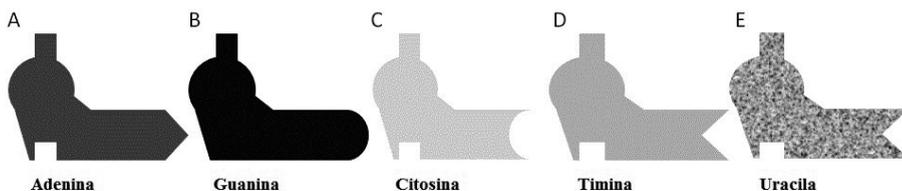
nucleotídeo (da esquerda para a direita, radical fosfato, pentose e base nitrogenada), B –Modelo de um nucleotídeo completo.



Fonte: Autoria própria.

Nosso modelo difere daquele proposto por Rotbain et al. (2006), uma vez que representamos a forma da pentose e uma proporção aproximada entre as subunidades do nucleotídeo. Um aspecto não contemplado no nosso modelo são ligações de hidrogênio entre os nucleotídeos que mantêm as duas fitas de DNA unidas. Este fato é destacado para os alunos durante a atividade. Considerando que a diferença entre os quatro tipos de nucleotídeos são as bases nitrogenadas e que há especificidade de ligação entre pares de nucleotídeos, foram concebidas dois pares de formas complementares. No nosso modelo, a timina (DNA) e a uracila (RNA) foram representadas com a mesma forma geométrica sendo diferenciadas por cor (vermelho e rosa, respectivamente) para estudantes com visão e textura para os alunos cegos (Figura 3).

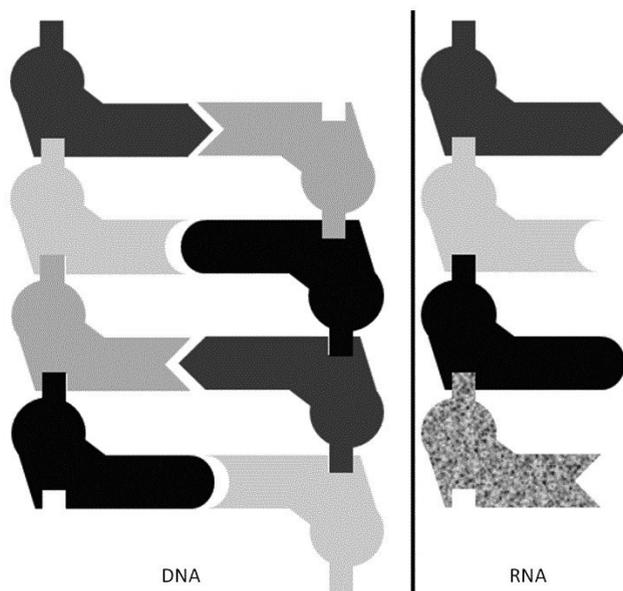
Figura 3: Representação dos diferentes nucleotídeos que formam o DNA (A-D) e RNA (E).



Fonte: Autoria própria.

Conforme os alunos montam as peças (nucleotídeos) é possível observar a formação da dupla cadeia do DNA reforçando a ideia de complementaridade entre as bases nitrogenadas e que os nucleotídeos formam cadeias estabelecendo conexões entre o radical fosfato e a pentose. (Figura 4: A). Este modelo também é adequado para mostrar a dinâmica da replicação do DNA, e o que acontece durante a transcrição para que seja obtida a molécula de RNA (Figura 4: B).

Figura 4: A – Representação da dupla fita polinucleotídica de DNA; B – Representação da fita simples polinucleotídica de RNA.

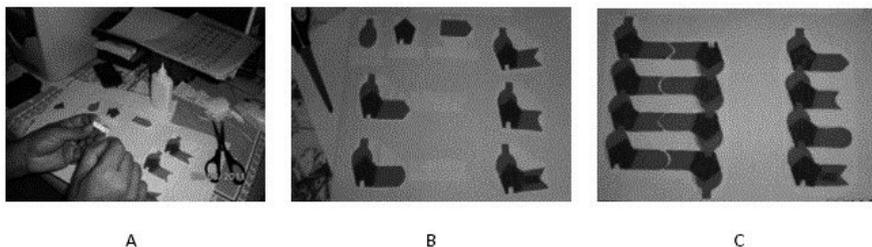


Fonte: Autoria própria.

## A construção dos modelos para a matriz

Como o objetivo foi preparar formas de alto relevo foram testados materiais como EVA (Espuma Vinilica Acetinada) e papelão para preparar os moldes. O papelão foi mais eficaz devido à sua resistência ao calor do Thermoform, dureza e nitidez das bordas. Os modelos de nucleotídeos impressos em papel sulfite foram colados sobre o papelão e cortados (Figura 5). A pentose foi diferenciada de outras partes do nucleotídeo aplicando papel crepom canelado obtendo-se uma textura diferente (Figura 5: A). Esta estratégia foi também utilizada para distinguir a Uracila da Timina, que têm o mesmo formato (Figura 5: B).

Figura 5: A- Preparação das matrizes; B – Matriz com as subunidades do nucleotídeo (fosfato, pentose e base nitrogenada) e diferentes nucleotídeos; C – Representação da molécula de DNA e RNA.



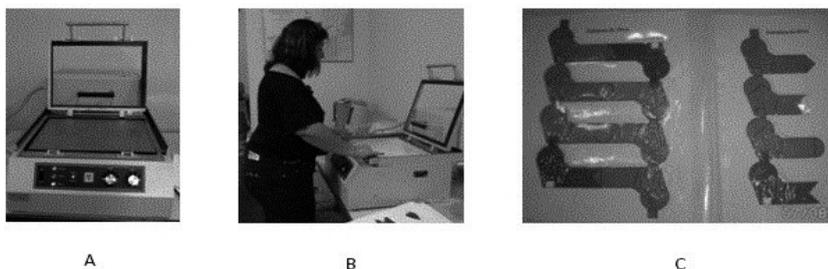
Fonte: Autoria própria.

## Preparação das placas tácteis de alto relevo

As matrizes foram preparadas colando os diferentes modelos de moléculas em uma folha de papel A3 levando em consideração os passos necessários para explicar o processo de síntese do DNA e a transcrição. Assim, a primeira matriz foi preparada para ilustrar os componentes individuais do nucleotídeo; e a segunda, para ilustrar a complementaridade entre a A-T e G-C, a estrutura do DNA e do RNA, bem como a propriedade antiparalela da molécula de DNA (Figura 5). Todos os modelos foram legendados em Braille. Essas matrizes foram testadas por um aluno cego que já havia tido a aula com DNA para verificar se as diferenças ressaltadas entre os componentes do nucleotídeo, as formas das bases nitrogenadas e a estrutura das moléculas representadas eram perceptíveis ao tato. O aluno aprovou as matrizes.

Com as matrizes organizadas, passamos a produzir as placas tácteis de acetato em alto relevo representando as estruturas dos moldes, usando o Thermoform (Figura 6: A e B). Para estudantes com baixa visão, foram geradas versões impressas coloridas correspondentes às placas que foram utilizadas simultaneamente - o acetato sobre a impressão colorida (Figura 6: C). As legendas descritivas e os textos complementares, elaborados originalmente para os alunos com visão normal, foram adaptados e escritos em Braille e com fonte tamanho 16 para ser visível para alunos com baixa visão. A partir deste ponto o nosso material estava pronto para ser usado em sala de aula.

Figura 6: A- Aparelho Thermoform; B- Aplicação das matrizes no Thermoform; C- Placa de acetato em alto relevo com impressão colorida por baixo para estudantes com perda parcial ou total da visão.



Fonte: Autoria própria.

## Teste do modelo por uma pessoa deficiente visual

As placas de acetato em alto relevo foram levadas para uma escola do bairro, onde existe uma classe de apoio para os alunos com NEE. Nosso objetivo era que esses alunos pudessem testar a adequação do material proposto. Para isso, deveriam levar em conta o tamanho e nitidez das bordas dos objetos em alto relevo, a distância entre os objetos, e a facilidade na interpretação do objeto. Após aprovação das placas táteis, foram testados os aspectos educacionais. Para isto foi ministrado uma aula sobre a síntese do DNA, a replicação e transcrição. Os alunos informaram que as placas os ajudaram a compreender os aspectos teóricos dados durante a aula, validando o material didático produzido.

## Considerações finais

A plena inclusão de todas as crianças e adolescentes na escola representa um aprimoramento do movimento de integração social, já adotado pela nossa sociedade. No entanto, este movimento ainda necessita de ajustes para que as pessoas com alguma deficiência possam participar plenamente no processo educativo desenvolvido nas escolas regulares. Baseado no princípio de que o respeito à diversidade deve ser sempre procurado, é necessária uma reestruturação do sistema educacional, com mudanças estruturais, para proporcionar um espaço democrático e eficiente, onde os alunos podem estudar sem distinção (ALVES, 2006). Assim, a escola inclusiva, em uma perspectiva promissora, busca o realinhamento do currículo, propondo novas abordagens do cotidiano escolar (Ibid.).

Atividades educacionais, entre elas aquelas especialmente concebidas para a inclusão de alunos com NEE, têm como objetivo: facilitar o aprendizado do conteúdo programático, desenvolver novas habilidades e aprender a lidar com as diferenças entre as experiências vividas na escola e fora dela (OLIVEIRA, 2006).

Difundir, para professores em atividade e em formação, a ideia de que trabalhar com experimentos de baixo custo é possível, é uma necessidade para um sistema de escola inclusiva seja para alunos com ou sem NEE. Estudiosos das áreas de (S)ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), defendem que estratégias educativas *hands-on* e *minds-on*, auxiliadas por experimentos e técnicas facilitam na transposição do conhecimento acadêmico para fatos do cotidiano do aluno, de uma forma que o conteúdo se torne compreensível (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2011).

Ainda que leis, garantindo a igualdade de oportunidades na escola, no trabalho e na comunidade, tenham sido publicados na maioria dos países, lidar com crianças com NEE não é um objetivo recorrente da maioria dos programas educacionais. Muitas vezes as crianças com NEE são incapazes de participar plenamente dos programas propostos e, como resultado, poucos são os representantes que participam nos campos STEM (DO-IT, 2006). Assim,

o objetivo do nosso trabalho - preparar e utilizar um modelo tridimensional de DNA - é permitir o entendimento de um conteúdo abstrato para alunos com ou sem deficiência visual uma vez que a atividade pode ser usada em qualquer classe de estudantes, por ser tátil (formas e texturas) e visual (cor e forma).

Com frequência observamos que a ideia da igualdade para todos “*one-size-fits-all*” domina as discussões no ambiente educacional, inclusive para as NEE. Vemos frequentemente que as estratégias de ensino são ajustadas independente da diversidade da classe e/ou da deficiência, seja ela física, sensorial, de aprendizagem, ou cognitiva. Na verdade, os alunos com NEE têm uma variedade igual ou maior de preferências e necessidades de qualquer outra pessoa. As Publicações do DO-IT (*Disabilities, Opportunities, Internetworking and Technology*)<sup>1</sup> exemplificam ajustes necessários para alunos com NEE, em aulas de matemática e ciências.

Assim, sabendo que cada turma, independente de ter alunos com NEE, precisa de estratégias educacionais específicas, para onde devemos ir a partir daqui? Como devemos proceder para alcançar este objetivo? O DO-IT desenvolveu um Perfil de Habilidades do estudante para a criação de adaptações eficazes em aulas de ciências e matemática composto de quatro etapas, que pode ser usado por qualquer professor: “O que é que a tarefa ou atribuição exige”; “Que habilidades físicas, sensoriais e cognitivas são necessárias”; “Quais são os componentes da tarefa que requerem adaptação”; “Quais opções de adaptação que existem?”.

A primeira etapa envolve quebrar todos os componentes do experimento, seção ou exercício, com foco no resultado global do projeto a fim de acomodar os alunos com necessidades específicas. É importante refletir sobre a configuração ferramentas, competências e tarefas específicas, que são necessárias em cada etapa e, assim, determinar como incluir efetivamente os alunos com NEE. Na segunda etapa, a tarefa importante é combinar as habilidades necessárias para concluir com êxito o projeto e as habilidades que os alunos com NEE possuem para aprender a contornar as limitações impostas pela deficiência. O foco do passo três é determinar a adaptação que pode ser necessária ou como a experiência de aprendizagem pode ser alterada, de forma a torná-la mais acessível. Determinar o nível de dificuldade do projeto permite fazer uma melhor acomodação para criar um ambiente inclusivo para um aluno com deficiência. Nesta etapa é muito importante consultar os alunos para determinar o que eles percebem como sendo aspectos importantes do projeto e definir quais as suas necessidades específicas de adaptação ou assistência. A última etapa, que consiste em identificar os recursos disponíveis, e quais ainda são necessários para fornecer a adaptação necessária pode ser derivada do estudante ou de outros profissionais especializados no conteúdo do projeto e que podem ser chamados a contribuir. Em alguns casos, uma boa alternativa é estimular o

<sup>1</sup> (<http://www.washington.edu/doiit/Brochures/>).

trabalho em grupo em que é atribuída a tarefa que cada estudante é capaz de realizar (DO-IT, 2006).

Acreditamos, portanto, que, embora as acomodações sejam únicas para o indivíduo, o material aqui proposto é uma boa estratégia. Ambos, os estudantes que enxergam e aqueles com deficiências visuais, aprovaram este material, informando que a aprendizagem dos conteúdos de Biologia Celular foi facilitada, contribuindo para a construção de uma escola mais democrática e tornando o processo de aprendizagem mais prazeroso.

## Referências

- ALBERTS, B. et al. **Molecular biology of the cell**. 4th. New York: Garland Science, 2002.
- ALVES, D. D. O. Experiências educacionais inclusivas: refletindo sobre o cotidiano escolar. In: SECRETARIA DE EDUCAÇÃO ESPECIAL (Ed.). **Programa Educação Inclusiva: direito à diversidade**. Brasília: MEC, 2006. p. 15-26.
- BARRETO, C. M. B.; TEIXEIRA, G. A. P. B. Concepções prévias de universitários sobre o sistema imunológico. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 1-18, jan./abr. 2013.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Biochemistry**. 5th edition. New York: W H Freeman, 2002.
- BIANCHINI, J. A.; CAVAZOS, L. M.; HELMS, J. V. From professional lives to inclusive practice: science teachers and scientists' views of gender and ethnicity in science education. **Journal of Research in Science Teaching**. USA, v. 37, n. 6, p. 511-547, ago. 2000.
- BRASIL. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Estatuto da criança e do adolescente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 jul. 1990.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 1996. p. 27833.
- BROWNING, M. E.; LEHMAN, J. D. Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. **Journal of Research in Science Teaching**. USA, v. 25, n. 9, p. 747-761, dec. 1988.
- CARVALHO, E. N. S. de. Adaptações curriculares: uma necessidade. In: SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA - SEED (Ed.). **Salto para o futuro: tendências atuais**. Brasília: MEC, 1999. p. 51-58.
- DAVENPORT, J. L. et al. When do diagrams enhance learning? A framework for designing relevant representations. In: PROCEEDINGS OF THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE LEARNING SCIENCES, 8, 2008, Utrecht, The Netherlands. **Anais...Utrecht, The Netherlands: International Society of the Learning Sciences**, 2008 p. 191-198.
- DO-IT. The Winning equation: access + attitude = success in math and science. **DO-IT - Disabilities, Opportunities, Internetworking, and Technology**, Washington, 2006. Disponível em: <<http://www.washington.edu/doi/Brochures/Academics/winmathsci.html>>. Acesso em: 18 out. 2012.
- EDLER CARVALHO, R. Integração e inclusão: do que estamos falando? In: SECRETARIA

DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA - SEED (Ed.). **Salto para o futuro: tendências atuais**. Brasília: MEC, 1999, p. 35-44.

FIGUEIREDO, R. V.; ROSA, D. E. G. E. S.; CAMILO, V. **Políticas organizativas e curriculares, educação inclusiva e formação de professores**. Rio de Janeiro: Editora DP&A, 2002.

FRIEDRICHSEN, P. J. et al. Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. **Journal of Research in Science Teaching**. USA, v. 46, n. 4, p. 357-383, apr. 2009.

GOFFREDO, V. L. F. S. Educação: direito de todos os brasileiros. In: SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA - SEED (Ed.). **Salto para o futuro: tendências atuais**. Brasília: MEC, 1999, p. 67-72.

LEWIN, B. **Genes VII**. Porto Alegre: Artmed editora, 2001.

LIPSKY, D. K.; GARTNER, A. Inclusion, school restructuring, and the remaking of American society. **Harvard Educational Review**. Massachusetts, v. 66, n. 4, p. 35, dec. 1996.

MANOEL, V. A. et al. Recursos didáticos e tecnológicos da educação especial aplicados a EAD. In: 4º SEMINÁRIO NACIONAL DA ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Educação à Distância, 2006, p. 1-10.

MATURANA, H. R. Reality: The search for objectivity or the quest for a compelling argument. **The Irish Journal of Psychology**, Ireland, v. 9, n. 1, p. 25-82, jan./may. 1988.

MIOTTO, A. C. F. As práticas curriculares no contexto da sala de aula inclusiva: avanços e impasses na inclusão dos educandos com deficiência visual. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 34-49, maio 2010.

\_\_\_\_\_; ALMEIDA, D. C. S.; ARRUDA, L. M. S. Prática de ensino de geografia no contexto do curso de qualificação de professores na área de deficiência visual. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, v. 48 p. 1-12, abr. 2011.

OLIVEIRA, M. M. B. C. Ampliando o olhar sobre as diferenças através de práticas educacionais inclusivas. In: SECRETARIA DE EDUCAÇÃO ESPECIAL (Ed.). **Experiências educacionais inclusivas - Programa de Educação Inclusiva- direito à diversidade**. Brasília: MEC, 2006. p. 131-138.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 6, n. 2, p. 299-309. , maio/ago. 2007.

REA, P. J.; MCLAUGHLIN, V. L.; WALTHER-THOMAS, C. Outcomes for students with learning disabilities in inclusive and pullout programs. **Council for Exceptional Children**, Virginia - USA, v. 68, n. 2, p. 203-223, dec. 2002.

RIBEIRO, L. H. N.; OLIVEIRA, A. L. Experimento de baixo custo no ensino de absorção de calor sob a perspectiva inclusiva. In: XIX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 9, 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: Sociedade Brasileira de Física (SBF), 2011, p. 1-6.

ROTBAIN, Y.; MARBACH-AD, G.; STAVY, R. Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. **Journal of Research in Science Teaching**. USA, v. 43, n. 5, p. 500-529, may 2006.

UNESCO. Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais. Unesco. Brasília, 1994. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001393/139394por.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2012.