

ANÁLISE DO ENGAJAMENTO E DA APRENDIZAGEM NO ENSINO POR INSTRUÇÃO DIRETA COMBINADO COM TAREFAS INVESTIGATIVAS

ANALYSIS OF ENGAGEMENT AND LEARNING IN TEACHING BY DIRECT INSTRUCTION COMBINED WITH INVESTIGATIVE TASKS

Valéria Maria Monteiro Souto¹, Carlos Alberto Mourão Júnior², Rodrigo Hohl³

Recebido: dezembro/2022 Aprovado: abril/2023

Resumo: Análise do aprendizado e do engajamento após uma sequência didática (SD) de ensino por instrução direta combinado com tarefas investigativas (EIDI, n= 58) comparada com outra SD de ensino por instrução direta (EID, n= 80), exclusivamente. As duas SD com 5 aulas de 45 minutos sobre a digestão dos alimentos foram aplicadas para estudantes do ensino médio durante as aulas de biologia. Na terceira aula, a EIDI apresentou um estudo de caso clínico e a EID trabalhou conteúdo similar de forma expositiva. Foi aplicada uma avaliação sobre conceitos básicos da digestão com uma questão de transcendência para avaliar a competência na resolução de um problema inédito. Um questionário foi aplicado para avaliar a satisfação em relação às tarefas. O engajamento foi registrado em caderno de campo. Houve engajamento e nível de satisfação semelhantes para as duas SD. Não houve diferença significativa nas notas da avaliação ($p > 0,05$). Todavia, houve maior porcentagem de acerto na questão de transcendência ($p < 0,001$) na EIDI (87%) em relação a EID (30%). Concluímos que o EID foi eficiente para consolidar conceitos elementares sobre a digestão dos alimentos, mas a inclusão de tarefas investigativas é recomendável para aprimorar a habilidade na resolução de problemas inéditos.

Palavras-chave: aprendizagem significativa, instrução mínima, sobrecarga cognitiva, ensino de biologia, psicologia cognitiva.

Abstract: Analysis of learning and engagement after a didactic sequence (DS) of direct instruction combined with investigative tasks (EIDI, n= 58) compared with another DS of direct instruction (EID, n= 80), exclusively. The two DSs on food digestion were applied to high school students during five biology classes of 45 minutes each. In the third class, EIDI presented a clinical study and EID worked on similar subject with expository lectures. An assessment of basic concepts of digestion was applied with a question of transcendence to assess competence in solving an unprecedented problem. A questionnaire was applied to assess the student's satisfaction. Engagement was observed and recorded in a field notebook. There was similar engagement and level of satisfaction for the two DSs. There was no significant difference in learning scores ($p = 0,41$). However, there was a higher percentage of correct answers on the transcendence question ($p < 0.001$) in the EIDI (87%) compared with EID (30%). We conclude that the EID was efficient to consolidate elementary concepts about food digestion, but the inclusion of investigative tasks is recommended to improve unprecedented problem-solving skills.

Keywords: inquiry-based learning, meaningful learning, minimal guidance, cognitive load, biology teaching, cognitive psychology

¹  <https://orcid.org/0000-0002-9053-8132> - Mestre Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (Profbio)- Instituto de Ciência Biológicas (UFJF-JF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: vmmsouto@gmail.com

²  <https://orcid.org/0000-0001-7199-5365> - Doutor em Medicina (Endocrinologia clínica, Unifesp). Professor titular e pesquisador, Instituto de Ciências Biológicas (UFJF-JF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: camouraojr@gmail.com

³  <https://orcid.org/0000-0003-3194-9289> - Doutor em Biologia Funcional e Molecular (Unicamp). Professor adjunto e pesquisador, Instituto de Ciências Biológicas (UFJF-JF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: hohl.rodrigo@ufff.br

1. Introdução

O ensino de biologia é fundamental para o desenvolvimento das noções sobre ambiente, das relações existentes entre seres vivos e não vivos e, principalmente, para entender o universo do ponto de vista das ciências (BORBA, 2013). Essa visão sobre o ensino de biologia está em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2000, p.5) que recomendam o desenvolvimento das habilidades de pesquisa e busca de informações para a formação de estudantes capazes de interagir criticamente com o seu meio. Ademais, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018, p. 322), propõe que o ensino por investigação seja entendido como o elemento central na formação dos alunos em um sentido mais amplo. Assim, caberia ao professor propor situações em que os jovens possam compreender os conceitos fundamentais e as estruturas das Ciências da Natureza, e ainda exercitem a curiosidade para observar, perguntar, propor hipóteses, experimentar, desenvolver, divulgar e criar soluções na resolução de problemas.

Em tese, o BNCC orienta o professor do ensino médio a adotar métodos de ensino por investigação, com instrução mínima e autorregulada, que geralmente requerem tempo para que o aprendiz negocie os seus paradigmas em troca dos conceitos científicos consensuais e elementares necessários para o progresso no ensino básico (MUIJS; REYNOLDS, 2018). Métodos denominados como investigativos, por descoberta ou baseado em problemas direcionam o objetivo de aprendizado do aluno para o processo de produção de conhecimento (*i.e.*, epistemologia da ciência), para o aprendizado autorregulado e metacognitivo (*i.e.*, aprender a aprender), atenuando a exigência da evocação literal e arbitrária ⁴dos conceitos e proposições elementares consolidadas na memória de longo prazo ⁵(AUSUBEL, 2003; LENT, 2019; MUIJS; REYNOLDS, 2018). O ensino por investigação promoveria as condições para o desenvolvimento de habilidades cognitivas para a elaboração de hipóteses, anotação de evidências, análise de dados e argumentação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010; SASSERON, 2015).

Em contraponto às qualidades do ensino por investigação, diversos estudos mostraram eficiência inferior ou similar de aprendizagem em comparação aos métodos de instrução direta quando ambos os métodos, em suas mais diversas propostas, foram comparados por testes que avaliaram o domínio mnemônico de conceitos elementares (KIRSCHNER; SWELLER; CLARK, 2006; MUIJS; REYNOLDS, 2018). Cabe esclarecer que o ensino por instrução direta, também conhecido como 'ensino ativo' ou 'ensino explícito' não se restringe apenas às aulas expositivas, mas inclui estudos dirigidos, experimentos demonstrativos, vídeos e animações didáticas, jogos, aulas dialógicas, consulta de livros e apostilas, dentre outros meios isolados ou combinados entre si (MUIJS; REYNOLDS, 2018).

Estudos na área da psicologia cognitiva advogam que métodos de ensino por descoberta, com muitas atividades concorrentes ao objetivo de aprendizado (*i.e.*, o conteúdo em si ou a informação essencial) e sem um direcionamento claro do professor, podem causar sobrecarga

⁴Declarar a informação da mesma forma apresentada nos materiais didáticos ou pelo professor sob restrição de tempo e sem relação com o conhecimento prévio do aprendiz.

⁵Dura horas, dias ou anos. Garante o registro autobiográfico e dos conhecimentos do indivíduo (LENT, 2010).

da memória de trabalho⁶, uma função executiva fundamental para a consolidação e evocação de informações na memória de longo prazo (KIRSCHNER; SWELLER; CLARK, 2006; HAASE; JÚLIO-COSTA; SILVA, 2015). Modular o nível de instrução durante a execução de uma tarefa de aprendizagem ou durante uma sequência didática é uma das atribuições mais valorosas do professor. A instrução modulada pelo professor tem o sentido de promover os “saltos” de conhecimento (VYGOTSKY, 1978), sobretudo nos momentos em que esse salto deriva do plano concreto para as explicações abstratas que subjazem os fenômenos observáveis. Logo, recai sobre o professor o planejamento do nível e da natureza da instrução durante uma tarefa investigativa em vista do equilíbrio entre as recomendações dos PCN/BNCC e o cumprimento do conteúdo programático específico do ensino médio que também é avaliado nos exames de seleção de ingresso para o ensino superior.

Segundo Krasilchik (2008), o ensino de biologia possibilitaria ir além do currículo, preparando jovens para a resolução de problemas através das dimensões ambiental, médica, ética/filosófica, cultural e histórica. Ademais, a BNCC também direciona como objetivo de aprendizagem a mobilização de conhecimentos que levem ao autoconhecimento em vista do cuidado da saúde física e emocional (BRASIL, 2018, p. 10). No entanto, o que se observa na prática do ensino de biologia é uma preocupação excessiva dos professores em cumprir o extenso conteúdo previsto no currículo. Portanto, é preciso estudar alternativas que integrem de maneira conciliatória o ensino por investigação com o ensino por instrução direta com o propósito de salientar as qualidades e dirimir as deficiências dos dois métodos. O objetivo geral deste estudo é propor a síntese do ensino por instrução direta com tarefas investigativas em vista de promover as qualidades de ambos os métodos. Para subsidiar a argumentação, o objetivo específico é comparar o aprendizado e o engajamento dos estudantes após uma sequência didática (SD) que integrou o ensino por instrução direta com tarefas investigativas (EIDI) com outra SD de ensino por instrução direta (EID), exclusivamente. As duas SD foram planejadas para o ensino da digestão dos alimentos como tópico de fisiologia humana e cuidados com a saúde no que tange os processos gerais da alimentação.

2. Métodos

Contexto escolar

O presente trabalho foi desenvolvido em cinco turmas regulares do segundo ano do ensino médio de um colégio público federal, totalizando cento e trinta e oito alunos, sob a regência de uma única professora da área de biologia. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos com o parecer nº 3.529.378.

O colégio em questão contava com 850 alunos matriculados do 6º ao 9º ano do ensino fundamental e do 1º ao 3º ano do ensino médio. Como regra, as matrículas são reservadas a dependentes de militares das Forças Armadas e Forças Auxiliares amparados por legislação específica e a estudantes admitidos através de concurso público anual. O colégio opera em

⁶ Manutenção ativa, temporária e de atualização flexível de informações relevantes de objetivo / tarefa (itens, objetivos, estratégias etc.) de uma forma que resiste à interferência, mas tem capacidade limitada (<https://www.cognitiveatlas.org/> último acesso em setembro de 2022).

consonância com a legislação federal da educação nacional, obedecendo às leis e aos regulamentos em vigor.

As turmas são constituídas de alunos e alunas, em um número máximo de 30, sendo que o percentual de cada sexo não supera ao outro em mais de 20%. Os alunos são de diferentes origens (concurso de admissão, sorteio, transferência, repetentes e promovidos do ano escolar anterior) e distribuídos equitativamente pelas turmas. Assim, as turmas são intencionalmente homogêneas entre si, atendendo aos critérios de distribuição da direção da escola. Além do exposto, um (1) aluno da educação inclusiva pode ser matriculado em cada turma.

O referido colégio é uma referência de ensino local e estadual devido ao nível de excelência alcançado no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), nas Olimpíadas do Conhecimento, na Prova Brasil e no Exame nacional do Ensino Médio (ENEM).

Os alunos são incentivados a desenvolver suas potencialidades nas dimensões cognitiva, psicomotora e afetiva graças a uma estrutura que contempla laboratórios de física, química, biologia e informática, salas de aula com quadro branco, computador e projetor, sala de multimídia, sala de robótica, biblioteca, auditório, miniauditório, sala de dinâmicas, sala de música, salas de clubes e grêmios, espaço alternativo para apresentações culturais, ginásio poliesportivo, piscina, campo de futebol e quadras polivalentes cobertas.

No que tangeu especificamente à participação nesta pesquisa, os alunos não se opuseram e, por isso, assinaram os termos devidos com assentimento dos responsáveis. As sequências didáticas foram realizadas no período regular, nas aulas de biologia, pois o conteúdo abordado fez parte do currículo da escola. Os resultados da avaliação somativa foram contabilizados para fins de avaliação da disciplina no trimestre. Foram excluídos da análise de dados os alunos que por qualquer motivo faltaram às atividades das sequências didáticas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Desenho do estudo

Trata-se de uma pesquisa de campo exploratória quase-experimental, de corte transversal, (COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K., 2011) com relato de experiência sobre o engajamento dos estudantes durante as tarefas didáticas. A pesquisa se aparou em duas sequências didáticas (Fig. 1), uma baseada no ensino por instrução direta (EID) e outra na instrução direta equilibrada com uma atividade investigativa (EIDI). Duas turmas realizaram a EID (n= 58) e três o EIDI (n= 80). A escolha das turmas para a aplicação das sequências didáticas foi aleatória. Não houve distribuição aleatória dos estudantes nas sequencias didáticas EID e EIDI por causa do método de formação das turmas adotada pela escola (descrição no tópico anterior: *contexto escolar*) e nem grupo controle (i.e., grupo de estudantes de anos anteriores ao estudo, sem um planejamento instrucional logicamente estruturado numa sequência didática ou que tenham usado uma cartilha instrucional padrão do sistema de ensino).

Por não haver um grupo controle, não apresentamos uma hipótese de teste. A razão para isso é que a professora dimensionou as duas sequências didáticas sem esperar que uma sequência fosse mais eficiente do que a outra. Considerar *a priori* que um conjunto de estudantes sob regência da mesma professora poderia obter alguma vantagem romperia com o princípio da isonomia no ensino público. Portanto, a preferência da professora foi pelo método

de instrução direta para cumprir o conteúdo previsto pela escola e, por isso, foi dedicado mais tempo de instrução direta nas duas sequencias didáticas.

O conteúdo programático, os materiais didáticos e o tempo de aula presencial foram semelhantes nas duas sequencias didáticas. O conteúdo *digestão dos alimentos* foi escolhido por conveniência por fazer parte do currículo regular e por ser um tema o qual a professora costumava observar pouco engajamento dos estudantes. As atividades das sequências didáticas foram planejadas para 5 aulas de 45 minutos. Os objetivos de aprendizagem foram:

- Identificar os órgãos que compõem o sistema digestório.
- Descrever o trajeto do alimento da boca ao ânus.
- Diferenciar digestão mecânica e química.
- Esquematizar a digestão de carboidratos, proteínas e lipídios.
- Avaliar situações problema através da análise de evidências clínicas.
- Relacionar as evidências com os conceitos sobre digestão dos alimentos.

Os materiais didáticos utilizados foram:

- Modelo didático de torso humano.
- Roteiro para identificação dos órgãos do sistema digestório.
- Jogo da memória dos órgãos do sistema digestório e suas funções.
- Vídeos sobre o funcionamento do sistema digestório, do processamento dos alimentos e sobre a intolerância à lactose.
- Glicosímetro.

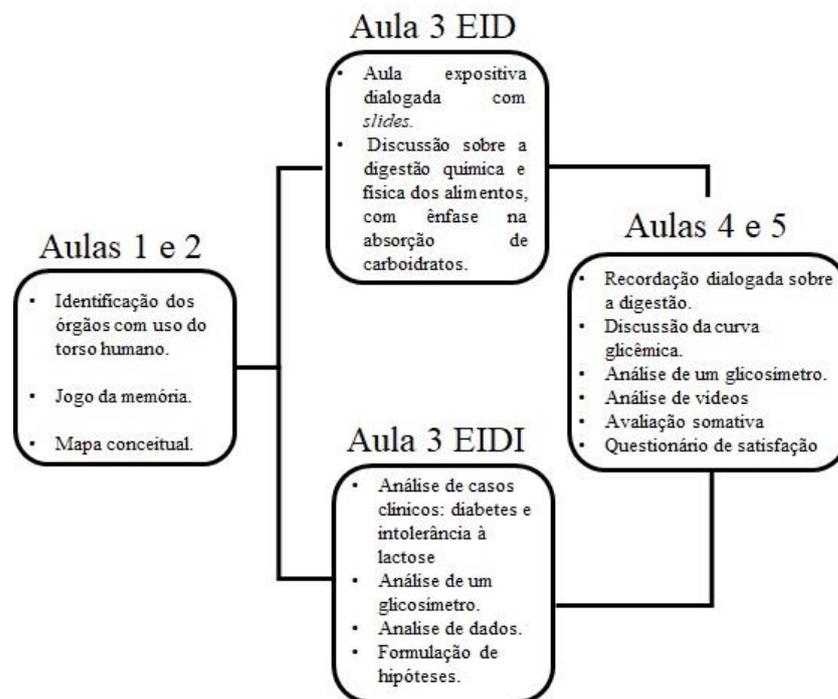


Figura 1 - Desenho das sequencias didáticas. (Fonte: os autores, 2021)

EID: sequência didática de ensino por instrução direta. EIDI: sequência didática de ensino por instrução direta com tarefas de investigação. As aulas 1-2 e 4-5 foram semelhantes nas sequências EID e EIDI. Houve a necessidade de duas aulas de 45 min para as tarefas previstas nas aulas 1-2 e 4-5. Todo o processo foi conduzido por uma única professora, observadora participante do estudo.

Organização das sequências didáticas: aulas 1 e 2 da EID e EIDI

As aulas 1 e 2 foram reproduzidas nas sequências EID e EIDI e foram dimensionadas para avaliar o conhecimento prévio sobre os processos digestivos considerando que o assunto fora abordado no oitavo ano do ensino fundamental. As duas aulas foram necessárias para conclusão das tarefas de identificação dos órgãos com uso do torso humano, jogo da memória e confecção do mapa conceitual.

Primeiramente, houve uma tempestade de ideias sobre a digestão do café da manhã dos alunos.

Perguntas motivadoras:

- Quais foram os alimentos ingeridos no café da manhã?
- Para que comemos? Por que existe um sistema voltado para digestão?
- Qual trajeto dos alimentos nesse sistema? Como se dá a transformação dos alimentos?

As perguntas e as respostas foram registradas em tópicos no quadro branco para facilitar a evocação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Em sequência, houve a entrega de um roteiro de estudos que poderia ser resolvido com o apoio de materiais complementares como o jogo da memória e um modelo didático do torso humano. Através do exemplo do café da manhã, foi discutido o trajeto dos alimentos ao longo do trato digestório com destaque para as funções de cada órgão envolvido. Nessa etapa, os alunos deveriam evocar os conhecimentos prévios específicos sobre anatomia e fisiologia do sistema digestório.

No tempo de 15 minutos, e em pequenos grupos, os alunos confeccionaram um mapa conceitual sobre o sistema digestório. Com a entrega do mapa, a sequência didática das aulas 1 e 2 foi finalizada. (Fig.2)

A principal diferença entre a EID e a EIDI ocorreu na abordagem sobre a digestão química e física dos alimentos na aula 3. Na EID, os alunos tiveram uma aula expositiva dialogada com uso de *slides* e filmes curtos sobre a digestão com ênfase na absorção de carboidratos (CHO).

Na EIDI, os alunos partiram de uma situação-problema (caso clínico hipotético) sobre digestão e absorção de CHO para, em grupos, discutirem e levantarem hipóteses sobre as possíveis causas dos sintomas descritos em cada caso. Dois casos clínicos foram elaborados para manter o ineditismo da atividade, pois houve mais de uma turma submetida à EIDI em horários distintos. Portanto, foi elaborado um caso sobre diabetes e outro caso sobre intolerância à lactose. As turmas da EIDI discutiram apenas um dos casos escolhidos previamente pela professora.

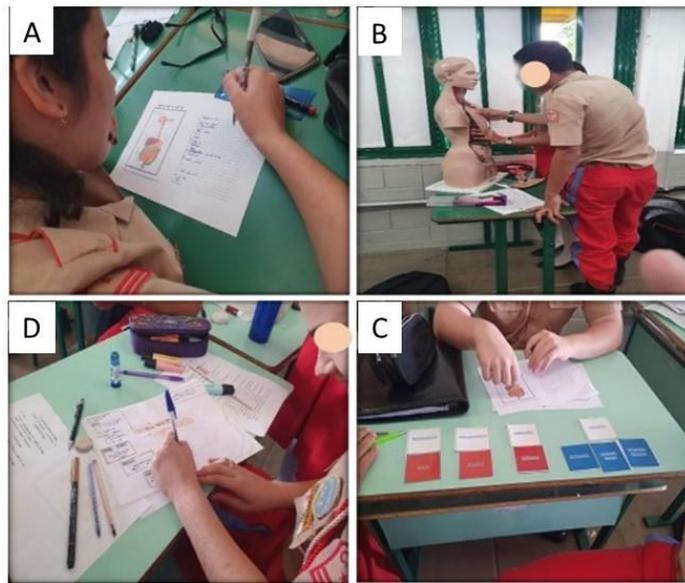


Figura 2 - Tarefas de aprendizagem das aulas 1 e 2. (Fonte: os autores, 2021). Roteiro de estudo (A), torso humano didático (B), jogo da memória sobre digestão (C) confecção de mapa conceitual (D).

Ensino por investigação com uso de casos clínicos: aula 3 da EIDI

Como não existe uma única forma de se desenvolver atividades investigativas, sugeriu-se o modelo dos “5 E” (*engaje, explore, explain, elabore, evaluate*), proposto por Bybee (1997), para que os alunos refletissem e selecionassem as melhores respostas para os casos. Assim, os alunos que passaram pela EIDI leram e discutiram os casos, levantaram hipóteses, analisaram dados gráficos, apresentaram sugestões experimentais e explicações.

As turmas da EIDI discutiram um dos dois casos formulados pela professora sobre diabetes ou intolerância à lactose com o objetivo de cumprir o conteúdo sobre digestão de CHO (i.e., conteúdo similar ao que foi trabalhado na aula 3 da EID). Os alunos também receberam uma sequência de perguntas para direcionar a discussão em vista de cumprir os objetivos de aprendizagem no tempo previsto para uma aula de 45 min.

CASO 1: Pedro, 16 anos, morador de JF, percebeu há mais ou menos um mês que está com os seguintes sintomas: sede intensa, progressiva perda de peso sem motivo aparente, cansaço, fadiga, micção frequente inclusive na madrugada.

CASO 2 – João, 16 anos, tem o costume de visitar a avó em um sítio no interior de MG. Ele adora estar em contato com a natureza e apreciar os quitutes da vovó e o farto café da roça: café no bule, leite fresco, queijo minas, frutas do pomar, pão de queijo. No entanto, João já percebeu que, sempre que vai ao sítio, costuma ter problemas gastrointestinais que incluem dor abdominal, sensação de inchaço no abdome, flatulência, diarreia e até vômitos.

- Elabore perguntas ao Pedro /João para tentar descobrir o que pode estar causando os sintomas.
- Apresente uma hipótese sobre o que deve estar acontecendo com Pedro (João).

- Como podemos verificar se essa hipótese é válida? Apresente sugestões para verificar a hipótese.
- Apresente sua resolução do problema. Para isso você terá 10 minutos.
- Apresente agora a solução do seu grupo para toda a sala.

Após a discussão e apresentação dos grupos, foram projetadas diversas curvas glicêmicas demonstrando o comportamento da concentração de glicose sanguínea após a ingestão de determinados alimentos com alto ou baixo índice glicêmico. Após esse momento, o glicosímetro foi apresentado aos alunos com as seguintes perguntas:

- O que os gráficos da glicemia acrescentam em nossa discussão?
- Como esses exames (i.e., curva glicêmica) podem auxiliar no diagnóstico do Pedro (João)?

Em síntese, durante a primeira rodada de discussão, os grupos deveriam apresentar respostas para uma sequência de perguntas norteadoras elaboradas pela professora. Após a discussão nos grupos, a professora mediu uma nova discussão de forma coletiva. Por fim, os alunos escolheram a melhor resolução a partir das propostas elaboradas por cada grupo.

Conclusão das sequências didáticas: aulas 4 e 5 da EID e EIDI

Nas aulas 4 e 5 houve a retomada da discussão sobre digestão física e química dos alimentos com apresentação de gráficos de curvas glicêmicas. Os gráficos mostravam as diferenças entre as curvas glicêmicas pós prandiais de indivíduos saudáveis, com intolerância à lactose e com diabetes do tipo 2. Em seguida, houve nova apresentação dos vídeos sobre a ação das enzimas e a digestão química. Após a sequência didática das aulas 4 e 5, os alunos da EIDI tiveram a oportunidade de reelaborar as hipóteses e o diagnóstico sobre o caso. Essa atividade não foi realizada com as turmas da EID. Em ambas as sequências didáticas, a professora apresentou um fechamento abordando todas as possíveis lacunas de conhecimento e consolidou o assunto no final da aula 5 para equilibrar o nível de informação entre todas as turmas. Os pontos principais da digestão foram apresentados e elencados com a ajuda de um esquema registrado no quadro branco. Dessa maneira, todos os alunos discutiram um roteiro final do sistema digestório com a professora.

Avaliação somativa

Após as duas sequências didáticas, os alunos fizeram uma avaliação somativa individual e sem consulta durante um tempo de aula de 45 minutos. A avaliação contou com seis questões de múltipla escolha nos moldes do ENEM. A primeira questão foi de interpretação de gráficos com curvas glicêmicas, a segunda questão abordou as glândulas anexas ao sistema digestório, a terceira foi sobre digestão de carboidratos, a quarta sobre enzimas digestivas e suas funções e a quinta integrou anatomia e fisiologia baseada em uma figura do sistema digestório.

A sexta e última questão da prova versava sobre “doença celíaca”, tema não abordado em nenhuma das duas sequências didáticas. Portanto, a sexta questão foi de transcendência, isto é, teve como objetivo verificar se os alunos conseguiram aplicar os conhecimentos na resolução de um problema inédito sobre a digestão dos alimentos.

Questionário de satisfação e registro do engajamento nas tarefas de aprendizagem

Para avaliar a satisfação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas durante as sequências didáticas, foi aplicado um questionário de satisfação do tipo *Customer Satisfaction Score* (CSAT) com uma escala do tipo Likert apresentando as opções: muito insatisfeito, insatisfeito, indiferente, satisfeito e muito satisfeito.

Os comportamentos e falas que denotassem engajamento ou desengajamento nas tarefas de aprendizagem foram registrados em diário de campo para complemento qualitativo aos dados de satisfação do CSAT.

Análise estatística

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade da distribuição. A distribuição normal dos dados da escala Likert de satisfação e das notas da avaliação somativa foi rejeitada. Portanto, a mediana com máximo e mínimo foi utilizada como estatística descritiva e o teste não-paramétrico de Mann-Whitney foi aplicado para verificação das diferenças estatísticas entre medianas de grupos independentes. A moda foi usada para mostrar o nível de satisfação (i.e., variável categórica) mais frequente dos estudantes. O teste qui-quadrado de aderência de Pearson foi utilizado para avaliar se as distribuições das frequências relativas de “erro” ou “acerto” (i.e., variável categórica) nas questões de transcendência e do gráfico seriam aleatórias. Para a elaboração das tabelas e análises estatísticas (descritiva e inferencial) foram utilizados, respectivamente, os aplicativos Windows Excel e Origin Pro® (OSB Software). Nas inferências foi adotado um nível de significância de 5%.

3. Resultados

A Tabela 1, mostra que todas as tarefas foram bem avaliadas nas duas sequências didáticas. Não houve diferença estatística na comparação do nível de satisfação dos estudantes sobre as tarefas empregadas nas sequências didáticas EID e EIDI. A satisfação registrada pelo instrumento de pesquisa corrobora as observações de campo que denotavam engajamento produtivo dos alunos durante todas as atividades propostas.

Tabela 1- Questionário de satisfação dos alunos sobre as tarefas das sequências didáticas.

		Torso	J.M.	M.C.	Estudo caso	Vídeos	Aula expositiva	Ativ. grupo	A.S.
EID (N=80)	Moda	MS	MS	MS	n.a.	MS	MS	S	MS
	Mediana (min-max)	5(3-5)	5(3-5)	4(1-5)	n.a.	5(3-5)	4(2-5)	4(3-5)	4(2-5)
EIDI (N=58)	Moda	MS	MS	MS	MS	MS	MS	S	MS
	Mediana (min-max)	5(1-5)	5(1-5)	4,5 (2-5)	5(3-5)	5(3-5)	5(3-5)	4(2-5)	5(3-5)

EID: sequência didática de ensino por instrução direta. EIDI: sequência didática de ensino por instrução direta com tarefas de investigação; n.a: não se aplica; Torso: modelo didático do torso humano; J.M.: jogo da memória; M.C.: mapas conceituais; A.S.: avaliação somativa; MS: muito satisfeito; S: satisfeito. A numeração corresponde (1) muito insatisfeito; (2) insatisfeito; (3) indiferente; (4) satisfeito; (5) muito satisfeito. Não houve diferença estatística na satisfação dos estudantes sobre as tarefas empregadas nas sequências didáticas EID e EIDI. Fonte: os autores, 2021.

A Tabela 2 mostra que não houve diferença significativa entre as notas na EID e EIDI ($p=0,41$). Todos os alunos acertaram a questão de interpretação do gráfico de glicemia. A EIDI está associada a um maior número de acertos da questão de transcendência (87%; $X^2(1) = 45,48$; $p < 0,001$).

Tabela 2- Resultados da avaliação somativa

	N	Mínimo	Mediana	Máximo	% acertos interpretação do gráfico de glicemia	% acertos questão transcendência
EID	80	47	80	100	100	30
EIDI	58	47	80	100	100	87*

Valor da avaliação somativa 0-100 pontos. * O teste de qui-quadrado de independência mostrou que há associação entre sequência didática e desempenho na questão de transcendência $X^2(1) = 45,48$; $p < 0,001$. Não houve diferença estatística entre as notas da avaliação somativa ($p= 0,41$). EID: sequência didática de ensino por instrução direta. EIDI: sequência didática de ensino por instrução direta com tarefas de investigação. Fonte: os autores, 2021

4. Discussão

Uma sequência didática pode ser compreendida como uma estratégia educacional que busca articular diversas tarefas de aprendizagem em uma sequência lógica que motive o engajamento dos estudantes (PECHLIYE, 2018). As tarefas das sequências EID e EIDI deste estudo foram estruturadas conforme os princípios de aprendizagem da psicologia cognitiva (LENT, 2019; MUIJS; REYNOLDS, 2018; KIRSCHNER; SWELLER; CLARK, 2006; WEINSTEIN; MADAN; SUMERACKI, 2018; HIDI, 2006) e da teoria da aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL, 2003). Nesse contexto, a proposta para ambas as SD descritas neste estudo pode ser estruturada para qualquer conteúdo da biologia. O objetivo presente é discutir a estruturação teórica das SD e a eficiência da síntese do ensino por instrução direta com tarefas investigativas.

Os resultados apresentados na tabela 1 sugerem que ambas as sequências didáticas despertaram o interesse dos alunos frente a um material instrucional que reteve a atenção e promoveu um estado de afeto positivo declarado pelo alto nível de satisfação. O interesse é um construto central para a aprendizagem significativa, isto é, o aprendiz deve estar predisposto a relacionar as novas informações com o conhecimento prévio (AUSUBEL, 2003). O interesse pode ser definido como a determinação e a persistência em processar determinado tipo de informação preferencial em relação às tantas outras disponíveis no ambiente (HIDI, 2006) e é um construto que associa a atenção e o afeto responsáveis por modular a proatividade ou a procrastinação (EKKEKAKIS; 2013; BIDDLE; MUTRIE, 2008). O engajamento numa atividade didática ocorre a partir do interesse do aluno pelas tarefas propostas e, nesse sentido, os estudantes trabalharam de forma colaborativa, houve engajamento nas discussões e na resolução das tarefas conforme relatado pela professora.

Anteriormente a este estudo, a professora relatou desinteresse e pouco engajamento dos estudantes nas aulas expositivas sobre o sistema digestório e a digestão dos alimentos, que ocorriam sem o planejamento e a inclusão dos recursos descritos para as cinco aulas deste presente estudo. O conteúdo sobre o funcionamento do sistema digestório fazia parte do

currículo regular da escola, mas não do conteúdo programático do processo de seleção específico da Universidade Federal local. O processo de seleção local é direcionado exclusivamente para os estudantes do ensino médio do município e, portanto, é a principal forma de acesso ao ensino superior. A exclusão do sistema digestório do conteúdo da prova local para ingresso no ensino superior federal era considerada pela professora a causa principal de desengajamento e desinteresse dos estudantes pelo tema. Como o interesse é uma das condições para que a aprendizagem significativa ocorra, as SDs foram planejadas para acionar os conhecimentos prévios dos estudantes, fazendo-os diferenciar, organizar e fazer conexões entre os conceitos que eles já sabiam com os novos conhecimentos que seriam consolidados.

Em linhas gerais, o planejamento das duas sequências didáticas foi inspirado na experiência de HOHL *et. al.* (2019) que também foi fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL, 2003). Na experiência de HOHL *et. al.* (2019), foram utilizados apoios empíricos semelhantes como o torso humano didático e o jogo da memória para suscitar o interesse e o engajamento nas atividades de relembração do conhecimento prévio no ensino de neuroanatomia elementar. Adicionalmente, os alunos deste presente estudo elaboraram mapas conceituais nas aulas 1-2 que é um instrumento desenvolvido para avaliação do conhecimento prévio para promover a aprendizagem significativa (NOVAK, 2004). Portanto, nas duas primeiras aulas foram utilizados materiais de apoio potencialmente significativos (e.g., torso humano didático, roteiro para identificação dos órgãos, jogo da memória e mapa conceitual) que serviram como organizadores prévios, isto é, materiais introdutórios cuja função é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisaria saber para aprender significativamente a nova informação (MOREIRA, 2017). Como meio didático, o organizador prévio também pode ser utilizado como um recurso instrucional com potencial de gerar o interesse e o engajamento produtivo ao provocar no estudante a predisposição para aprender significativamente (HOHL *et al.*, 2019).

Os princípios de aprendizagem elaborados pela psicologia cognitiva também auxiliaram no dimensionamento das sequências EIDI e EID. Cabe contextualizar que os construtos “aprendizagem” e “memória”, apesar de distintos, estão superpostos no contexto da ciência cognitiva. A aprendizagem seria um estágio de aquisição de conhecimentos, um indivíduo captando informações do ambiente, guardando-as por algum tempo e, eventualmente, utilizando-as para orientar o seu comportamento subsequente (LENT, 2019). Um grupo com formação em psicologia cognitiva (WEINSTEIN; MADAN e SUMERACKI, 2018 *apud* LENT, 2019, p.116) sugeriu seis princípios baseados em evidências científicas que poderiam ser adotados por professores para a consolidação da informação e, por conseguinte, do aprendizado dos alunos. Quatro deles foram utilizados nesse trabalho em diversos momentos: a relembração, a elaboração, exemplos concretos e a dupla codificação. A relembração consiste na recuperação de uma informação anteriormente aprendida. A elaboração é a adição de informações novas a um conjunto de memórias categorizadas em nosso dicionário mental. A dupla codificação ocorre quando há a utilização concomitante de imagens e textos permitindo que a informação seja processada de duas formas pelo sistema nervoso. Os exemplos concretos iluminam os conceitos abstratos sem que haja observação direta dos fenômenos da natureza. Em ambas as sequências didáticas, a atividade de identificação dos órgãos, o jogo da memória, os vídeos e o mapa

conceitual tinham a função de consolidar as informações novas em associação com o conhecimento prévio do aprendiz, uma vez que se espera que alguma informação sobre o sistema digestório já tenha sido apresentada no ensino fundamental ou durante as experiências informais dos alunos.

A análise da avaliação somativa (Tabela 2) mostra que em ambas as sequências didáticas a maioria dos alunos demonstrou domínio mnemônico dos objetivos de aprendizagem numa prova sem consulta e com restrição de tempo. Ademais, todos os alunos acertaram a questão relativa à interpretação do gráfico de glicemia. Em geral, os alunos não tiveram dificuldades em responder as questões, relatando inclusive que estavam confiantes para o momento da avaliação que foi considerada “muito satisfatória” pelos alunos das duas sequências didáticas (Tabela 1). Estes resultados estão alinhados com a meta-análise de Stockard; Coughlin e Khoury (2018) que compilou 328 estudos sobre instrução direta publicados entre 1966-2016. A análise integrada dos estudos publicados durante meio século mostra que o ensino por instrução direta promove efeito positivo moderado/alto no aprendizado desde que as informações sejam apresentadas de forma explícita, logicamente organizada e claramente sequenciada (STOCKARD; COUGHLIN; KHOURY, 2018).

Por outro lado, a prevalência de acertos na questão de transcendência sobre digestão dos alimentos foi maior na EIDI, sugerindo que a atividade investigativa gerou um efeito maior na capacidade de resolução de um problema inédito correlato ao objetivo de aprendizagem. A tarefa investigativa provavelmente refletiu no aprimoramento das habilidades para resolver um problema inédito apresentado na questão de transcendência. Divrik; Pilten e Tas (2020) observaram num estudo empírico que o ensino por investigação pode ser eficiente para o desenvolvimento das habilidades para a resolução de problemas e recomendam que os professores planejem práticas em sala de aula para a formulação e resolução de problemas. Essa sugestão vai ao encontro de Azevedo (2013) e Almeida; Malheiros (2022) que enfatizaram o ensino por investigação como estratégia didática capaz de levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, conectando os conteúdos aprendidos à realidade e às necessidades do aluno.

O ensino por descoberta, ou uma investigação mais aberta e livre das amarras do tempo, pode ser um complicador para o professor do ensino médio pressionado pelo conteúdo do currículo escolar (AUSUBEL, 2003; STOCKARD; COUGHLIN; KHOURY, 2018). Em compensação, no ensino por instrução direta os materiais instrucionais são projetados para o estudo em ritmo acelerado com sistematização lógica e procedural das informações. O objetivo é apresentar uma situação instrucional onde os alunos estão continuamente aprendendo e progredindo através do material (BARBASH, 2012). Portanto, o ensino por investigação modulado com o ensino por instrução direta também foi adotado neste estudo por causa da restrição de tempo. Ademais, com o ensino por instrução direta procuramos direcionar o interesse do aluno para os conceitos e proposições relacionados com o sistema digestório antes da atividade investigativa. O objetivo foi apresentar aos alunos as informações elementares que eles deveriam saber para a resolução dos casos num nível de compreensão abstrata fundamentada na ciência empírica que é qualitativamente superior ao nível intuitivo do senso comum (AUSUBEL, 2003).

Intercalar a instrução direta com a atividade investigativa trouxe bons resultados tanto para a aprendizagem dos conceitos e proposições elementares sobre a digestão, quanto para o aprimoramento da capacidade de resolver problemas inéditos correlatos aos objetivos de aprendizagem. Para se obter um resultado eficiente dessa síntese, é preciso que o aprendiz domine os conceitos e proposições necessários para a resolução do problema através de uma instrução inequívoca e bem estruturada, com exemplos práticos cuidadosamente selecionados e inseridos numa sequência didática parcimoniosa para induzir o aprendizado de forma eficiente (STOCKARD; COUGHLIN; KHOURY, 2018). Portanto, criar sequências didáticas que alternem o ensino por instrução direta com o ensino por investigação pode ser uma alternativa em consonância tanto com as recomendações dos PNC/BNCC quanto com as exigências das avaliações aplicadas durante o progresso da vida acadêmica formal.

5. Conclusão

Concluimos que o EID foi eficiente para consolidar conceitos elementares sobre a digestão dos alimentos, mas a inclusão de tarefas investigativas é recomendável para aprimorar a habilidade na resolução de problemas. O ensino por investigação pode ser um método auxiliar para a aprendizagem significativa de conceitos e proposições elementares de consenso científico, por outro lado, é central para o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas inéditos a partir do conhecimento consolidado. Cabe ao professor planejar e prever os momentos estratégicos com maior protagonismo dos alunos e modular a sua orientação ou instrução mais direta em vista de uma maior eficiência no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, a eficiência no ensino seria avaliada pela consolidação do conhecimento elementar de consenso científico no menor tempo para assim dar o salto de inovação para a resolução de problemas.

6. Referências

- ALMEIDA, W.N.C; MALHEIRO, J.M.S, Pressupostos teóricos e diferentes abordagens do ensino de ciências por investigação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. Santo Ângelo, Vol. 12, n. 2, p. 71-83, mai./ago. 2022. Acesso em: 20 abr. 2023.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, p. 19-33. 2013.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.
- BARBASH, S. **Clear teaching: With Direct Instruction, Siegfried Engelmann discovered a better way of teaching**. Arlington, VA: Education Consumers Foundation. 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 10 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em :<http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes->. Acesso em: 10 fev. 2022.

BIDDLE, J. H.; MUTRIE, N. **Psychology of physical activity: determinants, well-being and interventions**. 2nd ed. London and NY: Taylor and Francis Group Ed., 2008.

BORBA, J.B. **Uma breve retrospectiva do ensino de biologia no brasil**. 2013.30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em educação: métodos e técnicas de ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, 2013.

BYBEE, R. W. **Achieving scientific literacy: From purposes to practices**. Portsmouth: Heinemann, 1997.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. 7th. ed. New York: Routledge, 2011.

DIVRIK, R.; PILTEN, P.; TAS, A.M. Effect of inquiry-Based Learning method Supported by Metacognitive Strategies on Fourth-Grade Students Problem-solving and Problem-Posing Skills: A mixed Methods Research. **International Electronic Journal of Elementary Education**, v. 13, Issue 2, p. 287-308, 2020.

EKKEKAKIS, P. **The measurement of affect, mood, and emotion: A guide for health-behavioral research** (1st ed.). New York, NY: Cambridge University Press, 2013.

HAASE, V. G., JÚLIO-COSTA, A.; SILVA, J. B. L. Por que o construtivismo não funciona? Evolução, processamento de informação e aprendizagem escolar. **Psicologia em pesquisa**, v. 9, n. 1, p. 62-71, 2015.

HIDI, S. Interest: A unique motivational variable. **Educational Research Review**, v. 1, n.2, p. 69-82, 2006.

HOHL *et al.* Aprendizagem, memória e criatividade: estratégias cognitivas aplicadas durante a semana do cérebro 2019. **Aprendizagem significativa em revista**, V9(3), pp. 27-49. 2019.

KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching, **Educational Psychologist**, v. 41, n. 2, p. 75-86. 2006.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

LENT, R. **Cérebro Aprendiz: Neuroplasticidade e Educação**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

MOREIRA, M. A. **Ensino e Aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

MUIJS, D.; REYNOLDS, D. **Effective Teaching, Evidence and Practice**. 4.ed. London: SAGE, 2018.

NOVAK, J. D. **A science Education research program that led to the development of the concept mapping tool and a new model for education**. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping (Vol. I). Pamplona: Universidad Pública de Navarra, 2004.

PECHLIYE, M.M. Sobre sequências didáticas. In: PECHLIYE, M. M.; LORENA, F. B.; NUNES, L. B. X.; MELLADO, B. F. **Ensino de Ciências e Biologia**: a construção de conhecimentos a partir de sequências didáticas. São Paulo: Baraúna, p.15 - 25. 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.17 n.especial, p. 49-67, 2015.

STOCKARD, J; COUGHLIN, C; KHOURY, C. R. The effectiveness of Direct Instruction Curricula: A Meta-Analysis of a Half Century of Research. **Review of Educational Research**, Month 201X, Vol XX, No X, pp.1-29, 2018.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society**: the development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press, 1978.WEINSTEIN, Y; MADAN, C.R; SUMERACKI, M.A. Teaching the science of learning. Cognitive Research: Principles and Implications In: LENT, R. **Cérebro Aprendiz**: Neuroplasticidade e Educação. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 12-19. 2010.