

Microscopia óptica e eletrônica para deficientes visuais

Optical and electron microscopy for visually impaired

Nadir Francisca Sant'Anna¹
Thalyta Nogueira de Araujo²
Vera Cristina Soares Lopes³
Cristina Maria Carvalho Delou⁴

RESUMO

Nossos testes da imagem mental formada a partir de imagens microscópicas adaptadas, impressas em papel microcapsulado e submetidas a uma máquina fusora, demonstraram que essa metodologia cumpre todos os requisitos necessários ao ensino de microscopia óptica e eletrônica a alunos deficientes visuais, podendo ser desenvolvida e utilizada por professores em todos os níveis de ensino.

Palavras-chave: Biologia. Microscopia. Deficientes visuais.

ABSTRACT

Our test of the mental image formed from adapted microscopic images, printed on microcapsule paper and submitted to the fuser machine showed that this methodology complies with all the requirements necessary to allow the optical microscopy and electronics teaching for the visually impaired students and can be developed and used by teachers at all educational levels.

Keywords: Biology. Microscopy. Visually impaired.

1 Especialista em Educação Especial, mestre em Histologia e Embriologia e doutora em Ciências; Laboratório de Biologia Celular e Tecidual, Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; e-mail: nadir@uenf.br.

2 Licencianda em Biologia no Centro de Biociências e Biotecnologia, Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; e-mail: thalytanogueiraa@gmail.com.

3 Mestre em Inclusão e Diversidade. Setor de Acessibilidade, Universidade Federal Fluminense, *Campus* Campos dos Goytacazes. Instituto da Sociedade e Desenvolvimento Regional; uffcampos.aces@gmail.com.

4 Especialista, mestre e doutora em Educação. Faculdade de Educação da Universidade Federal Fluminense, *campus* Niterói.

Introdução

O direito à educação e a oferta de condições de igualdade de oportunidades para a inclusão escolar de crianças, jovens e adultos com deficiência visual estão assegurados na Constituição Brasileira (BRASIL, 1988), na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), na Lei nº 9.394 (BRASIL, 1996) e na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa da Pessoa com Deficiência (nº 13.146 – BRASIL, 2015). Contudo, as dificuldades ainda são muito grandes e os deficientes ainda sofrem com a falta de acessibilidade, de material didático adequado e de preparo do corpo docente na educação básica (SANT'ANNA *et al.*, 2014a).

Isso é preocupante, tendo em vista que a função da escola vai além do acolhimento do aluno deficiente, devendo fornecer também condições efetivas de aprendizagem, investir no desenvolvimento de suas potencialidades (FRIAS & MENEZES, 2008) e auxiliar na superação de suas dificuldades (VITTA *et al.*, 2004). Segundo Oliveira *et al.* (2009) e Sant'Anna (2014b), no ensino superior não é diferente, uma vez que, apesar de o processo seletivo ser democrático e possibilitar o ingresso de deficientes visuais na universidade, como tais alunos não encontram estrutura física adequada, bibliografia em Braille ou digitalizada nem material didático adaptado às suas necessidades sensoriais, acabam desestimulados a dar continuidade ao processo educativo.

Na área biológica, no caso dos alunos deficientes visuais, o processo de ensino-aprendizagem é extremamente limitado. O ensino de estruturas microscópicas é feito através da utilização de esquemas táteis que, para esses alunos, têm sido muito importantes para a formação das imagens mentais dessas estruturas (SANT'ANNA *et al.*, 2014a; MACHADO, 2015; LOPES, 2015). Contudo, quando o ensino se dá unicamente por meio de esquemas, a aprendizagem dos alunos com deficiência visual fica limitada.

Como, em Ciências Biológicas, é necessário que os alunos reconheçam as estruturas microscópicas e identifiquem, inclusive, a variação de aumento, a forma de apresentação e preparo, este trabalho consiste na proposta de uma metodologia para a transformação de imagens bidimensionais de microscopia óptica e eletrônica em imagens em alto-relevo que permitam identificação tátil pelos deficientes visuais.

METODOLOGIA

Obtenção de imagens

Obtivemos as imagens através de fotografias feitas em câmera digital e salvas em computador. Foram utilizadas imagens de:

- Microscopia óptica de fluorescência, de células de melanoma murino da linhagem B16F10;
- Microscopia eletrônica de transmissão de rotina das bactérias *Nocardia rhodnii*;
- Criofratura das células epiteliais intestinais de insetos *Rhodnius prolixus*;
- Microscopia eletrônica de varredura de protozoários *Trypanossoma cruzi* aderidos *in vitro* a um substrato.

Todo material utilizado foi processado no Laboratório de Biologia Celular e Tecidual da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e no Laboratório de Ultraestrutura Herta Meyer, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Preparo das imagens

As imagens digitais foram “copiadas” (ctrl+c) e “coladas” (ctrl+v) no aplicativo Word do Microsoft Office 2013. Posteriormente, foram modificadas com as ferramentas de correção de imagem do Word, acessadas através de propriedades da imagem. Essas ferramentas possibilitaram a modificação das características de cor, saturação, brilho, c o n t r a s t e e n i t i d e z . L e m b r a m o s q u e o s o f t w a r e Microsoft Office oferecem ferramentas similares. Em alguns casos, as imagens foram transferidas para o aplicativo Paint, acessório do sistema operacional Windows, também da Microsoft, no qual se realizaram a inversão de cores e a retirada das informações desnecessárias. Neste trabalho, utilizamos a impressora multifuncional HP LaserJet M 1120 para a

impressão das imagens em papel microcapsulado Swell Paper, com dimensões de 210 mm de largura e 297 mm de altura. Após impressão, submetemos o papel a uma máquina fusora Zy-Fuse, numa temperatura aproximada de 95°C, como sugerido por Perkins (2001).

Testes das imagens

As imagens foram testadas com dois deficientes visuais, um cego e outro com baixa visão. Após a entrega do material adaptado, entregamos papel e lápis (comum e cera) para que tentassem reproduzir a imagem que estavam “visualizando”. As reproduções foram então comparadas com as imagens impressas e, assim, a formação da imagem mental foi avaliada.

Resultados

Apresentaremos, em detalhes, as etapas de adaptação das imagens microscópicas. Nas imagens das bactérias *Nocardia rhodnii*, buscamos: enfocar a morfologia bacteriana e a divisão binária do protozoário causador da doença de Chagas *Trypanosoma cruzi*; demonstrar a morfologia do parasito nas imagens de células de melanoma murino B16F10; demonstrar a morfologia que as células animais assumem em cultura e nas imagens de células epiteliais intestinais de *Rhodnius prolixus*; demonstrar as especializações de superfície como junções íntimas e microvilosidades.

Iniciamos o processo de adaptação com imagens de microscopia eletrônica de transmissão de rotina de bactérias *Nocardia rhodnii*. Essas bactérias são típicas da luz do trato digestivo do percevejo *Rhodnius prolixus*, vetor do agente etiológico da doença de Chagas (Fig. 1). Como as bactérias estavam localizadas no interior do intestino médio de um inseto alimentado, apresentavam-se envoltas por muco e restos do processo de digestão do sangue ingerido durante a alimentação.

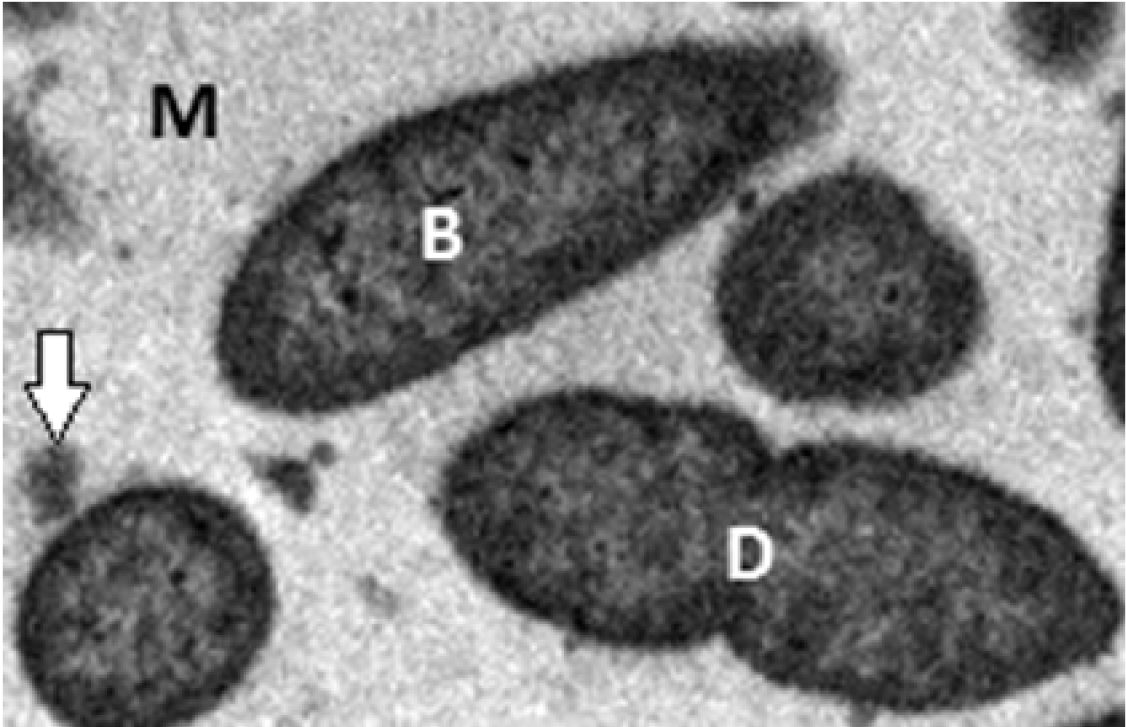


Figura 1 – Eletromicrografia do conteúdo do intestino posterior de *Rhodnius prolixus* repleto de perfis de bactérias da espécie *Nocardia rhodnii*. Em B, corte longitudinal de uma bactéria demonstrando sua forma cilíndrica. Em D, observa-se corte transversal da bactéria em processo de divisão assexuada (bipartição), a partir do qual estão surgindo duas bactérias. Todas as bactérias estão envoltas por muco (M) e restos celulares resultantes da digestão do sangue ingerido durante o repasto (*seta branca*) (85.000x).

Tanto os restos da digestão quanto o muco representavam o que chamamos de “ruído”, já que o alvo era a morfologia bacteriana. Podemos observar que as bactérias apresentavam tons escuros de cinza. No entanto, esse tom de cinza é muito parecido com o dos fragmentos celulares resultantes do processo de digestão. O muco, representado por uma granulação fina, também era cinza. Para que o processo de adaptação funcionasse, foi necessária a retirada desses ruídos e, a fim de se obter o resultado final com as bactérias em preto num fundo branco, a imagem necessitou passar por uma espécie de “tratamento”.

O processo de “tratamento” da imagem foi iniciado com sua “colagem” no Word. Em seguida, clicamos sobre a imagem com o botão direito do mouse, a fim de acessarmos a aba “formatar imagem” (Fig. 2).

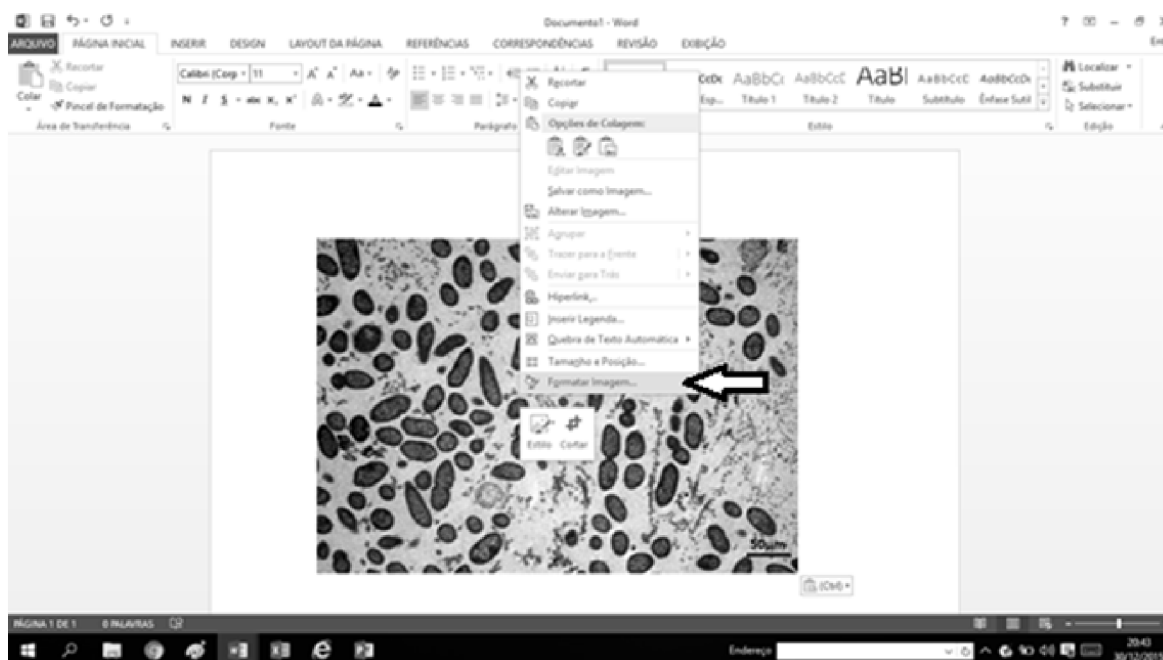


Figura 2 – Na seta branca, observamos, na aba, “formatar imagem” do Word 2013, aberta com o clique no botão direito do mouse sobre a imagem (barra de aumento na imagem).

Quando clicamos na função formatar imagem (Fig. 3), é disponibilizado, do lado direito da tela, um ícone representado por uma montanha com sol que tem a função “imagem”. Ao clicar nele, acessamos as ferramentas de edição de imagem que incluem brilho, contraste, nitidez, cor da imagem e corte. As ferramentas que utilizamos primeiro foram brilho, contraste e nitidez (Fig. 4). Esse procedimento tinha por objetivo eliminar os tons de cinza, deixando a estrutura-alvo com a cor preta num fundo o mais branco possível, ao mesmo tempo buscando minimizar a perda de nitidez da imagem durante o processo.

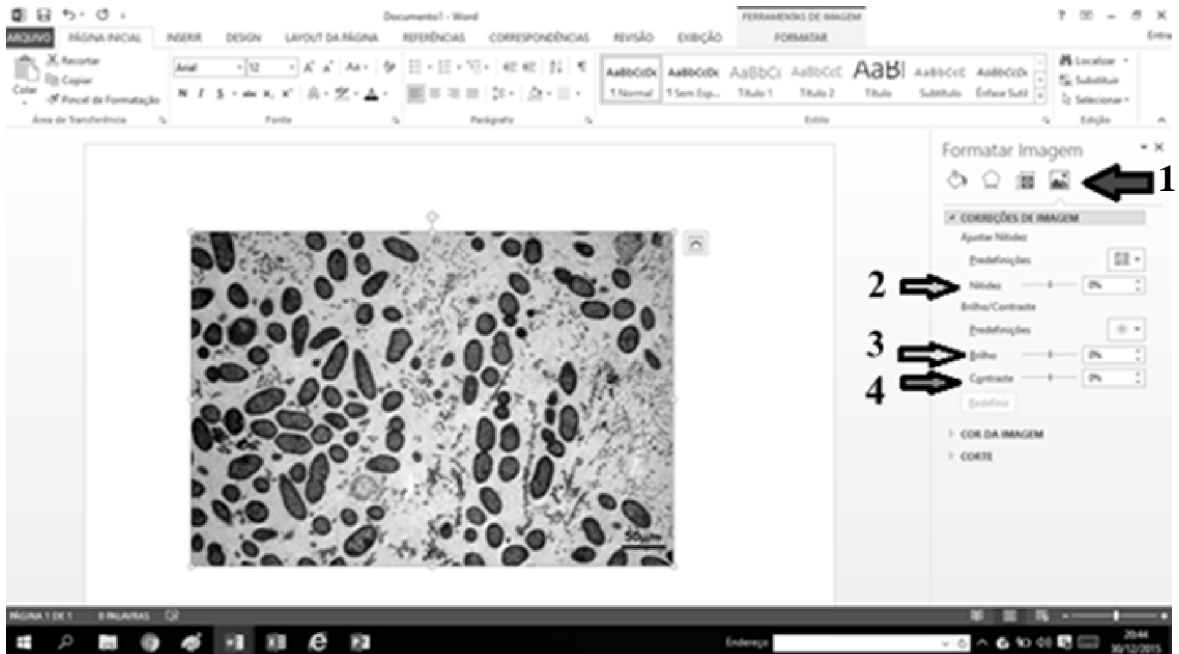


Figura 3 – Demonstração das ferramentas disponíveis quando clicamos no ícone “imagem”, representado pela montanha e sol (*seta número 1*). Observamos que o Word passa, então, a disponibilizar ferramentas na seguinte ordem, de cima para baixo: nitidez (*seta número 2*); brilho (*seta número 3*); contraste (*seta número 4*).

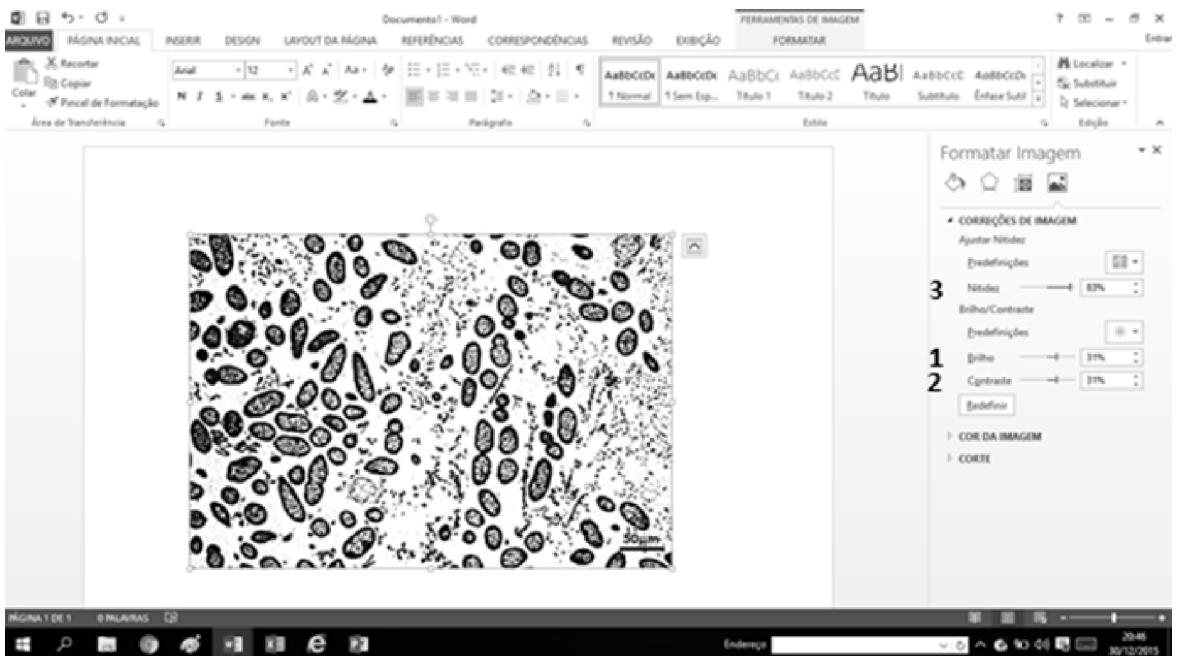


Figura 4 – Apresentação, à direita, da ordem de tratamento da imagem observada à esquerda. Primeiro alteramos o brilho (1), depois o contraste (2) e, por fim, a nitidez (3). Os tons de cinza do fundo praticamente desaparecem, restando, em sua maioria, a cor preta das estruturas e o branco do fundo (barra de aumento na imagem).

Mesmo eliminando quase totalmente os tons de cinza, a imagem continuou a apresentar estruturas de fundo que não correspondiam a bactérias e que, portanto, foram consideradas “ruídos”. Para eliminar esses “ruídos”, a aba “corte” do Word foi utilizada. Contudo, quando “copiamos” e “colamos” no Paint a imagem parcialmente adaptada no Word e utilizamos suas ferramentas seleção, corte e borracha, a qualidade do resultado obtido foi muito melhor (Fig. 5).

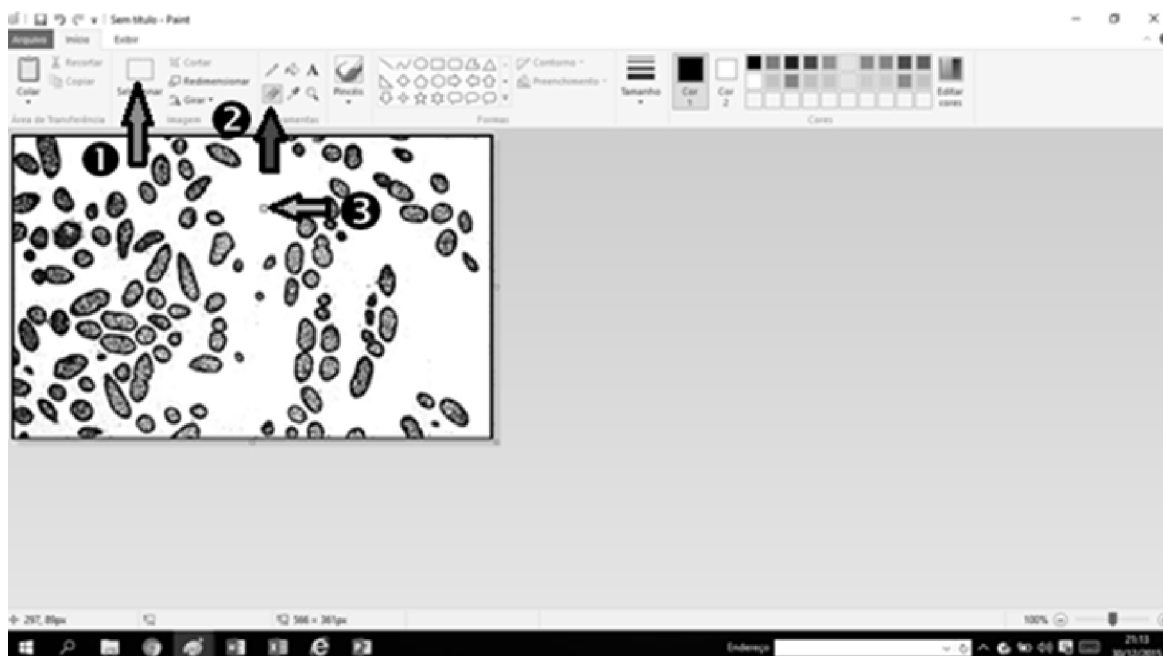


Figura 5 – Eliminação dos “ruídos” da imagem no Paint. A seta 1 indica a ferramenta “selecionar”, a seta 2 marca a ferramenta “borracha” e a seta 3 demonstra a representação da “borracha” apagando “ruídos” na figura. A barra de aumento também deve ser colocada na margem (bar 50 μm ____).

No caso da criofratura, utilizamos uma imagem da região intercelular em que a fratura demonstrou duas faces, ou camadas, da membrana plasmática de uma célula cilíndrica do epitélio intestinal de *Rhodnius prolixus*. Nessa imagem, observamos a distribuição de proteínas transmembrana de uma junção íntima, conhecida, nesses insetos, como junção septada. Nesse tipo de junção, as proteínas se dispõem lado a lado, formando cordões paralelos de partículas (Fig. 6). Porém, em ambos os lados da junção, visualizaram-se inúmeras estruturas que dificultavam sua individualização e, em consequência, a compreensão de sua morfologia. Para evitar esse problema, tudo que não fazia parte da junção foi apagado no Paint.

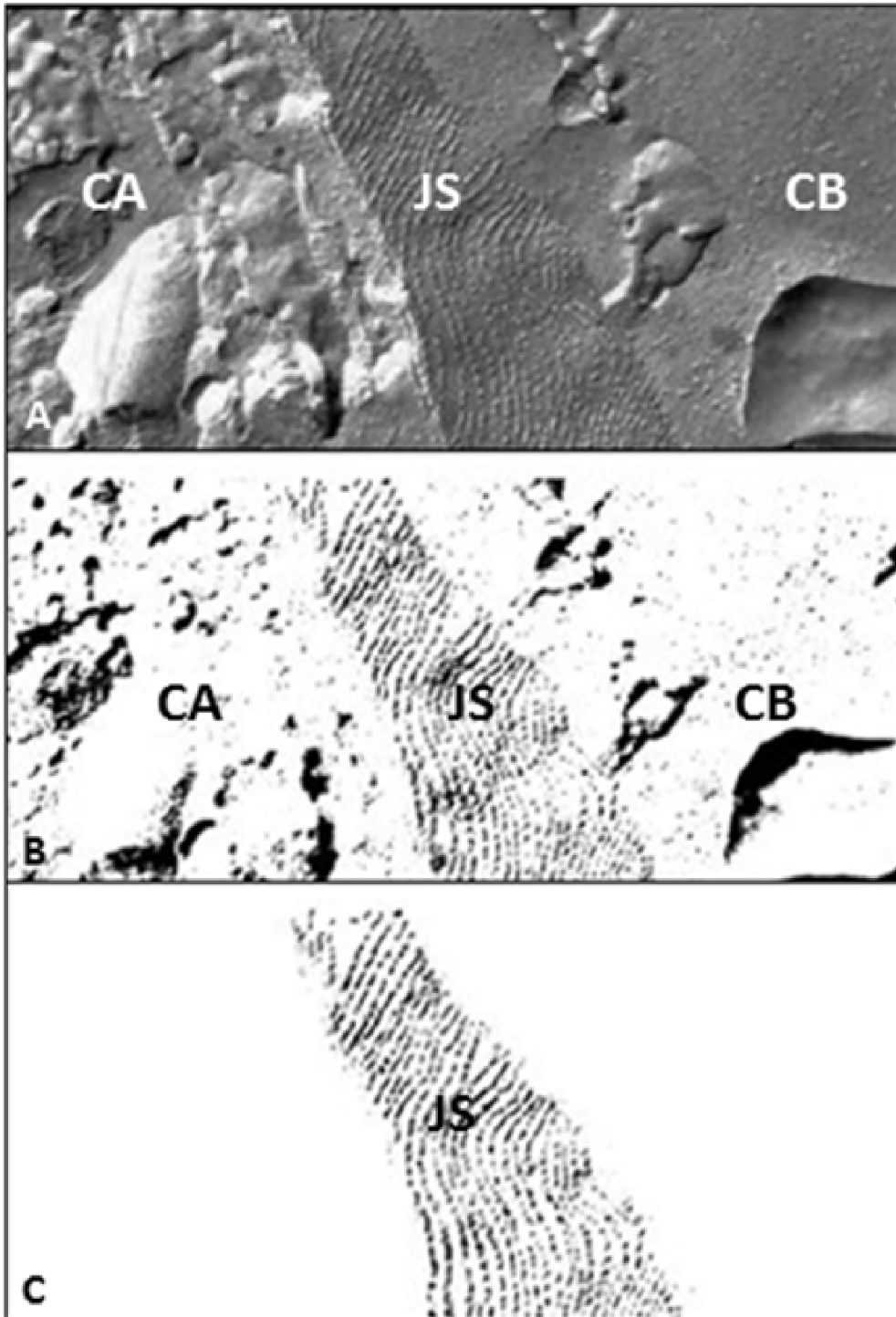


Figura 6 – Criofratura de célula epitelial intestinal de *R. prolixus*. Em A, observam-se duas faces, ou camadas, da membrana de uma célula, CA e CB. Em B, observa-se a imagem com os tons de cinza praticamente eliminados no Word. Em C, observamos apenas a junção septada (JS) após a retirada dos “ruídos” no Paint (40.000x).

No entanto, mesmo após esses tratamentos, não consideramos a adaptação dessa imagem bem-sucedida, já que, após sua reprodução na máquina fusora, a proximidade entre as fileiras de partículas não permitiu que fossem individualizadas ao toque. Ampliar a imagem também não resolveu o problema, pois levou a uma perda de nitidez. Essa falta de nitidez transformou as partículas em borrões impossíveis de definição pelo tato. Por isso, foi necessário, a cada três fileiras, apagar a intermediária. Dessa forma, aumentamos o espaço entre as fileiras, permitindo sua individualização ao toque e facilitando que a informação passada pela imagem fosse compreendida (Fig. 7).



Figura 7 – A cada três fileiras de partículas, a fileira central foi apagada no Paint, como representado na área no interior do círculo 40.000x.

Na microscopia eletrônica de varredura, as imagens sempre aparecem em branco num fundo preto. A passagem da imagem com essas características resultou numa reprodução final, em máquina fusora, em que as estruturas a serem observadas apresentavam baixo-relevo, em comparação com o fundo, que ficou totalmente estufado. A variação de brilho e contraste foi importante para tornar as células cada vez mais brancas e o fundo cada vez mais escuro. Contudo, antes da impressão em papel microcapsulado, a imagem precisou ter suas cores invertidas no Paint (Fig. 8).

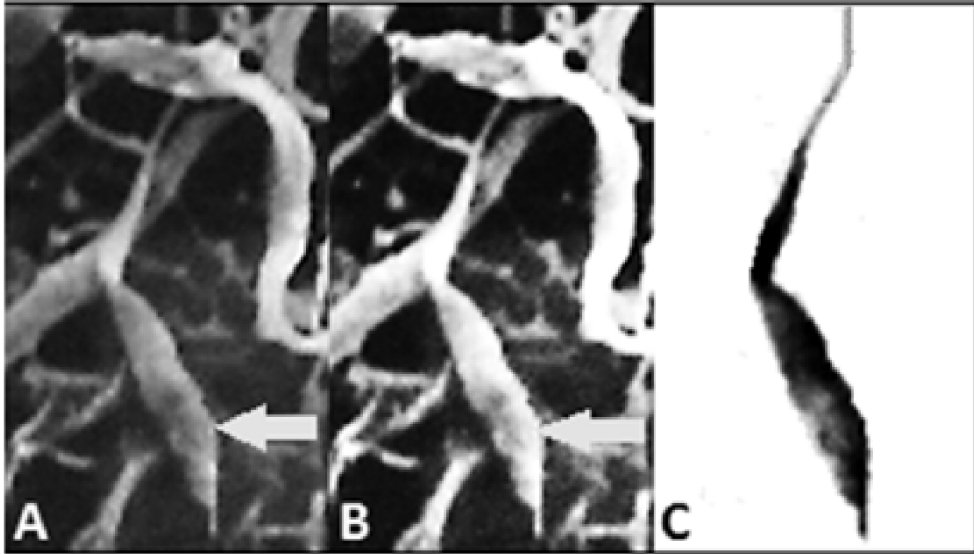


Figura 8 – Em A, *Trypanosoma cruzi* aderido a um substrato visto por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os parasitos aparecem acinzentados. Em B, a mesma imagem após processamento de brilho, contraste e nitidez no Word. Nessa segunda imagem, os parasitos aparecem bem mais brancos. Em C, observamos a imagem após inversão de cores e retirada de “ruídos” no Paint (2.200x).

No caso de imagens de microscopia óptica, que, na maioria das vezes, apresentam cor, inicialmente devemos diminuir a saturação a 0%, transformando a imagem em preto e branco. No caso da microscopia de fluorescência, em que o fundo é naturalmente preto, fez-se necessária a inversão de cores no Paint (Fig. 9).

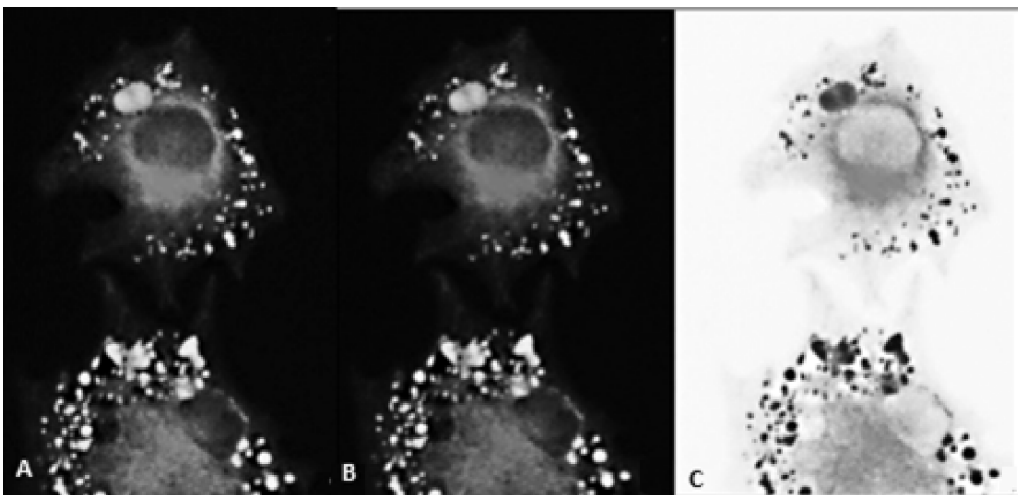


Figura 9 – Em A, observamos a imagem de fluorescência com cor. Em B, observamos a imagem com 0% de saturação. Em C, observamos a imagem com cor invertida no Paint (630x).

Quando se solicitou a um deficiente visual que “visualizasse” de forma tátil as imagens impressas e tentasse reproduzi-las, constatou-se que ele conseguiu fazê-lo de forma satisfatória (Fig. 10).



Figura 10 – Deficiente visual reproduzindo uma imagem adaptada. Podemos observar que a imagem mental formada está bem próxima da imagem adaptada.

DISCUSSÃO

Foram utilizadas fotomicrografias e elétron-micrografias selecionadas com base na importância das informações contidas, de modo que fossem úteis em todos os níveis de ensino de Ciências e Biologia. A dificuldade de se adaptarem as imagens não foi considerada em sua escolha, tendo em vista que a proposta do trabalho era buscar uma técnica que permitisse a visualização, por parte dos deficientes visuais, das mesmas imagens utilizadas com os alunos videntes.

Optamos por utilizar o Microsoft Word e o Paint com base na familiaridade que tínhamos com esses programas, mas é possível utilizar qualquer software, gratuito ou não, para a adaptação da imagem, desde que possua ferramentas de edição de imagem. O LibreOffice, por exemplo, possui uma barra de figura na qual podem ser alterados brilho e contraste. Portanto, a execução desse tipo de trabalho não necessita do editor de texto Word. Quanto ao Paint, o motivo de escolha foi idêntico: familiaridade e praticidade. No entanto, vale a pena ressaltar que qualquer editor de imagem pode ser utilizado, substituindo-o com qualidade.

Os modelos biológicos foram escolhidos com base na facilidade de obtenção, tendo em vista que fazem parte de nossa linha de pesquisa na área de parasitologia. Contudo, é possível empregar qualquer outro modelo biológico, assim como imagens de livros didáticos, com base na Lei nº 9.610/88 (Capítulo IV, art. 46, I, c, que determina que não constitui ofensa aos direitos autorais a reprodução de obras para uso exclusivo de deficientes visuais, desde que não envolva fins lucrativos e que seja feita por meio de técnicas aplicadas especificamente com a intenção de auxiliar esses indivíduos) (BRASIL, 1988b).

Quanto ao critério de apresentação e exploração das informações contidas nas imagens, levando em consideração que, segundo De Souza (2013), as imagens mentais prévias facilitam o processo de aprendizagem e que trabalhamos com muitos deficientes visuais que não enxergaram em nenhum momento da vida, o que derruba a possibilidade de imagens prévias em relação a vários assuntos, sugerimos que o preparo e a utilização do material adaptado ocorram como se o indivíduo nunca tivesse enxergado. Assim, entendemos que, inicialmente, o material deve ser apresentado, para que ele compreenda, em primeiro lugar, a forma daquilo que está vendo. Em segundo lugar, que ele tente reproduzir a imagem mental formada sobre a informação recebida e, só posteriormente, caso essa imagem mental esteja correta, receba o conceito do que “visualizou”.

No que diz respeito ao processamento das imagens, nem sempre eliminar um fundo cinza foi suficiente. Com frequência, a imagem reunia mais informações que o necessário. Como o excesso de informações pode prejudicar a definição das estruturas, optou-se pela redução ou eliminação de informações desnecessárias, comumente chamadas de “ruído”, visto que o aluno deficiente visual precisa fazer uma leitura tátil adequada. Se-

gundo o autor, no caso de deficientes visuais, não é aconselhável que existam muitas informações distintas numa mesma imagem adaptada (LOCH, 2008). Portanto, a eliminação do que consideramos “ruído” na imagem foi importante.

Outro detalhe que não podemos deixar de levar em conta na preparação de qualquer material didático para deficientes é que, da mesma forma que dois pontos só podem ser discernidos visualmente de acordo com o limite de resolução do olho humano (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2012), existe também um “limite de resolução” entre dois pontos pelo tato humano. Esse limite de resolução corresponde a cerca de 2,5 mm (CERQUEIRA, 2009). Segundo Oliveira *et al.* (2004), pode haver dificuldade de percepção dos limites das estruturas quando apresentam a mesma textura, como é o caso do material adaptado em máquina fusora. Por isso, quanto mais afastadas estiverem entre si, mais fácil será sua interpretação pelo aluno deficiente visual (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Nossos dados também demonstraram que a textura não se revelou fundamental para o reconhecimento das estruturas adaptadas; ao contrário, a definição morfológica é que se mostrou essencial para a formação da imagem mental dos deficientes visuais.

Concluimos, em primeiro lugar, que a metodologia de adaptação das imagens microscópicas para impressão em relevo apresentada neste trabalho, além de rápida, pode ser facilmente aplicada por professores em qualquer nível de ensino, sem qualquer formação especial, exceto a prática no manuseio dos softwares citados. Por fim, a imagem mental formada a partir das imagens microscópicas em alto-relevo impressas em papel microcapsulado submetido a uma máquina fusora provou que essa metodologia cumpre todos os pré-requisitos necessários ao ensino, com qualidade, de microscopia óptica e eletrônica a deficientes visuais, como o produzido por Perkins (2001) e Lopes (2015) na área de Geografia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos pelo apoio financeiro do CNPq (IC, IC-Jr e INCT), da Capes (Programa Novos Talentos e Programa de Iniciação à Docência – PIBID) e da Faperj.

REFERÊNCIAS

AMARAL, G. K. & FERREIRA, A. C. Educação de estudantes cegos na escola inclusiva: o ensino de física. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, Vitória, ES, 2009. p. 1-8.

BRASIL. *Constituição Brasileira*. Brasília, Casa Civil, 1988.

BRASIL. *Lei nº 9.610. Alteração, atualização e consolidação da legislação sobre direitos autorais*. Casa Civil, 1988.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. LDB 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Brasília, Casa Civil, 1996.

BRASIL. *Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa da Pessoa com Deficiência, Lei Nº 13.146 (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. Brasília, Casa Civil, 2015.

CERQUEIRA, J.B. O legado de Louis Braille. *Revista Nossos Meios*, 2009, p. 14.

DALLAN, L. A. *et al.* Ação da cardioplegia na proteção miocárdica. Estudo experimental através das réplicas de criofraturas, *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. São José do Rio Preto, v. 2, nº. 3, 1987, p. 200-211.

FRIAS, E. M. A. & MENEZES, M. C. B. *Inclusão escolar do aluno com necessidades educacionais especiais: contribuições ao professor do ensino regular*. S.l.: Educação Especial, 2008.

JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. *Embriologia básica-texto e atlas*. 13 ed..Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013, p. 4-8.

LOCH, R. E. N. Cartografia tátil: mapas para Deficientes Visuais, *Portal da Cartografia*. Londrina, v. 1, n. 1, 2008, p. 35-58.

LOPES, V. C. S. *Tecnologia Assistiva – Ferramenta para o ensino de geografia ao deficiente visual*. 2015. Dissertação (Mestrado em CMPDI – MP, Diversidade e Inclusão). Universidade Federal Fluminense.

MACHADO, S. W. S. Produção e avaliação de materiais acessíveis no processo ensino-aprendizagem de ciências e biotecnologia para alunos deficientes visuais e normovidentes. 2015. Tese (Doutorado em Ciências e Biotecnologia). Universidade Federal Fluminense.

OLIVEIRA, L. M. *et al.* *A biologia ao alcance de todos*. IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, JEPEX. 2009.

PERKINS, C. *Tactile Campus Mapping: Evaluating Designs and Production Technologies*, 2^o International Cartographic Conference, 2001.

SANT'ANNA, N. F. S. Técnicas para produção e reprodução de material educacional de baixo custo na área de ciências morfológicas para deficientes visuais, *Interscienceplace*, n. 30, v. IX, 2014.

_____. *Inclusão de deficientes visuais na universidade*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, n° 157, 2014, p. 12.

SOUZA, E. S. R. A formação de modelos mentais na sala de aula. *Revista Exitus*, v. 03, n° 01, 2013. p. 169-184.

VITTA, F. C. F. *et al.* Conceito sobre a educação da criança deficiente, de acordo com professores de educação infantil da cidade de Bauru, *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 10, n. 1, p. 43-58, jan.-abr. 2004.