

DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INCLUSIVA SOBRE O TEMA TAXONOMIA E SISTEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM IMPEDIMENTO VISUAL: GESTÃO DE ACESSIBILIDADE AO CONTEÚDO CIENTÍFICO NUMA PERSPECTIVAÇÃO DE PROMOÇÃO À AUTONOMIA

Development of an inclusive didactic sequence on the theme taxonomy and analysis of phylogenetic relationships for students with visual impairment: management of accessibility to scientific content with to promoting autonomy

Roberto Irineu da Silva [irineuroberto@cp2.g12.br]

*Colégio Pedro II – Campus Niterói, Departamento de Biologia e Ciências, Núcleo de Produção de Material Didático e Difusão Científica em Biologia, Profbio-Uerj.
Rua Assis Vasconcelos R. Assis Vasconcelos, s/n - Barreto, Niterói – RJ.*

Carolina Tavares Schumann [cr_tavares@hotmail.com]

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Profbio-UERJ, Rio de Janeiro, Brasil.
Rua São Francisco Xavier, 524 Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha 5º andar - Sala 507.*

Recebido em: 26/07/2022

Aceito em: 24/02/2023

Resumo

A efetivação de normatizações quanto à inclusão de indivíduos com deficiência visual nos espaços regulares de ensino demanda intervenções didático-pedagógicas condicionantes à observância da igualdade de direitos em termos de acessibilidade aos conteúdos curriculares, prevenindo sonegações de conhecimento sob pretextos fundamentados nos impedimentos da deficiência. Conjugando-se à demanda apresentada, no processo de geração dos recursos mediadores do desenvolvimento cognitivo, preconiza-se a implementação de estratégias concordantes com a emancipação do educando, significando um compromisso quanto à pontuação do estudante com deficiência como agente ativo de seu processo de aprendizagem. Assim, objetivou-se neste estudo a concepção de uma sequência didática mediada por recursos com significação tátil sobre o tema taxonomia e sistemática, sendo implementado em tais recursos, um mecanismo de audiodescrição via QR code que informa e caracteriza os elementos constituintes dos modelos, correlacionando-os biologicamente para a efetivação da cognição num contexto perceptual tátil de forma autônoma. Considera-se que este projeto se recobre de importância pelo fato da proposta didático-metodológica ter sido desenvolvida com a interferência de educandos cegos, falando-se em design com foco no percebido, além de possibilitar a inserção destes estudantes nas TDICs. Conjuntamente, estes atributos concorrem para uma espécie de processo sistêmico de inclusão, sob uma perspectiva lógico-científica e tecnológica.

Palavras-chave: ensino de biologia, recursos didáticos acessíveis, inclusão científico-tecnológica.

Abstract

The implementation of normative prescriptions regarding the inclusion of visually impaired individuals in the regular teaching spaces requires didactic-pedagogical interventions conditioning the observance of equal rights in terms of accessibility to curricular contents, preventing evasion of knowledge under pretexts based on the impediments of disability itself. Combining the demand presented in the process of generating the resources that mediate the cognitive development, it is recommended the implementation of strategies in agreement with the emancipation of the student, meaning a commitment to the score of the disabled student as an active agent of their learning process. Thus, considering the needs presented, the aim of this study was to design a didactic sequence

mediated by features with tactile significance on the Taxonomy and systematic theme, being implemented in such resources, an audiodescription mechanism via QR code that informs and characterizes the constituent elements of the models, correlating them biologically for the effectiveness of cognition tactile perceptual context autonomously. Finally, consider that this important project due to the fact that the didactic-methodological proposal was developed with interference from students, talking about design with an unperceived focus, in addition to enabling the insertion of tests studied in TDICs. Together, these competing attributes for a kind of systemic inclusion process, from a scientific and technological perspective.

Keywords: Biology teaching; Accessible teaching resources; Scientific-technological inclusion.

1. INTRODUÇÃO

Secundariamente às políticas socioeducacionais vinculadas à descentralização do processo ensino-aprendizagem de indivíduos com deficiências, preconizando que o mesmo ocorra em espaço regulares, impõe-se a emergência de desenvolvimento de um fluxograma em que empreendimentos especializados multisetoriais sejam inter-relacionados com fins de efetivação do processo de inclusão (Brasil, 2015; Kassar, 2011; Silva, 2018).

Neste sentido, prescrições programáticas decorrentes de normativas institucionalizadas que objetivam não somente a introdução social dos referidos estudantes, mas o comprometimento com efetivação da cognição, implementam um ente estratégico central, de caráter complementar/suplementar às aulas regulares. Este ente refere-se ao Atendimento Educacional Especializado (AEE), em que identificações de demandas em nível individualizado e concordantes com a deficiência, oportunizam a concepção de estratégias didáticos-pedagógicas mediadoras do processo de aprendizagem por supressão das barreiras, assegurando que estes estudantes tenham acesso aos conteúdos curriculares sob a premissa da equidade (Franco, 2019; Lemos, 2013; Neves, Rahme, e Ferreira, 2019; Salvini *et al.*, 2019).

Depreende-se disto que as diretrizes operacionais e normativas devotadas à Educação Especial em espaços públicos regulares requerem a assunção de uma postura de vigilância constante quanto à emancipação e erradicação de estigmatizações e preconceitos, significando compromisso com a efetivação da aprendizagem num processo isento de sabotagem e subtração de conhecimentos com pretextos de intransponibilidade decorrentes da deficiência, propriamente (Magalhães & Ruiz, 2011; Mesquita, 2017).

O AEE nesta circunscrição, não se constitui num espaço de extensão das salas regulares simplesmente, mas uma espécie de setor investigativo em que intervenções educacionais numa configuração de pesquisa concebe estratégias, métodos e recursos que objetivam a promoção da cognição por oportunizar condições de igualdade de acesso aos conhecimentos, previamente estabelecidos como metas de aprendizagem, sob uma constante fiscalização em relação a eficácia dos mesmos numa conjuntura de heterogeneidade em termos de necessidades educacionais específicas (Reis, 2012; Salvini *et al.*, 2019).

Considerando o ensino de Ciências Biológicas para deficientes visuais, o comprometimento decorre da significativa demanda sensorial relativa à visão para compreensão de aspectos morfológicos/estruturais ou processamentos de eventos sequencial e hierarquicamente ordenados, respectivos à consecução dos fenômenos, uma vez que a transmissibilidade destas informações realiza-se de forma hegemonicamente imagética (Fraser & Maguvh, 2008; Felicetti & Santos, 2017).

Assim, modelos didáticos com significação tátil bi ou tridimensionais, impressão em relevo e audiولةitura de materiais textuais são instrumentos elencados como mediadores do processo ensino-

aprendizagem vinculados aos estudantes com esta categoria de deficiência. Verifica-se, entretanto, um fator crítico no desenvolvimento destes recursos por estarem associados a uma tentativa de transposição literal dos padrões estéticos visuais para uma interação perceptiva tátil, além da negligência quanto à heterogeneidade inerente a esta categoria de educandos, implicando que não se pode esperar a mesma responsividade, em termos de êxito cognitivo, a todos que estão expostos ao mesmo recurso, exigindo investigação concomitante quanto às suas carências pedagógicas e habilidades cognitivas de caráter abstrativo, para fins de exploração do material num contexto de operação de correlação com a estrutura científica abordada.

Deve-se considerar ainda que a diversidade de níveis de letramento multissensoriais em um espectro inclui desde indivíduos cegos que reconhecem o código Braille e são alfabetizados na língua portuguesa, até aqueles que são iletrados nos dois sistemas de alfabetização. Adicionalmente, verificam-se indivíduos que possuem cegueira de ordem congênita não apresentando, portanto, um lastro mnemônico visual mínimo para acessar imagens por recorrência diante de uma necessidade no processo de leitura, até aqueles que adquiriram cegueira em algum estágio durante a vida e, portanto, podem ser inseridos num contexto de aprendizagem que apela para este lastro visual preservado em suas memórias (Vilela-Ribeiro & Benite, 2013; Nepomuceno & Zander, 2015; Camargo, 2017; Stella, 2019).

Mediante o exposto, neste projeto objetivou-se a produção de uma Sequência Didática (SD) contextualizada no tema Sistemática, incluindo os subtópicos Taxonomia e Relações filogenéticas entre os seres vivos (Cladística), para estudantes com deficiência visual, recorrendo a modelos didáticos com significação tátil como recursos subsidiadores de acessibilidade para a efetivação do processo cognitivo.

A proposta de desenvolvimento de uma Sequência didática (SD) fundamenta-se por ser verificada uma espécie de alinhamento quanto às proposições deste método com os objetivos de caráter pedagógico inerentes ao AEE. Ambos são confluentes à sistematização de um processo de desenvolvimento cognitivo em que (a) inicialmente se verifica a necessidade de diagnosticar habilidades, competências e subsunções por meio de dialogicidade, problematizações e análise da arquitetura cognitiva do estudante em relação a determinando conteúdo; (b) prossegue-se criando metas de aprendizagens e de aquisições de habilidades e competências, planejando e concebendo métodos e recursos mediadores comprometidos com a superação de impedimentos inerentes à deficiência; (c) exige-se uma constante vigilância quanto à eficácia dos métodos e dos recursos implementados, verificando objetivamente a capacidade deles de suplantar os impedimentos suscitados pela deficiência, e de atingirem as metas estabelecidas a priori.

Finalmente, entendendo que numa perspectiva freireana, a autonomia no contexto didático-pedagógico refere-se a um princípio de emancipação do sujeito que o capacita a adquirir reflexões não restritas à subjetividade e disposição com o docente interagente numa condição de heteronomia, mas por meio da inter-relação dialógica que se realiza por uma disposição exploratória própria (Freire, 2002; Forgiarini, 2013; Esquinsani, 2021), realça-se que subjacente ao desenvolvimento do produto educacional deste projeto, foi criado um artifício com a proposição de corroborar para a promoção da independência por parte do educando, correspondendo a inserção de uma audiocaracterização do recurso didático que é acionada digitalmente por um código de resposta rápida (QR code) por meio do *smartphone*.

A implementação deste recurso possibilita não somente revisitações do conteúdo à semelhança de um estudante vidente que recorre às fontes bibliográficas para revisão ou compreensão do conteúdo numa perspectiva de aprofundamento, não se limitando às informações transmitidas pela aula regular presencial, mas coopera para um desenvolvimento cognitivo numa perspectiva de autodidatismo em que há o protagonismo do sujeito educando por meio da análise exploratória com o objeto de estudo que, neste caso, torna-se possível pelo fato de se promover acessibilidade pela

criação de um recurso que se constitui numa linguagem tátil, sendo a referida análise direcionada por uma logística pedagógica expressa em áudio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da população estudada e questões éticas

O presente estudo foi desenvolvido no Colégio Pedro II, envolvendo três alunos com deficiência visual, matriculados regularmente no segundo ano do Ensino Médio, sendo todos egressos do Instituto Benjamim Constant por ocasião do processo de escolarização no Ensino Fundamental.

Quanto à caracterização da modalidade de deficiência visual, dois destes estudantes apresentavam cegueira total não congênita, resultantes de desenvolvimento de retinoblastoma imediatamente ao nascimento e inflamação de retina durante a infância, respectivamente, sendo ambos dominantes da escrita Braille. O terceiro estudante, por sua vez, é diagnosticado com baixa visão secundária ao albinismo, doença genética hereditária de caráter recessivo marcada pela incapacidade de produzir melanina, apresentando movimentos involuntários do globo ocular (nistagmo), sendo as condições mencionadas, correspondentes a fatores causais para a perda de acuidade visual pelo comprometimento fisiológico da retina e dificuldade de manter o foco.

Como critério de inclusão para atuação neste projeto, todos os participantes foram conscientizados sobre os objetivos e métodos, conjuntamente com seus responsáveis, consubstanciando suas voluntariedades por meio de assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, submetido previamente à apreciação pelo Comitê de Ética da Instituição de realização do projeto, respeitando as normas éticas vigentes.

Construção dos modelos didáticos

Os recursos didáticos foram construídos respeitando a estética tátil, evitando o uso de componentes potencialmente promotores de lesão, ou cujos constituintes não apresentassem distinções à percepção háptica, perdendo a eficácia em termos de transmissibilidade de informações (de Almeida *et al.*, 2010; Brendler *et al.*, 2014).

Quanto à concepção dos referidos recursos, esta estrategicamente fundamentou-se sob o modelo centrado no percebido, focando não somente no *design* estrutural em si, mas na apreciabilidade tátil para que se estabelecesse uma identidade com o usuário, fomentando assim um relacionamento para a promoção da cognição (Dischinger & Kindlein, 2010). Neste aspecto, os estudantes foram coprotagonistas na concepção destes recursos, dada suas sugestões de modificações de constituintes em prol de distinção de textura ou eliminação de elementos irritantes em termos táteis.

Prosseguindo, a estratégia na exposição de todos os recursos foi apresentá-los, promovendo mediação dialógica em que, inicialmente e de forma descompromissada, os estudantes relatavam o que estavam percebendo, para partir a um processo de correlação biológica. A caracterização dos modelos didáticos produzidos e os procedimentos para produção dos mesmos encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1: Caracterização dos materiais e dos procedimentos utilizados na confecção dos modelos didáticos

Modelos Didáticos	Materiais empregados	Procedimento
<p>Prancha 1 – Processo de Especiação por cladogênese.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0.50 m x 2,5 cm (C x L x E). ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ Pincel e tinta acrílica cor preta. ■ 20 semipérolas na cor preta. ■ 10 semipérolas na cor dourada e de tamanho diferente (menor). ■ EVA de textura e cores diferentes (preto, vermelho e verde escuro). ■ 30 esferas do tipo framboesas. ■ 30 botões. ■ Cola de isopor. ■ tesoura. ■ Reglete e papel gramatura: 120g/m²; Formato: A4 (21cm x 29,7cm) ou impressora Braille. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparação da Prancha <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar a placa de isopor como suporte. - Forrar um dos lados com EVA vermelho colando-o à referida placa. ■ Formação dos quadrantes demonstrando o processo de especiação. <ul style="list-style-type: none"> - Cortar a cartolina amarela formando 3 quadros de 30 cm de comprimento X 30 cm de largura. - Colar os quadros na prancha de tal forma que a distância entre o primeiro e o segundo seja de 20 cm. O terceiro quadro pode vir imediatamente ao segundo ou abaixo dele. - Produzir 12 linhas de barbantes com comprimento de 20 cm cada. - Colar os barbantes nos quadros de cartolinas, de forma que sejam utilizados 4 barbantes em cada, formando uma delimitação quadrática de 20 cm X 20 cm. - Produzir duas faixas de EVA texturizados (com glitter) na cor verde escura, com as seguintes dimensões: 3 cm de largura x 18 cm de comprimento. - Colar as faixas no interior do quadrante delimitado pelo barbante de forma a subdividi-lo em duas metades que gere subquadrantes de 8 cm de comprimento e 20 cm de largura cada. - Colar 10 semipérolas no subquadrante superior e 10 no subquadrante inferior de forma a preenche-los uniformemente. - Colar 5 semipérolas (optou-se por douradas) de tamanhos diferenciados no subquadrante superior e 5 no subquadrante inferior de forma a se misturarem com as coladas previamente. - No segundo quadro, também subdividido pela faixa de EVA, conforme o primeiro, colar 15 pérolas de framboesas no subquadrante superior e 15 botões no subquadrante inferior. - No terceiro quadro, isento da faixa de EVA, colar os botões e as pérolas de framboesas de forma misturada e a preencher homogeneamente o quadro. ■ Estabelecimento das relações entre os quadros <ul style="list-style-type: none"> - Cortar EVA texturizado com glitter na cor preta na forma setas com as seguintes especificações: 2 setas de 15 cm de comprimento e dois cm de largura; uma seta de 15 cm de comprimento e 4 cm de largura; e uma seta de 18 cm de comprimento e 4 cm de largura. - Colá-las entre o primeiro quadro e o segundo nesta ordem: Primeira seta tendo as dimensões de 15 cm de comprimento e dois cm de largura, representando a diversificação gênica; Segunda seta tendo 18 cm de comprimento e 4 cm de largura representando o isolamento reprodutivo; terceira seta com 15 cm de comprimento e 4 cm de largura, representando o isolamento geográfico; e uma seta com 15 cm de comprimento e 2 cm de largura representando ao diversificação gênica. ■ Descrições em Braille ou digitadas em fonte tamanho 24 <ul style="list-style-type: none"> - Separação geográfica, gerando dois grupos populacionais a partir de uma espécie ancestral. (colar acima dos dois primeiros quadros). - Diversificação gênica, Isolamento reprodutivo, Isolamento geográfico, diversificação gênica (colar na primeira, segunda, terceira e quarta seta, respectivamente). - Espécie A. Espécie B. (colar no subquadrante superior e inferior do quadro 2). - Remoção da barreira geográfica (colar acima do quadro 3). ■ Fixação do QR code

		<ul style="list-style-type: none"> - Colar o QR code gerado na parte inferior da prancha delimitando-o com barbante. - Colar a descrição em Braille ou digitalizado em fonte 24 na parte superior da delimitação pelo barbante.
<p>Prancha 2 - Representação das relações filogenéticas por meio de cladogramas do tipo retangular</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0.50 m x 2,5 cm (C x L x E). ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ Pincel e tinta acrílica cor preta. ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ 3 semipérolas. ■ Reglete e papel gramatura: 120g/m²; Formato: A4 (21cm x 29,7cm) ou impressora Braille. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparação da Prancha - Utilizar a placa de isopor como suporte. - Forrar um dos lados com EVA vermelho colando-o à referida placa. ■ Formação do cladograma retangular - Cortar cartolina amarela formando um quadro com as seguintes dimensões: 50 cm de comprimento 30 cm de largura. Colá-lo na prancha como preparada anteriormente. - Produzir barbantes com os seguintes comprimentos (quantidades): 20 cm (2); 10 cm (2); 6 cm (7); - Construir o cladograma da seguinte maneira: Inicialmente, colar um barbante de 20 cm na posição horizontal, centralizado no quadro, a uma altura de 10 cm do limite inferior. Na metade deste barbante, colar um barbante de 6 cm numa posição vertical que constituirá a raiz do cladograma. Nas extremidades do barbante de 20 cm, colar em cada e de forma perpendicular, barbantes de 6 cm de comprimento voltados verticalmente para cima. Nas extremidades superiores destes barbantes de 6 cm, colar os barbantes de 10 cm de comprimento na posição horizontal, de tal forma que os primeiros que serviram de referência fiquem centralizados em relação a estes de 10 cm. Nas extremidades destes barbantes de 10 cm de comprimento horizontalmente posicionados, colar os de 6 centímetros restantes, voltados para cima, formando figuras semelhantes a traves de futebol americano. Colar as semipérolas para representar os nós ao longo do cladograma (n = 3). Pintar o barbante com tinta acrílica preta e esperar secar. Para compor a linha do tempo, colar o barbante de 20 cm restante na posição vertical ao lado do cladograma, a uma distância de 20 cm da raiz. ■ Descrições em Braille ou digitadas em fonte tamanho 24 - Escala de tempo (colar de forma a acompanhar a linha do tempo); Espécies atuais (colar na parte superior do cladograma); Ancestralidade (colar na parte inferior do cladograma); A, B, C, D e E (Colar acima dos respectivos nós, iniciando-se do mais inferior até o superior, conforme ilustrado na Figura 2b). ■ Fixação do QR code - Colar o QR code gerado na parte inferior da prancha delimitando-o com barbante. - Colar a descrição em Braille ou digitalizado em fonte 24 na parte superior da delimitação pelo barbante.
<p>Prancha 3 - Aplicação prática das interpretações inerentes ao cladograma retangular</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0.50 m x 2,5 cm (C x L x E). ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ Pincel e tinta acrílica cor preta. ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ 6 semipérolas. ■ Reglete e papel gramatura: 120g/m²; Formato: A4 (21cm x 29,7cm) ou impressora Braille. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparação da Prancha - Utilizar a placa de isopor como suporte. - Forrar um dos lados com EVA vermelho colando-o à referida placa. ■ Formação do cladograma retangular - Formar um cladograma com 40 cm de comprimento, contendo seis figuras “em trave de futebol americano”, posicionados como especificados na ilustração (Figura 4). Este cladograma será composto de seis nós. Para produzi-lo, observar os procedimentos para a fabricação do cladograma da prancha 2. ■ Descrições em Braille ou digitadas em fonte tamanho 24 - Urso pardo, Urso malaio, Urso andino, Panda gigante, Panda vermelho, Racum, Cachorro. Colar estas descrições em Braille e digitalizado na fonte tamanho 24 nesta ordem nas extremidades superiores do cladograma da direita para a esquerda. ■ Fixação do QR code

		<ul style="list-style-type: none"> - Colar o QR code gerado na parte inferior da prancha delimitando-o com barbante. - Colar a descrição em Braille ou digitalizado em fonte 24 na parte superior da delimitação pelo barbante.
Prancha 4 – Representação das relações filogenéticas por meio de cladograma simplificado do tipo diagonal.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0.50 m x 2,5 cm (C x L x E). ■ Corda de náilon tamanho 5 mm. ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ Pincel e tinta acrílica cor preta. ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ 4 semipérolas ■ Reglete e papel gramatura: 120g/m²; Formato: A4 (21cm x 29,7cm) ou impressora Braille. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparação da Prancha - Utilizar a placa de isopor como suporte. - Forrar um dos lados com EVA vermelho colando-o à referida placa. ■ Produção do cladograma diagonal - Produzir fios de náilon com os seguintes comprimentos: 50 cm, 32 cm, 26 cm e 18cm. - Colar o fio de náilon de maior comprimento de forma diagonal na prancha, numa inclinação de aproximadamente 45°. - Em espaços regulares de 10 cm, colar os fios de comprimento 32 cm, 26 cm e 18cm de forma que estes interseccionem o fio de 50 cm, constituindo os ramos do cladograma (para esta etapa, meça aproximadamente 10 cm do início do fio posicionado na diagonal para colar o primeiro ramo). - Colar as semipérolas nos pontos de intersecção dos ramos com a linha diagonal principal. - Produzir setas de EVA para indicar o tempo evolutivo (50 cm de comprimento) e os constituintes a que se referem as descrições, conforme o modelo (Figura 5b). ■ Descrições em Braille ou digitadas em fonte tamanho 24 - A, B, C, D, E (colar nas extremidades dos ramos para indicar os nomes das espécies atuais); Ramos; Característica derivada do grupo; Característica primitiva do grupo; Ancestral comum aos grupos D e E; Tempo evolutivo, Presente, Passado (colar ao longo da linha do tempo, na extremidade superior e inferior da seta que se refere a escala evolutiva, respectivamente). Colar estas descrições em Braille e digitalizado na fonte tamanho 24 nesta ordem nas extremidades superiores do cladograma da direita para a esquerda. ■ Fixação do QR code - Colar o QR code gerado na parte inferior da prancha delimitando-o com barbante. - Colar a descrição em Braille ou digitalizado em fonte 24 na parte superior da delimitação pelo barbante.
Prancha 5 – Demonstração da aplicabilidade funcional do cladograma diagonal no processo de estudo das relações filogenéticas de plantas terrestres.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0.50 m x 2,5 cm (C x L x E). ■ Corda de náilon tamanho 5 mm. ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ Pincel e tinta acrílica cor preta. ■ Barbante ■ Uma cartolina de cor amarela. ■ 4 semipérolas ■ Reglete e papel gramatura: 120g/m²; Formato: A4 (21cm x 29,7cm) ou impressora Braille. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparação da Prancha - Utilizar a placa de isopor como suporte. - Forrar um dos lados com EVA vermelho colando-o à referida placa. ■ Produção do cladograma diagonal demonstrando a relação filogenética das plantas terrestres - Repetir os procedimentos descritos para a produção do cladograma da prancha 4, considerando como modelo a ilustração na Figura 6. ■ Fixação do QR code - Colar o QR code gerado na parte inferior da prancha delimitando-o com barbante. - Colar a descrição em Braille ou digitalizado em fonte 24 na parte superior da delimitação pelo barbante.

Em respeito à proposição lógica subjacente à transmissibilidade do conhecimento, perspectivou-se o processamento de uma interação com os recursos em dois níveis. Inicialmente, considerando uma circunscrição delimitada, a exploração tátil executou-se de forma descaracterizada

de intencionalidade pedagógica, objetivando o reconhecimento dos elementos constituintes (elementos referenciais perceptivos), incluindo distinções em termos qualitativos, quantitativos, além de análises relacionais quanto à posição. Neste nível de exploração, iniciaria o processo de correlação biológica e o estabelecimento, assim, de uma espécie de código tátil. Menciona-se que por sugerirem alterações de materiais constituintes para melhoria na diferença de textura, os estudantes culminam por cooperarem não somente para o aprimoramento da estética tátil dos modelos, mas também para o estabelecimento do código tátil, como descrito.

Posteriormente, garantida a apreensão do código tátil, prosseguia-se para uma interação numa escala macro e global, fomentando um exercício de comparabilidade em que, os elementos dos recursos em áreas circunscritas inter-relacionadas, doravante denominadas de quadrantes, estariam estabelecidos para que a emergência do conhecimento científico executasse por correlação posicional e de mudanças dos elementos (na forma ou quantidade), após a eleição do constituinte referência, ou seja, do componente do modelo que sofre modificações durante as sequências que formam os eventos e que, tatilmente, são modificações traduzidas na textura, quantidade, forma e posição, percebendo-se isso por comparação dos referidos quadrantes, que, em última instância, representam as sequências do fenômeno.

Neste sentido, observando a prancha 1 (Figura 1a e 1b), sob orientação docente, o estudante com cegueira total explorava inicialmente a situação posta no quadrante 1, em que as distinções entre os indivíduos da mesma espécie, próprio das variações morfológicas interindividuais, estão estabelecidas pela variação do tamanho das semipérolas. Tal exploração é assim denominada “in situ” (em nível de quadrante) para distinguir da análise relacional em nível macro (análise entre os quadrantes) e prevê o reconhecimento tátil de todos os elementos e a explicação do motivo de estarem assim estabelecidos, intuindo que esta percepção auxilie posteriormente no processo de correlação dos constituintes com a significação biológica.

Ainda na prancha 1 (Figura 1a e 1b), após a certificação do domínio do código tátil, prosseguia-se para a exploração em nível global do recurso apresentado. Assim, a mediação pedagógica, realizada pelo docente do AEE, objetivou neste estágio uma análise tátil circunstanciada num processo de inter-relação entre os componentes em sequência de quadrantes, uma vez que o fenômeno biológico é processual, organizado numa sequência de eventos interdependentes. Neste sentido, a tradução tátil deve incorrer em análise de correlação entre dois quadrantes (ou mais, dependendo do fenômeno observado) que observem o mesmo código tátil, mas com distinções em certas propriedades qualitativas e quantitativas. Considerando o Quadrante 2 da prancha 1 (Figura 1b), para demonstração do processo de especiação foram utilizadas pérolas de framboesas e botões, sendo ambos separados pela barreira, representada pela faixa de EVA (Figura 1b). A percepção, portanto, do fenômeno relativo ao processo de especiação emerge quando o estudante faz comparação entre os Quadrantes 1 e 2, sob orientação docente (Figura 1b).

Assim, ao analisar de forma comparativa, era previsto que os estudantes percebessem que, de acordo com o código tátil apresentado na exploração do primeiro quadrante, a barreira continuou sendo representada pelo EVA e que o componente relativo às espécies apresentava texturas e formas distintas da primeira, indicando modificação. Essa análise numa perspectiva de correlação é que possibilita a emergência do entendimento de surgimento da nova espécie em nível tátil, prontamente distinguido visualmente pelo ganho ou perda de estruturas ao comparar as ilustrações com a mesma arquitetura organizacional didática.

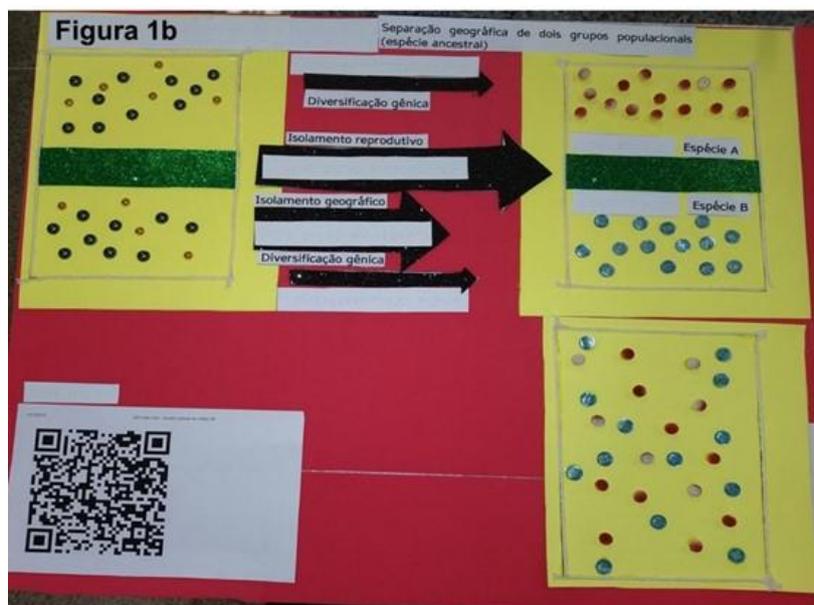
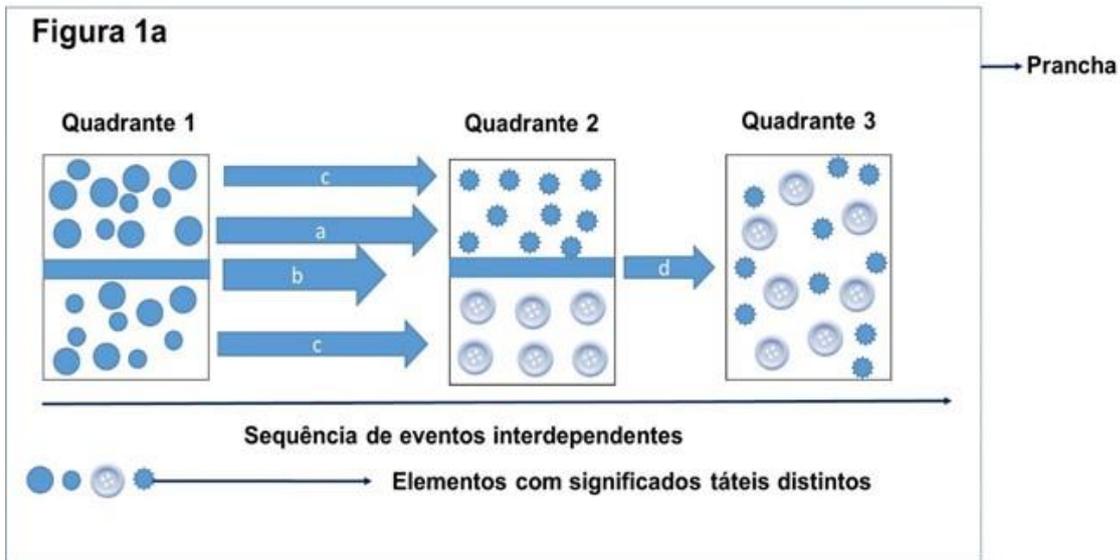


Figura 1 - Desenho logístico para produção de recurso didático tátil relacionado à especiação por cladogênese (Figura superior) (Figura 1a) e Prancha Didática 1 - Recurso didático tátil para demonstração do processo de especiação (Figura 1b).

Outra possibilidade que demonstra um caso de análise em nível global, refere-se ao estudo filogenético que objetiva a determinação das relações evolutivas entre as espécies. Neste processo, há a necessidade de inter-relacionar a posição das espécies presentes no cladograma com a linha do tempo, localizada imediatamente ao lado (Figura 2^a e 2b). Assim, o estudante deveria ser orientado a identificar o elemento tátil que correspondia ao Ancestral Comum Mais Recente (ACMR) entre dois pares de espécies arbitrariamente escolhidos, identificando qual dos pares apresentava o ACMR na posição mais apical da linha do tempo, indicando uma separação mais recente e, portanto, maior proximidade evolutiva (Figura 2^a e 2b).

Figura 2a

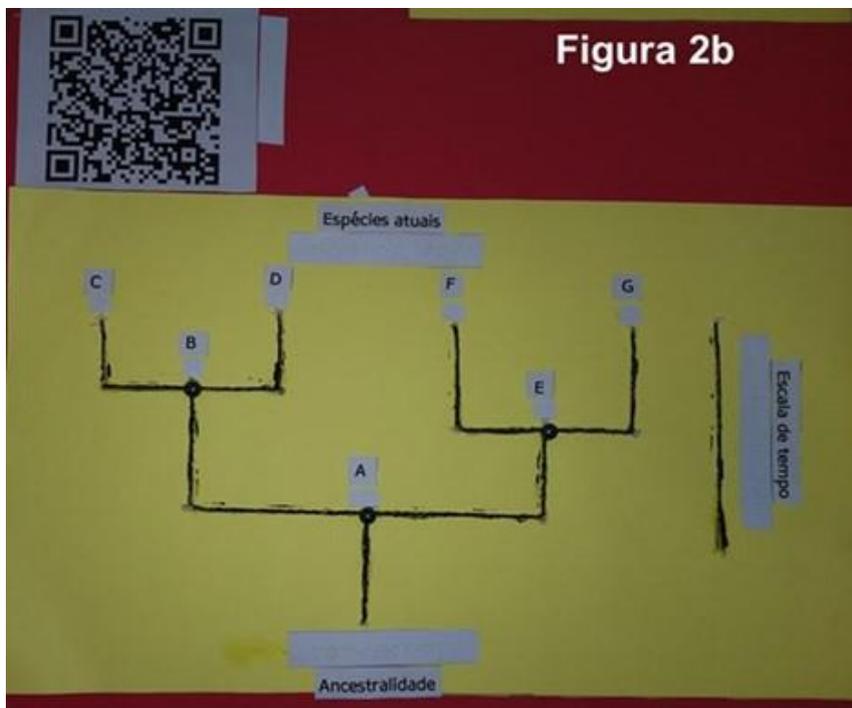
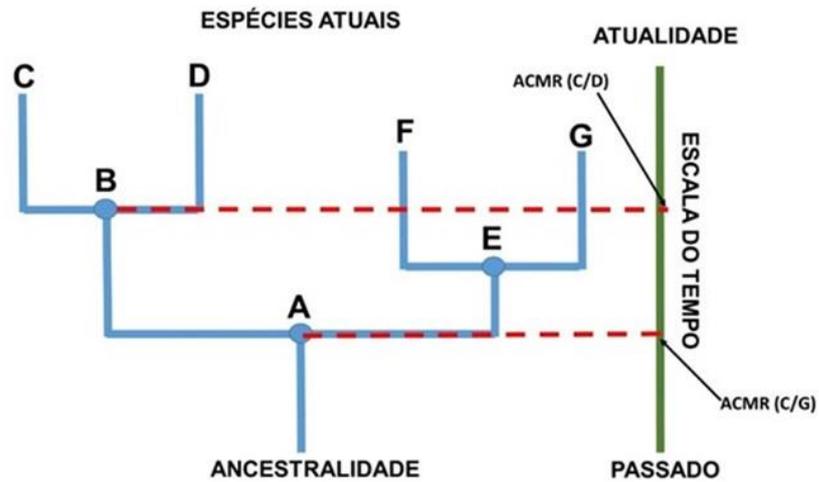


Figura 2: Desenho logístico para produção de recurso didático tátil relacionado à representação de relações filogenéticas por cladograma do tipo retangular (Figura 2^a). A Figura 2b demonstra um recurso didático tátil representando uma esquematização filogenética expressa em cladograma do tipo retangular (Prancha Didática 2).

Finalmente, destaca-se que foi preconizado neste trabalho uma diretriz em que o desenvolvimento da sequência didática e dos recursos com significação tátil tiveram suas concepções subordinadas na premissa do *design* com foco no percebedor. Os estudantes partícipes interferiram no melhoramento dos constructos em termos de estética tátil, posteriormente ao processo de interação dialógica com os mesmos, tendo em vista a identificação dos elementos constituintes do recurso que incorriam numa transmissão de informação deficitária ou insuficiente por não se traduzir em um percepto condizente com o entendimento esperado no processo de apreensão do conhecimento ministrado. Além disso, menciona-se que em cada recurso didático produzido foi implementado um sistema de audiodescrição acionado via QR code (Quick Response Code) que informa e caracteriza os elementos constituintes dos modelos, correlacionando-os biologicamente para a efetivação da cognição num contexto perceptual tátil, intencionando a fomentação de autonomia destes alunos,

efetivada em posteriores consultas a repositórios destes recursos montados numa espécie de sistema bibliotecário.

Caracterização da Sequência Didática

A sequência didática foi constituída de cinco módulos, cada qual consistindo em dois tempos de cinquenta minutos cada, descritos a seguir:

Módulo 1: Avaliação Inicial – Inicialmente foi executada uma avaliação inicial e um levantamento sociocultural dos alunos no sentido de perscrutar as noções que os estudantes tinham sobre a existência da biodiversidade atual. A meta de aprendizado deste módulo era estabelecer a diferença entre os conhecimentos construídos através do método científico e aqueles baseados em crenças religiosas. Nesta etapa foram discutidos os conflitos entre as perspectivas científicas e religiosas, esclarecendo que a produção do conhecimento científico apresenta uma metodologia fundamentada no fator observação, requerendo testagem de hipóteses e reprodutibilidade, por grupos independentes, dos resultados de experimentações num contexto de variáveis definidas. Mencionou-se que o conhecimento científico não se é apresentando ainda como dogma pético, e que pelos parâmetros apresentados, a ciência compreende a biodiversidade como resultado de um processo evolutivo, por um corpo de evidências nos âmbitos molecular, bioquímico, fisiológico, morfológico e paleontológico.

Módulo 2: Conceito de Espécie e processo de especiação – A meta de aprendizagem relacionada a este módulo foi que os alunos reconhecessem o conceito biológico de espécie, enfatizando a exigência de três critérios, a saber: (a) semelhança anatômica; (b) potencialidade de intercruzamento; (c) geração de descendentes férteis. Inicialmente foram apresentadas aos alunos esculturas de madeiras de elefante, girafa e tartaruga para distinção do formato destes animais por exploração tátil e comparabilidade (Figura 3). Ao estimular a interação tátil, pode ser percebida prontamente a distinção em termos de compleição física, informação esta que pode ser explorada para comentar que indivíduos integrantes da mesma espécie possuem semelhanças morfológicas, indicando que compartilham características anatômicas compatíveis com a cópula e possibilidade de reprodução. Além disso, abrange-se o conceito mencionando que, a partir do cruzamento, os indivíduos da mesma espécie devem gerar descendentes férteis em condições naturais. Posteriormente, os alunos foram questionados se haveria a possibilidade de cópula entre estes representantes animais, e se havia o preenchimento dos requisitos necessários para classificarlos como sendo da mesma espécie.

Em uma outra atividade, foi apresentado aos alunos, uma prancha didática com significação tátil (Figura 1b), estrategicamente construída para explicação do processo de especiação por cladogênese, incluindo os diferentes eventos que levam à especiação.

Módulo 3: Processo de construção e caracterização de cladogramas com diagramação retangular – A meta de aprendizagem relacionada a este módulo foi a capacidade de construir e interpretar as relações evolutivas entre as espécies, correlacionando-as com o fator tempo, por meio do cladograma retangular. Neste sentido, os alunos foram estimulados a interagir dialogicamente com as pranchas que continham cladogramas táteis construídos (Figura 2b), reconhecendo sua organização constitutiva e relação com a linha do tempo.

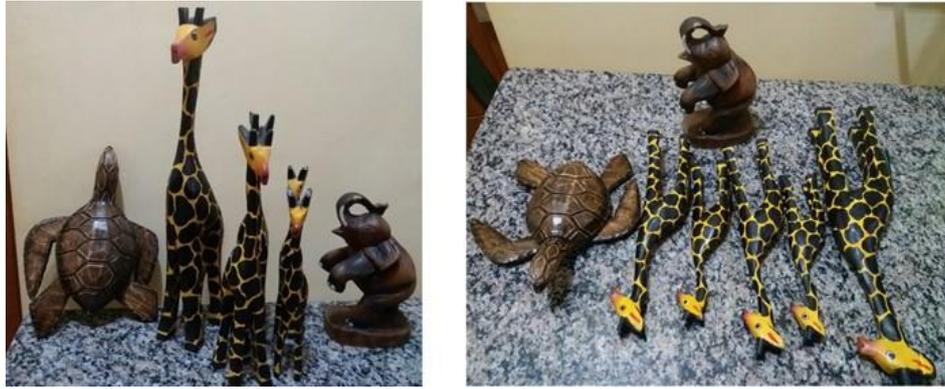


Figura 3: Modelos de madeira de alguns exemplares de animais como recurso tátil para definição de espécie.

Especificamente para este módulo, uma aplicabilidade também foi apresentada, referindo-se a um exemplo de cladograma que demonstra uma hipótese de relação filogenética entre ursos, racum e cachorro, promovendo uma espécie de exercício para consolidação dos conhecimentos, em que se questionava sobre o grau de relação filogenética entre duas espécies com aquela estabelecida como referência. Na audiodescrição, apresentava-se o referido cladograma com subsequentes perguntas, cujas respostas eram acessadas no final, conforme instrução inicial na aplicação do exercício em áudio. (Figura 4).

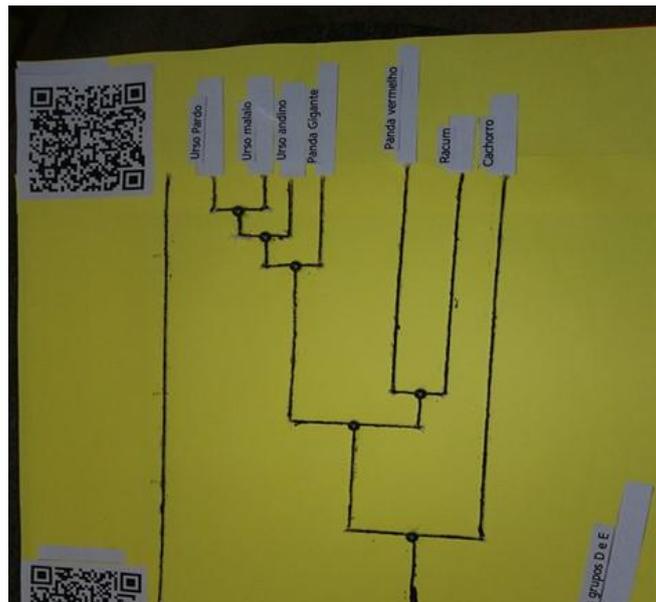


Figura 4: Prancha Didática 3 – Recurso didático tátil representando a relação filogenética entre grupos de urso, pandas, racum e cachorro.

Módulo 4: Processo de construção e caracterização de cladogramas com diagramação do tipo escada diagonal – A meta de aprendizagem deste módulo consistiu em que os alunos construíssem e interpretassem as relações evolutivas entre as espécies, correlacionando-as com o fator tempo, utilizando agora um cladograma com diagramação do tipo escada diagonal (Figura 5^a e 5b). Nesta etapa, as informações apresentadas em termos de relações evolutivas, consideraram conceitos como plesiomorfia e simpliomorfia, apomorfia e sinapomorfia¹. Como exemplo, foi demonstrado um

¹ A análise morfológica constitui-se num dos parâmetros para determinação das relações filogenéticas, compreendendo que um caractere presente numa espécie ancestral, eventualmente, poderá experimentar modificações/variações na descendência, secundárias a mutações genéticas ocorrentes em células germinativas, sendo subsequentemente, herdadas nas próximas gerações. Neste aspecto, o determinado caráter está presente no ancestral exclusivo de todos os herdeiros,

cladograma diagonal referente à relação filogenética entre plantas terrestres (Figura 6). A escolha de plantas terrestres como exemplo foi para coincidir com as aulas de botânica que estes estudantes estavam vivenciando em sala de aula. As características apresentadas foram adicionadas como recomendadas pelo professor regente (Figuras 5^a, 5b e 6).

Módulo 5 – Avaliação da aprendizagem – O processo de avaliação da aprendizagem consistiu em expor todos os modelos didáticos produzidos aos referidos alunos, fomentando uma discussão que os conduzisse a explicarem as informações apreendidas, observando neste processo se as correspondências entre os elementos com seus significados biológicos eram acuradas. Simultaneamente, foram verificadas impropriedades dos materiais quanto à geração de conhecimentos equívocos ou insuficientes, servindo de subsídios para melhorias quanto à estética tátil.

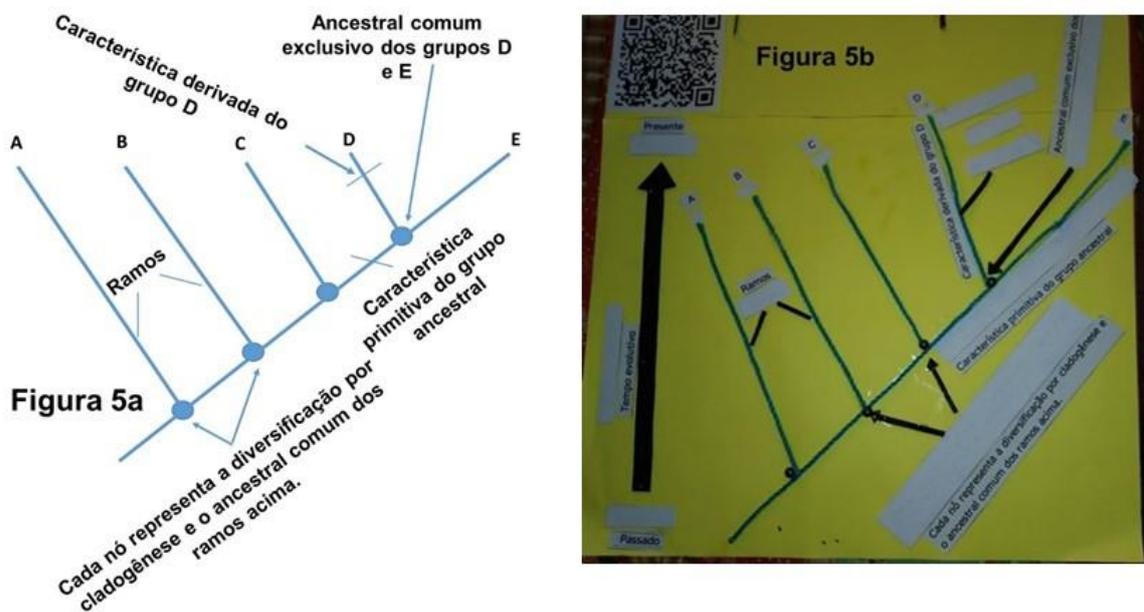


Figura 5: Desenho logístico para criação do recurso didático sobre cladograma diagonal (Figura 5^a). Recurso Didático tátil referente ao gráfico do tipo cladograma diagonal (Figura 5b).

Geração do QR code

Inicialmente foram feitas audionarrações sobre a estruturação dos modelos em termos de composição dos materiais utilizados. Em seguida, executou-se uma espécie de correlação com o significado biológico, sendo subsequentemente produzidas explicações sobre o conteúdo a ser transmitido em cada prancha. Estas audionarrações, por sua vez, foram anexadas na nuvem eletrônica

expressando-se com vários graus de variação nestes, resultantes das mutações e processo de seleção natural. No paradigma moderno, se este estado do caráter é suficientemente determinante para definir um novo grupo, passa-se a denominar apomorfia. Se a condição derivada apomórfica encontra-se restrita a um único grupo, subclassifica-se em autapomorfia. Caso esta característica apomórfica seja compartilhada em um repertório de grupos definidos, utiliza-se a designação sinapomorfia para defini-la. Finalmente, quando o caractere herdado por determinado grupo (táxon) corresponde ao presente no ancestral, fala-se em plesiomorfia. Se esse estado do caractere está presente num número definido de grupos, tem-se a simplesiomorfia (Ridley, 2006).

quadrante 1 (Figura 1b) há a representação da população ancestral por meio de semipérolas de tamanhos diferentes. A ideia é demonstrar que são da mesma espécie e gerar a noção da variabilidade genética entre os indivíduos da mesma espécie. Dividindo este quadrante, existe um emborrachado em EVA texturizado, representando a barreira geográfica. No quadrante 2 (Figura 1b) há a demonstração das espécies geradas a partir do processo de cladogênese, sendo representadas por pérolas do tipo framboesa e botões. Neste quadrante, ainda há a barreira geográfica representada pelo emborrachado texturizado. A ideia é demonstrar que, com a separação geográfica os acúmulos de mutações não foram compartilhados pelos grupos da população ancestral anteriormente separadas pela barreira geográfica e que, os ambientes por apresentar adversidades distintas promovem uma espécie de história evolutiva diferenciada que culmina na formação de novas espécies. As setas entres os Quadrantes 1 e 2 indicam processos que poderiam resultar nas alterações observadas no Quadrante 2, ou seja, eventos de especiação por cladogênese sendo (a) isolamento geográfico, (b) isolamento reprodutivo e acúmulo de mutações, resultando em (c) diversidade gênica. Finalmente, no quadrante 3 (Figura 1b) verifica-se a eliminação da barreira geográfica e a convivência das populações geradas, sendo a incapacidade de reprodução entre elas, o fator decisivo para assegurar que se trata de espécies distintas, originadas de um ancestral em comum. É importante notar que cada quadrante representa um momento no processo de especiação e, portanto, para compreensão da especiação como um fenômeno, deve-se orientar o estudante a promover inter-relações entre os quadrantes, verificando as distinções entre os elementos e a influência da barreira neste processo (Figura 1b).

(2) A segunda prancha explora o processo de representação das relações filogenéticas por meio de cladogramas do tipo retangular (Figura 2b). Os conceitos abordados presencialmente e na audiodescrição incluem os elementos dos gráficos como raiz, nós, táxons terminais e grupos monofiléticos. A confecção do cladograma e da linha do tempo evolutivo foi realizada com barbante pintado com tinta acrílica para conferir rigidez, prevenindo sua deformação durante a manipulação, além de se constituir num percepto com capacidade, portanto, de gerar uma conscientização estimulada pela texturização diferenciada. A representação dos ancestrais realizou-se por meio de semipérolas fixadas em pontos de bifurcação do cladograma. O processo de discernimento de correlação do surgimento das espécies com o tempo para pontuar aquelas mais recentes e as mais primitivas, foi executado por meio da mediação que consistiu em conduzir o aluno a marcar o ponto onde a espécie C (referência) estava, e perguntava-se quais das espécies D ou G era mais próxima filogeneticamente à espécie C. Para explicação, orientava-se ao aluno encontrar o ACMR entre os pares C e D e o correspondente dos pares C e G. Uma vez achados, guiava-se o dedo do estudante pela linha correspondente (linha tracejada) até um período da escala do tempo (linha de cor vermelha, Figura 2a), em cada caso. A distância entre os segmentos alcançados na linha do tempo, servia como referência para determinar o nível de recentidade da espécie. Verifica-se que, para corretamente precisar estas informações, os alunos deveriam ter o conhecimento e a percepção de que a parte inferior da linha do tempo indicava tempos antigos, enquanto os pontos da linha mais superiores relacionavam-se com a recentidade (Figura 2b). Após isso foi explicado que as espécies mais próximas filogeneticamente compartilham ACMR mais recentes, portanto, infere-se que as espécies C e D são mais próximas filogeneticamente.

(3) A Terceira prancha trata-se de uma aplicação prática das interpretações inerentes ao cladograma retangular (Figura 4). Como exemplo foi demonstrado as relações filogenéticas entre ursos, pandas, racum e o cachorro, inspirado na ilustração presente um livro didático aprovado pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) e, portanto, adotados por instituições públicas de ensino (Amabis & Martho, 2009, página 32) (Figura 4). Neste constructo solicitava ao aluno a identificar qual o ACMR mais precocemente compartilhado entre o urso pardo e o cachorro, além de escolher um dos grupos terminais como referência e questionar qual outro táxon terminal lhe seria mais próximo evolutivamente.

(4) A quarta prancha explora a interpretação de um cladograma esteticamente do tipo diagonal (Figura 5b). Segundo a concepção logística ilustrada na Figura 5a, e semelhantemente ao processo de análise

executado no cladograma do tipo retangular, era demonstrado ao estudante que (a) os nós representavam ancestrais extintos compartilhados entre dois ou mais grupos e também especificavam pontos que correspondiam a eventos de especiação por cladogênese; (b) ancestral exclusivo comum definem os assim-chamados grupos monofiléticos que incluem, além do ancestral compartilhado, os táxons dele gerados; (c) A relação entre características compartilhadas com os grupos e as exclusivas, introduzindo o conceito de plesiomorfia, simplesiomorfia, apomorfia, sinapomorfia e autapomorfia. Para materialização deste conceito como recurso tátil, foi utilizada uma linha de náilon com 5 mm de espessura (corda de varal), para representar a linha principal e os ramos, sendo os nós simbolizados pelas semipérolas que foram coladas nos pontos de intersecção entre os ramos e a linha diagonal principal (Figura 5b).

(5) A quinta prancha refere-se a uma aplicabilidade do processo de interpretação de um cladograma do tipo diagonal, por meio da demonstração das relações evolutivas entre as plantas terrestres (Figura 6). As novidades evolutivas apomórficas relativas aos ramos e as plesiomórficas do grupo ancestral foram descritas em Braille, situando-se, respectivamente, no ramo e no trecho diagonal apropriados. A apresentação destas características no cladograma seguiu-se posteriormente a indicação do professor regente, respeitando o conteúdo ministrado em aula regular (Figura 6). Enfatiza-se, portanto, a comunicabilidade entre a proposta desenvolvida na forma de Sequência Didática no AEE com os conteúdos ministrados no contexto do currículo programático, verificando inter-relação de conteúdo, referindo-se à aplicação do estudo das relações filogenéticas no contexto de plantas como eixo condutor. Propositivamente, nesta prancha observa-se o barbante ao redor da área do código QR code. Essa medida foi adotada como sugestão dos alunos para focalização da câmera do celular e registra um exemplo da interferência dos estudantes no melhoramento dos recursos apresentados.

Finalmente, no contexto de produção dos recursos didáticos, menciona-se que em todas as pranchas foram implementados indicadores descritos em braille, fonte tipo APFont™ tamanho 24 respectiva à necessidade educacional específica do estudante de baixa visão e um código gerado pelo sistema QR code por audiodescrição dos elementos de significação tátil, além das correlações evolutivas cognatas.

Módulos relativos à Sequência Didática

O planejamento dos módulos e as respectivas metas de aprendizagem foram executados respeitando o ordenamento lógico dos conteúdos, geralmente proposto para o tema nos livros textos de referência e nos didáticos elegidos pelo PNLD, consistindo numa introdução ao conceito de espécie, perpassando pelo processo de especiação e construção de hipóteses de relacionamentos filogenéticos por apresentação gráfica (cladograma). Além disso, os módulos foram organizados tendo os recursos didáticos com significação tátil como conceitos subsidiadores da promoção cognitiva e neste sentido estabeleceu-se uma sincronia entre os recursos e todos os objetivos de aprendizagem que deveriam ser atingidos nos módulos em questão.

Destacam-se que: (a) A aplicabilidade do aporte teórico foi realizada em atividades de verificação da aprendizagem por ocasião de um recurso tátil em que se reproduziu uma ilustração resultante da relação filogenética entre espécies de ursos, pandas e racuns, registrada num livro didático de referência (Amabis & Martho, 2009), além da produção de um cladograma tátil do tipo diagonal que representou as relações filogenéticas entre as plantas terrestres, aproveitando-se que os estudantes, em suas aulas regulares estavam aprendendo sobre este tema. (b) o processo de avaliação sobre a eficiência da SD e dos recursos didáticos com significação tátil foi executado por promoção interativa com os modelos e neste aspecto, os estudantes participaram do melhoramento destes recursos tornando-os mais funcionais no contexto de suas necessidades. Dentre todas as alterações, a mais importante foi a sugestão de delimitar a área do QR code com um barbante para focalização do celular

de forma autônoma por estudantes com cegueira total. Na Figura 7 são demonstradas as interações entre os alunos e os modelos didáticos.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A ortodoxia relativa ao processo ensino-aprendizagem predominantemente vigente nas instituições educacionais públicas regulares corresponde a metodologias expositivas, comprometidas irreduzivelmente com o cumprimento programático curricular, e, portanto, não consideram a heterogeneidade de ordem sócio-econômica-cognitiva, própria dos grupos discentes, além das necessidades educacionais específicas decorrentes de deficiências nos âmbitos físico, sensorial e/ou intelectual (Leão, 1999; Young, 2011).

Opostamente, a flexibilização curricular circunstanciada com o propósito de omissão de informação por centralidade nos impedimentos inerentes à deficiência cognitiva ou sensorial endossam um processo de exclusão silencioso que é consolidado e evidenciado por ocasião do término do processo de escolarização, por se constatar a não preparação sócio-cognitiva do indivíduo, impedindo-o de autonomamente participar dos atributos inerentes à cidadania, além de prejudicá-lo quanto ao seu protagonismo na conquistas de bens sociais dependentes da Educação (Magalhães & Ruiz, 2011; Mesquita, 2017).

Neste contexto, a efetivação do processo de inclusão demanda a garantia de acesso aos conteúdos curriculares de forma equânime em relação aos alunos que não têm o impedimento decorrente da deficiência, superando, portanto, a simples inserção dos alunos com deficiência em salas regulares, mesmo que complementados com o Atendimento Educacional Especializado, uma vez que atividades neste setor pedagógico podem ser utilizadas para reprodução das práticas predominantes nas aulas institucionais que se fundamentam em uma epistemologia clássica tributária dos pressupostos positivistas, em que um comportamento hegemônico estereotipado é expectado, referindo-se à assunção do educando como assimilador passivo dos conteúdos ministrados, que no contexto científico, assenta-se num pragmatismo lógico-matematizante e como verdades consolidadas e universais (Camargo, 2017).



Figura 7: Fotogramas relativos aos registros videogravados das ministrações dos módulos aos alunos deficientes visuais que participaram deste estudo.

Prosseguindo, em se tratando de educação científica, há a necessidade natural de uma transposição didática destes conhecimentos, significando propriamente o tratamento destas informações com a finalidade de torná-las compreensíveis a um público não submetido a normatizações disciplinares das Ciências (Marandino, 2004). Neste processo, a linguagem imagética é prontamente acessível ao espectro antropomórfico hegemônico nos estabelecimentos regulares de ensino, sendo, portanto, a criação de recursos didáticos táteis, um subsidiador do referido processo de transposição ao educando cego, além de atuar como um instrumento de caráter complementar a estudantes videntes (Marandino, 2004; Fraser & Maguvhe, 2008).

Assim, e especificamente considerando o educando com deficiência visual no contexto da disciplina de Ciências Biológicas, a ruptura de um processo aparente de inclusão exige produção de recursos mediadores que transponham os impedimentos relativos à deficiência tais como materiais com significação tátil que venham contemplar, representativamente, estruturas e ocorrência de fenômenos numa perspectiva processual, corroborando para uma aprendizagem significativa, se ainda for conjugado com outros estímulos, falando-se em didática fundamentada na multissensorialidade (Vilela-Ribeiro & Benite, 2013; Nepomuceno & Zander, 2015; Camargo, 2017; Stella, 2019).

Mediante o exposto, os produtos educacionais desenvolvidos neste trabalho, a saber, (a) um processo metodológico, referindo-se à SD, para o ensino da temática Sistemática e Taxonomia sob a perspectiva evolutiva, (b) recursos com significação tátil, mediadores da transmissão dos conteúdos cognatos a cada módulo da SD, cumpriram com a finalidade de comunicação de conhecimentos científicos num contexto dialógico, efetivando uma aprendizagem significativa concordante à necessidade educacional específica dos educandos cegos, tratando-se ainda de um recurso prontamente reproduzível que pode ser introduzido nas escolas por ser de baixo custo e eficaz na proposta que lhe cabe.

Além disso, à concepção dos modelos supramencionados, foi preconizado segundo uma logística de *design* centrada no usuário e, portanto, além de gerar um constructo com foco na eficácia quanto à transmissibilidade de conhecimentos, refletia-se sobre a estética tátil em termos de criar uma ambiência sensorial agradável e que estabelecesse uma relação de identidade com os estudantes. Neste sentido, inaugura-se uma estratégia de interação em que, inicialmente, estimula-se um contato descompromissado dos estudantes com relação aos modelos, a fim de promover um reconhecimento dos materiais, propriamente, questionando-os se a presença destes materiais causava qualquer tipo de desconforto. Posteriormente, prosseguia-se com a correlação biológica a fim de fomentar a apropriação do código tátil desenvolvido nos materiais. Dischinger & Kindlein (2010) defendem que a construção de um objeto como um produto deve apresentar a sofisticação quanto aos componentes estruturais e físicos, mas também deve atender uma função de simbolismo, sendo capaz de estabelecer um relacionamento que estimule o usuário a se identificar fomentando um processo de apropriação e interação.

A ministração dos módulos com concomitante apresentação dos recursos didáticos denunciaram prontamente a heterogeneidade em termos de responsividade quanto à eficácia destes materiais em relação à apreensão dos conhecimentos a serem transmitidos: estudantes com cegueira total e dominantes do código braille atingiam as metas de aprendizagem com maior celeridade, tendo como indicadores a capacidade de interagir autonomamente com os recursos, após a mediação por ocasião da aula, além da capacidade argumentativa no processo de explicação dos conteúdos científicos expressos nestes materiais. A este respeito, Timponi (2017) descreve que estudantes deficientes visuais que experimentaram alfabetização em Braille adquirem autonomia e empoderamento para adotarem posturas de acesso livre a informações por meio do desenvolvimento do hábito de leitura, além de desenvolverem pensamento crítico. Disso decorre uma emergência latente que se refere a exposição do estudante cego a uma espécie de letramento sensorial nos estágios iniciais do processo de escolarização (Timponi, 2017).

Prosseguindo, menciona-se que conjugado à concepção logística que explica os temas taxonomia e sistemática como registrados tatilmente na elaboração de pranchas, a inovação deste projeto também consiste no registro da caracterização organizacional desta logística (considerando os componentes, seus significados biológicos e os eventos em sequência na composição do fenômeno biológico) por meio de audionarração que pode ser acessado por um código, utilizando um aplicativo leitor instalado previamente no *smartphone*. Isso possibilita a deposição deste material numa espécie de elemento de um acervo que pode ser acessado pelo próprio aluno para consultas de revisão, após a oportunidade de interação com o docente, respeitando um dos atributos preconizados no processo de inclusão, referindo-se à autonomia².

Em respeito ao emprego de tecnologias assistivas digitais, trata-se de uma demanda proeminente no processo de inclusão, considerando a celeridade de seus adventos e as transformações socioculturais decorrentes, subentendendo que além de subsidiar auxílio ao indivíduo deficiente num processo de conquista de sua autonomia e protagonismo na apropriação dos bens sociais, neste caso a Educação, integra-o à sociedade de caráter informacional, como as estruturadas atualmente, falando-se, portanto, em inclusão digital (Mota & Sanches, 2011; Conte, Ourique & Basegio, 2017; Felicetti & Santos, 2017).

Diante do exposto, e considerando o contexto educacional, infere-se que a inclusão destes alunos nos espaços escolares deve atentar para a geração de situações de aprendizagem que estimule os discentes a interagirem com recursos tecnológicos informacionais não simplesmente numa abordagem que pontua o protagonismo na tecnologia por si mesma, mas num contexto de perspectivação de que com a apropriação destes recursos pelo estudante com deficiência, este será constituído como agente ativo de seu processo de formação e inserção numa cultura digital, cujas inter-relações realizam-se por intermédio das assim-chamada tecnologias digitais de informação e comunicação (TIDICs) em que uma das características, é o acesso a rede virtual (internet). Em decorrência, há uma espécie de corroboração para a formação cidadã no aspecto de que esta apropriação tecnológica é exigida na contemporaneidade para que se tenha oportunidade plena de exercer direitos e cumprir deveres de forma equânime aos pares não deficientes (Mota & Sanches, 2011; Conte, Ourique & Basegio, 2017; Felicetti & Santos, 2017).

Além disto, a despeito deste empreendimento concentrar-se no desenvolvimento de um processo didático-pedagógico convergido à ministração do conteúdo sistemática para estudantes cegos, infere-se que esta estratégia pode ser executada como uma metodologia ativa de aprendizagem, constituindo-se numa proposta a alunos videntes, dados os materiais elencados no Quadro 1, como condição para gerarem tais recursos, objetivando demonstrarem por produção, as informações apreendidas cognitivamente, por exposição prévia do assunto, numa abordagem teórica tradicional, por meio de linguagem imagética. Interessante descrever que Novick & Catley (2010) apontam como uma das dificuldades para o processo de extração das informações de um cladograma, especialmente o diagonal, a premente capacidade de captarmos as informações de forma global, observando a perspectivação gestáltica, inferindo que, uma possibilidade de apreender as informações num contexto dissecado, considerando os ramos do cladograma, seria o processo de construção do gráfico como proposto neste trabalho (Dees, Freiermuth & Momsen, 2017; Novick & Catley, 2007).

² Sob a perspectiva epistemológica da pedagogia freireana, a autonomia é um princípio alvejado pela educação libertária, pois corrobora para emancipação do educando, enquanto cidadão que, detentor de um pensamento crítico, pode não somente analisar as informações a que tem exposição, mas avalia-las, ressignificando-as para transformações sociopolíticas e melhoria na qualidade de vida. Sob o escopo pedagógico, a inserção de um recurso digital nestes modelos produzidos, possibilita o desenvolvimento de um comportamento no contexto do autodidatismo por conta do educando com impedimento visual, não o restringindo à subjetividade e disposição docente. Isso lhe confere a oportunidade de desenvolvimento cognitivo numa perspectiva em que o referido educando constitui-se num protagonista de seus processo de aprendizagem (Freire, 2002; Forgiarini, 2013; Esquinsani, 2021).

Finalmente, a partir deste estudo pôde-se verificar as seguintes situações: (a) A geração da SD contextualiza-se com as demandas preconizadas na Lei Brasileira de Inclusão quanto à fomentação da autonomia do educando, produção de recursos mediadores que garantam o acesso de forma equânime aos conteúdos curriculares ministrados aos pares videntes e inserção do educando a tecnologia assistiva digital como subscrito a seguir:

Incumbe ao poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar, e avaliar projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, assim como os demais serviços e adaptações razoáveis, para atender às características dos estudantes com deficiência e garantir o seu pleno acesso ao currículo em condições de igualdade, promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia (Brasil, 2015, Art. 28);

(b) É possível criar uma cultura de atividades que provoque a interação tecnológica dos alunos deficientes de forma integrada à Educação, corroborando para seu processo de inclusão digital. Neste sentido, a inserção de um recurso digital que aciona uma audiodescrição concorre para que o educando seja emancipado de uma postura passiva no processo ensino-aprendizagem por assegurá-lo autonomia de acesso à informação presente nos materiais posteriormente à ministração da aula, reforçando sua participação ativa no seu processo de construção de conhecimento. Isto também é previsto na Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015, Art. 78) quando institui que “o emprego de tecnologias da informação e comunicação como instrumento de superação de limitações funcionais e de barreiras à comunicação, à informação, à educação e ao entretenimento da pessoa com deficiência”; (c) Há, no processo de produção dos materiais didáticos acessíveis, um espaço em que o aluno com a deficiência pode ser protagonista de ressignificações, catalisando eventos de melhorias nos recursos produzidos, segundo suas necessidades específicas. Além das dicas quanto à diversidade em termos de texturas dos elementos utilizados para compor as pranchas produzidas, a ideia de delimitar a área do código para acesso a audiodescrição por focalização da câmera surgiu dos próprios estudantes que testaram em seguida. Assim, a interação com os estudantes como usuários dos recursos a serem gerados num processo de coprodução traz ressignificações que tornam o conceito apropriado do ponto de vista do indivíduo com deficiência, prevenindo a reprodução de padrões estéticos que são consoantes ao indivíduo não deficiente se houver um exclusivismo na construção dos recursos didáticos.

Destaca-se que neste trabalho delinea-se uma estratégia de inclusão sistêmica num contexto educacional-científico-tecnológico integrado, perspectivando a autonomia do educando no processo de geração dos métodos e recursos promotores da cognição.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2009). *Sistemática e Classificação biológica*. In J.M. Amabis., G.R., Martho., (Orgs.), *Biologia - Biologia dos Organismos*. São Paulo: Editora Moderna.

Brasil. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, seção 1. Brasília, DF, ano 2015, p. 2, 07 de julho de 2015.

Brendler, C. F., Viaro, F.S., Bruno, F.B., Teixeira, F.G., Silva, R.P. (2014). Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. *Revista Educação Gráfica*, 189(03), 141-157. Recuperado de URI: <http://hdl.handle.net/10183/148932>.

Camargo, E. P. (2017). Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlaces e desenlaces *Ciênc. Educ.*, 23(1), 1-6.

- Conte, E.; Ourique, M. L. H. & Basegio, A. C. (2017). Tecnologia assistiva, direitos humanos e educação inclusiva: uma nova sensibilidade. *Educação em Revista*, n.33, |e163600. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/0102-4698163600>.
- De Almeida, M. C.; Herkenhoff, C. & Filipe H.; Kastrup, V. (2010). Por uma estética tátil: sobre a adaptação de obras de artes plásticas para deficientes visuais. *Fractal: Revista de Psicologia*, 22(1), 85-100.
- Dees, J.; & Freiermuth, D. Momsen, J.L. (2017). Effects of Phylogenetic Tree Style on Student Comprehension in an Introductory Biology Course. *The American Biology Teacher*, 79(9), 729–737.
- Dischinger, M. do C. T., & Kindlein Jr, W. (2010). Metodologia de análise da percepção tátil em diferentes classes de materiais e texturas para aplicação no design de produtos. *Design E Tecnologia*, 1(01), 28-38.
- Esquinsani, R.S.S. (2001). Paulo Freire e a escola necessária à inclusão. *Revista Teias*, v. 22, n. 67.
- Forgiarini, R. R. (2013). A produção da autonomia no espaço escolar : pensando a escola inclusiva. 2013. 103 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Franco, A. M. S. L. (2019). O sistema educacional inclusivo constitucional e o atendimento educacional especializado. (Dissertação de Mestrado Profissional em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- Fraser, W. J., & Maguvhe, M. O. (2008). Teaching life sciences to blind and visually impaired learners. *Journal of Biological Education*, 42(2), 84-89.
- Freire, P. (2000). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Felicetti, S. A.; Santos, E. M. (2017). A utilização das tecnologias assistivas com pessoas cegas ou com baixa visão: uma revisão da literatura. *Br. J. Ed. Tec. Soc.*, 10(4),.275-287.
- Kassar, M. C. M. (2011). Educação especial na perspectiva da educação inclusiva: desafios da implantação de uma política nacional. *Educar em Revista*, 41, 61-79.
- Leão, D. M. M. (1999). Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. *Cadernos de Pesquisa*, 107, 187-206.
- Lemos, V. (2013). Políticas públicas de educação: equidade e sucesso escolar. *Sociologia, Problemas e Práticas*, 73, 151-169.
- Magalhães, R. C. B. P., & Ruiz, E. M. (2011). Estigma e currículo oculto. *Rev. Bras. Ed. Esp.*, 17(1),125-142.
- Marandino, M. (2004). Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, n. 26, p. 95-108.
- Mesquita, A. M. A. (2017). Currículo e inclusão: reflexões sobre os conteúdos de escolarização para alunos com deficiência. *Inc.Soc.*, 11, (1), 67-80.
- Mota, A. & Sanches, I. (2011). Apoios tecnológicos para todos: Sonho ou realidade? Contributo para o estudo dos centros de recursos TIC para a educação especial. *Indagatio. Didáctica*, 3 (2), 35-55.

- Nepomuceno, T. A. R. & Zander, L. D. (2015). Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental. *Benjamin Constant*, 1 (58), p. 49-63.
- Neves, L. R.; Rahme, M. M. F. & Ferreira, C. M. R.J. (2019). Política de Educação Especial e os Desafios de uma Perspectiva Inclusiva. *Educação & Realidade*, 44(1), 1-21.
- Novick, L.R.; Catley, K.m. & Funk, D.J. (2010). Characters Are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. *Evo Edu Outreach*, 3(4):539-547.
- Reis, J. H. V. (2012). Laboratório de aprendizagem: a história e o fazer pedagógico de um espaço de atendimento educacional especializado. (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Educação Especial e Processos Inclusivos). Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Ridley, M. (2006). Evolução. In M. Ridley (Org.), *A reconstituição da filogenia* (pp.447-495). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Salvini, R. R.; Pontes, R. P.; Rodrigues, C. T.; Silva, M. M. C. (2019). Avaliação do Impacto do Atendimento Educacional Especializado (AEE) sobre a Defasagem Escolar dos Alunos da Educação Especial. *Estud. Econ.*, 49, (3), 539-568.
- Silva, A. M. S. (2018). *Da Gestão escolar: a consolidação de uma escola inclusiva mediante a intersetorialidade*. (Dissertação Mestrado em Educação). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente.
- Stella, L. F. (2019). Ensino de Ciências Biológicas: materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais. *Ciênc. Educ.*, 25 (2), 353-374.
- Timponi, R. (2017). Letramentos táteis, sonoros e digitais: a construção de um repertório cognitivo pelas audioleitura assistivas. *Revista Fronteiras – estudos midiáticos*, 19(2), 185-197.
- Vilela-Ribeiro, E. B., & Benite, A.M.C. (2013). Alfabetização científica e educação inclusiva no discurso de professores formadores de ciências. *Ciênc. Educ.*, 19(3), 781-794.
- Young, M. (2011). O futuro da educação em uma sociedade do conhecimento: o argumento radical em defesa de um currículo centrado em disciplinas. *Revista Brasileira de Educação*, 16(48), 609-623.