



Integração da Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia (TCAM) a Abordagem STEAM: uma perspectiva de Design Educacional

Ériks Tobias Vargas^a, Christiano Otávio de Rezende Sena^b, Ivo de Jesus Ramos^c

^aDoutorando do programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG

^bDoutorando do programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG

^cProfessor pesquisador do programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG

ARTICLE INFO

Recebido: 08 de septiembre de 2024

Aceito: 25 de octubre de 2024

Disponível on-line: 30 de noviembre de 2024

Keywords: Cognitive Theories of Multimedia Learning, STEAM, educational design.

Palavras-chave: Teorias Cognitivas do Aprendizado Multimídia, STEAM, design educacional.

E-mail:

eriks@cefetmg.br

christiano@cefetmg.br

ivoramos@cefetmg.br

ISSN 2007-9842

© 2024 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

This article examines the application of the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), proposed by Richard E. Mayer, within STEAM education (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). CTML provides guidelines for designing multimedia materials to enhance knowledge retention and transfer, which are essential for developing skills such as critical thinking and creativity. Despite its advantages, challenges such as cognitive overload and the ineffective use of multimedia elements can hinder learning. This study explores how CTML principles can be integrated into STEAM education to address these challenges, respecting cognitive limitations while fostering engagement and comprehension. The methodology involves a literature review, offering theoretical insights and practical examples. The findings suggest that the careful application of CTML in instructional design can make educational materials more effective, inclusive, and accessible, contributing to pedagogical strategies that integrate cognitive principles into interdisciplinary teaching.

Este artigo analisa a aplicação da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), proposta por Richard E. Mayer, no ensino STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática). A TCAM orienta o design de materiais multimídia para potencializar a retenção e transferência de conhecimento, fundamentais no desenvolvimento de competências como pensamento crítico e criatividade. Apesar dos benefícios, desafios como sobrecarga cognitiva e uso inadequado de elementos multimídia podem dificultar a aprendizagem. Este estudo explora como integrar os princípios da TCAM ao STEAM para superar esses desafios, respeitando limitações cognitivas e promovendo engajamento e compreensão. A metodologia baseia-se em revisão bibliográfica, oferecendo conceitos teóricos e exemplos práticos. Os resultados indicam que o uso criterioso da TCAM no design instrucional pode tornar os materiais educacionais mais eficazes, inclusivos e acessíveis, contribuindo para estratégias pedagógicas que integram princípios cognitivos ao ensino interdisciplinar.

I. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e as demandas do século XXI têm exigido novas abordagens pedagógicas que transcendam o ensino tradicional e promovam competências críticas, como criatividade, pensamento crítico e resolução de problemas. Nesse contexto, a abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) na educação emerge como uma modalidade que valoriza a interdisciplinaridade e a construção e aplicação prática do conhecimento. Ao integrar áreas do conhecimento, a abordagem STEAM busca conectar a aprendizagem com problemas do mundo real, utilizando ferramentas tecnológicas, atividades baseadas em projetos e, frequentemente, recursos multimídia para engajar os estudantes.

Embora a abordagem STEAM seja rica em potencial, ela apresenta desafios específicos relacionados ao design de materiais didáticos. A complexidade das informações, o uso inadequado de recursos multimodais e a ausência de estratégias pedagógicas baseadas em princípios cognitivos podem dificultar o aprendizado. Nesse cenário, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), proposta por Richard E. Mayer, oferece uma estrutura teórica para o design de materiais instrucionais que respeitam os processos de cognição humana, auxiliando na retenção e transferência da aprendizagem.

Exploraremos como os princípios da TCAM podem ser integrados ao ensino STEAM, propondo estratégias para otimizar a experiência de aprendizagem e superar os desafios cognitivos inerentes à abordagem interdisciplinar. Com base em uma revisão bibliográfica, discutimos a relevância dos princípios propostos por Mayer para o design de materiais educacionais no STEAM, oferecendo exemplos práticos e diretrizes para educadores e designers instrucionais. Além disso, argumentamos que a integração da TCAM pode contribuir para tornar o STEAM mais acessível e inclusivo, respeitando as diversas necessidades dos estudantes e promovendo uma aprendizagem significativa.

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e exploratória, fundamentada em uma revisão bibliográfica. O objetivo é analisar de que forma a TCAM pode ser utilizada no ensino STEAM para otimizar o design de materiais didáticos e as práticas pedagógicas. A revisão bibliográfica é amplamente utilizada em estudos exploratórios, pois permite analisar diferentes perspectivas teóricas e identificar lacunas e tendências em um campo específico (Gil, 2023). Reconhecemos que uma revisão bibliográfica não substitui estudos empíricos ou experimentais. Portanto, os resultados apresentados neste trabalho refletem uma análise teórica e indicativa, que pode ser complementada por futuras pesquisas experimentais envolvendo o uso prático da TCAM em uma abordagem STEAM.

Dessa forma, o presente trabalho busca não apenas fornecer uma análise teórica, mas também apresentar possíveis implicações práticas para a aplicação da TCAM em um contexto de uma abordagem STEAM, evidenciando seu potencial para favorecer uma possível transformação da educação contemporânea.

II. A TEORIA COGNITIVA DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA

O ensino por meio multimídia já é abordado desde a década de 1985 com a primeira edição de "*Multimedia for Learning: Methods and Development*", escrita por Stephen M. Alessi e Stanley R. Trollip. Na época, o livro foi inovador, pois apresentou conceitos sobre o design instrucional e desenvolvimento de materiais multimídia, algo que estava começando a ganhar espaço no campo educacional com o avanço das tecnologias computacionais (Alessi & Trollip, 2001).

No ano de 2001 Richard E. Mayer traz para o, ainda jovem, campo da Aprendizagem Multimídia (AM) uma nova proposta, que ele chamou de Teoria Cognitiva no Aprendizado Multimídia (TCAM) publicada no livro *Multimedia Learning*. Em sua primeira edição do livro o autor trouxe sua teoria apoiada em sete princípios. Os quais, devido ao amadurecimento do campo e o crescimento do número de experimentos testando princípios multimídia, foram ampliados para 12 princípios em sua segunda edição em 2009 e para 15 na atual edição em 2021. (Mayer, 2021).

A TCAM fundamenta-se em princípios derivados da Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988) e da Teoria do Processamento Dual (Paivio, 1986), propondo estratégias que possibilitam maximizar o aprendizado por meio do uso eficaz de imagens, textos e sons. Entre os 15 princípios propostos por Mayer, destacam-se o princípio da segmentação, que propõe a divisão de informações complexas em partes menores; o princípio da coerência, que alerta contra o uso de elementos irrelevantes; e o princípio da contiguidade, que enfatiza a apresentação simultânea de elementos relacionados (Mayer, 2021).

Ainda segundo Mayer (2021) a TCAM propõe que o sistema humano de processamento de informações opera por meio de dois canais distintos: um para informações visuais/pictóricas e outro para informações auditivas/verbais. Cada canal possui uma capacidade limitada de processamento, e a aprendizagem ativa ocorre quando o estudante realiza um processamento cognitivo adequado durante o processo de aprendizagem. Os cinco passos essenciais na aprendizagem multimídia são: selecionar palavras relevantes do texto, identificar imagens significativas nas ilustrações, organizar as palavras selecionadas em uma estrutura verbal coerente, organizar as imagens escolhidas em uma representação visual coerente e integrar essas representações visuais e verbais ao conhecimento prévio do estudante.

Ramos, Thiago & Rosa (2022) defendem que as ideias contemporâneas sobre aprendizagem efetiva pela compreensão estão alinhadas à TCAM dentro de uma abordagem construtivista. Sob a perspectiva das metodologias ativas, o estudante assume o papel de protagonista na construção do próprio conhecimento. Parte-se do princípio de que ele deve agir de forma ativa na busca por informações, na formação de modelos mentais e na integração do que foi compreendido ao seu conhecimento prévio. Ao seguir os princípios da TCAM, o professor pode favorecer a aprendizagem do estudante ao apresentar novas informações de maneira estruturada e significativa, o que reforça o uso da TCAM juntamente com a abordagem STEAM.

III. O STEAM

O conceito da abordagem STEAM surgiu com Georgette Yakman, em 2008, como uma evolução do modelo STEM, que integra Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Yakman destacou a importância de incluir a Arte no modelo, afirmando que essa integração promove um aprendizado mais criativo e humanizado, necessário para resolver problemas complexos do mundo contemporâneo (Yakman, 2008). A abordagem STEAM visa desenvolver competências como pensamento crítico, colaboração e inovação, enfatizando a resolução de problemas reais por meio de projetos interdisciplinares.

Desde sua origem, o STEAM tem sido adotado em diversos países, especialmente em contextos educacionais que buscam alinhar o ensino às demandas do século XXI. Estudos indicam que o STEAM é eficaz para aumentar o interesse e a motivação dos estudantes em disciplinas científicas e tecnológicas, ao mesmo tempo que desenvolve habilidades criativas e comunicativas (Borges et al, 2022).

No Brasil, a implementação dessa abordagem ainda enfrenta desafios relacionados à formação de professores, falta de recursos e pouca integração curricular, embora haja iniciativas promissoras em escolas e universidades (Munhoz, Gonçalves & Mello, 2024).

O STEAM tem se mostrado uma ferramenta essencial para preparar estudantes para carreiras interdisciplinares e para desafios futuros, integrando ciência, arte e tecnologia de maneira inovadora e inclusiva. Sua relevância atual reside na capacidade de conectar a educação ao mundo real, promovendo o aprendizado ativo, significativo e o protagonismo dos estudantes.

IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Nesta seção, faremos uma análise trazendo as definições de cada um dos 15 princípios da TCAM, conforme proposto por Mayer (2021), e exploraremos suas possíveis aplicações em projetos educacionais no contexto de uma

abordagem STEAM. Cada princípio é discutido com base em sua definição, seguido por uma análise de cada uma, exemplos práticos e considerações específicas para STEAM. O objetivo desse estudo é evidenciar como essas diretrizes teóricas podem potencializar o aprendizado ao integrar disciplinas e fomentar o desenvolvimento de habilidades práticas e interdisciplinares.

Em algumas das relações entre os princípios da TCAM e o STEAM serão usados o que chamaremos aqui de Ferramentas de *Design* e Programação Multidisciplinar, de forma que tais ferramentas estão listadas e definidas no Quadro 01 que se encontra ao final desta seção.

IV.1 Princípio da Multimídia

Definição: O aprendizado é mais eficaz quando informações são apresentadas por meio de palavras (texto ou narração) e imagens (estáticas ou dinâmicas) do que apenas por palavras.

Análise: Este princípio se baseia na ideia de que o cérebro humano processa melhor informações quando elas são distribuídas entre os canais visual e auditivo. Em uma abordagem STEAM, ele é particularmente útil para explicar conceitos complexos, como o ciclo de Krebs em Biologia ou a análise de forças em Física.

Exemplo prático: Ao ensinar dinâmica de fluidos, gráficos que mostram o fluxo de partículas podem ser combinados com narrações explicativas, ajudando os estudantes a visualizarem e compreenderem o fenômeno.

Relação com o STEAM: Na educação STEAM, o Princípio da Multimídia poderá auxiliar na abordagem de conceitos técnicos e interdisciplinares. Por exemplo, ao ensinar física de estruturas em engenharia, diagramas animados que mostram a distribuição de forças em pontes, combinados com explicações narradas, favorecem a criação de modelos mentais. O uso de *softwares* como *AutoCAD* ou *MATLAB* incorpora elementos visuais e textuais para explicar projetos em tempo real.

IV.2 Princípio da Coerência

Definição: Informações irrelevantes, como gráficos decorativos, sons ou textos que não são diretamente relacionados ao conteúdo, devem ser excluídas para reduzir a sobrecarga cognitiva.

Análise: Esse princípio é importante para evitar o desvio da atenção do que se apresentar. Muitos materiais multimídia adicionam elementos visuais ou auditivos desnecessários, como músicas de fundo ou imagens não relacionadas, que podem confundir os estudantes e reduzir a eficácia do aprendizado.

Exemplo prático: Um vídeo sobre reações químicas que apresenta apenas os passos da reação, com explicações claras e visuais relacionados, será mais eficiente do que um que inclua imagens decorativas ou músicas de fundo irrelevantes.

Relação com o STEAM: Projetos STEAM muitas vezes envolvem informações complexas; por isso, manter o foco no conteúdo relevante é fundamental. Ao ensinar programação em um ambiente como *Scratch* ou *Python*, eliminar gráficos decorativos e sons desnecessários mantém os estudantes focados na lógica do código. Esse princípio assegura que a memória de trabalho seja usada de forma mais eficiente.

IV.3 Princípio da Sinalização

Definição: Elementos visuais ou auditivos, como setas, negritos, cores ou marcadores, devem ser usados para destacar as informações mais importantes do conteúdo.

Análise: Guiar a atenção do estudante para os pontos-chave favorece a seleção e organização das informações, otimizando a construção de modelos mentais.

Exemplo prático: Em um gráfico que explica a relação entre tensão e corrente, usar cores para diferenciar variáveis ou adicionar uma seta para mostrar a direção/sentido do fluxo de energia ajuda os estudantes a identificarem rapidamente os aspectos mais relevantes.

Relação com o STEAM: Em uma abordagem STEAM, como a criação de circuitos eletrônicos, a sinalização pode ser usada para destacar conexões críticas, como a polaridade de componentes. *Softwares* de simulação, como *Tinkercad*, permitem o uso de cores para diferenciar cabos, favorecendo a identificação de erros e clareza no aprendizado prático.

IV.4 Princípio da Redundância

Definição: O aprendizado é prejudicado quando a mesma informação é apresentada simultaneamente em narração, gráficos e texto escrito na tela.

Análise: A redundância sobrecarrega o canal de processamento visual, reduzindo a eficácia do aprendizado. Em vez disso, deve-se combinar áudio com gráficos ou animações para distribuir a carga entre os canais sensoriais.

Exemplo prático: Em uma aula de biologia sobre fotossíntese, usar narração para descrever o ciclo e uma animação para ilustrar as etapas é mais eficaz do que apresentar a mesma descrição como texto na tela.

Relação com o STEAM: Ao ensinar design gráfico com ferramentas como *Blender* ou *Photoshop*, é mais eficaz usar narração para explicar processos enquanto se demonstra as ferramentas na tela, em vez de incluir textos redundantes. Isso otimiza a capacidade cognitiva dos estudantes e melhora o aprendizado ativo em tarefas práticas.

IV.5 Princípio da Contiguidade Espacial

Definição: Elementos relacionados, como textos e imagens, devem ser apresentados próximos uns dos outros para favorecer a integração cognitiva.

Análise: Se as informações estão distantes no espaço, o estudante precisa fazer mais esforço cognitivo para conectar visualmente os elementos, o que pode prejudicar o aprendizado.

Exemplo prático: Em um tutorial de programação, os códigos explicativos devem ser posicionados diretamente ao lado da representação visual ou do bloco de código correspondente.

Relação com o STEAM: Durante um projeto de química, como a construção de modelos moleculares em 3D, as explicações devem estar diretamente associadas às representações visuais das moléculas. Aplicativos como o *ChemDraw* podem posicionar legendas ao lado dos átomos e ligações, permitindo uma conexão imediata entre texto e imagem.

IV.6 Princípio da Contiguidade Temporal

Definição: Elementos relacionados, como palavras e imagens, devem ser apresentados simultaneamente, em vez de sequencialmente, para facilitar a conexão entre eles.

Análise: Quando imagens e narrações não estão sincronizadas, o estudante pode não conseguir integrar as informações de forma eficaz, resultando em confusão e dificuldade de aprendizado.

Exemplo prático: Em uma simulação que descreve o movimento de um pêndulo, em Física, a narração sobre a força gravitacional deve ocorrer ao mesmo tempo que a animação mostra a direção da força.

Relação com o STEAM: Na modelagem de dados em estatística, usar gráficos dinâmicos sincronizados com explicações em áudio ajuda os estudantes a compreenderem como alterações em variáveis impactam os resultados. Por exemplo, ao ensinar correlação e regressão, *softwares* como *Excel* ou *RStudio* podem mostrar gráficos em tempo real enquanto uma explicação verbal ocorre simultaneamente.

IV.7 Princípio da Segmentação

Definição: O conteúdo deve ser dividido em partes menores e manejáveis para favorecer o processamento e a assimilação, tendo o estudante o controle do ritmo da apresentação (botões de velocidade, *play*, *pause* e *próximo*) ao invés de ser apresentado sem a possibilidade de pausar.

Análise: A segmentação respeita as limitações da memória de trabalho de cada sujeito, permitindo que os estudantes processem as informações de maneira mais eficiente e aprofundada antes de avançar.

Exemplo prático: Um curso sobre programação pode ser dividido em módulos que ensinam, primeiro, conceitos básicos como variáveis, antes de avançar para estruturas de controle e, posteriormente, algoritmos mais complexos.

Relação com o STEAM: Ao ensinar robótica, dividir o processo em etapas – como montagem do *hardware*, programação e integração de sensores – permite que os estudantes se concentrem em cada fase antes de avançar. Ferramentas como *Arduino IDE* favorecem a aplicação prática desse princípio ao oferecer feedback modular durante o desenvolvimento de projetos.

IV.8 Princípio do Pré-Treinamento

Definição: Oferecer uma introdução prévia aos conceitos-chave prepara melhor o estudante para entender conteúdos mais complexos.

Análise: O pré-treinamento reduz a carga cognitiva ao fornecer aos estudantes uma base de conhecimento prévio essencial para enfrentar desafios mais avançados.

Exemplo prático: Antes de ensinar sobre algoritmos de aprendizado de máquina, o professor deve oferecer um módulo inicial sobre álgebra linear e estatística descritiva.

Relação com o STEAM: Em um projeto de design de jogos, os estudantes podem primeiro aprender fundamentos de lógica de programação e *design* gráfico antes de criar um protótipo jogável. Plataformas como *Unity* oferecem tutoriais

introdutórios que permitem aos estudantes se familiarizarem com conceitos básicos antes de iniciar projetos mais complexos.

IV.9 Princípio da Modalidade

Definição: O aprendizado melhora quando informações visuais são combinadas com explicações auditivas, em vez de apenas texto escrito.

Análise: Essa combinação utiliza de forma eficiente os canais auditivo e visual, evitando sobrecarga cognitiva no canal visual.

Exemplo prático: Ao ensinar geometria, usar uma narração para descrever as propriedades de figuras geométricas enquanto estas são visualmente destacadas na tela é mais eficaz do que apresentar texto.

Relação com o STEAM: Ao ensinar conceitos de física, como as leis de Newton, usar uma narração que descreve os movimentos de objetos enquanto uma simulação visual os exibe em tempo real é mais eficaz do que apenas incluir texto explicativo. *Softwares* como *PhET Simulations* incorporam esse princípio para ensinar ciências de uma forma mais atraente.

IV.10 Princípio da Personalização

Definição: O uso de linguagem contextualizada e informal, em contexto conhecido do sujeito que aprende, aumenta o engajamento e a motivação dos estudantes.

Análise: Textos ou narrações que adotam um tom amigável ajudam a criar uma experiência de aprendizado mais próxima e motivadora.

Exemplo prático: Um curso de robótica pode usar frases como: "Agora, vamos juntos explorar como este sensor funciona!" em vez de descrições formais, excessivamente técnicas e distantes do contexto do sujeito que aprende.

Relação com o STEAM: Ao introduzir estudantes ao *design* de engenharia, usar uma abordagem conversacional em tutoriais, como "Vamos ver juntos como criar essa peça!", torna a experiência mais próxima e menos intimidadora. Essa personalização é útil em plataformas como *Fusion 360*.

IV.11 Princípio da Voz

Definição: Narrações em vozes humanizadas e naturais são mais eficazes do que vozes robóticas ou sintetizadas.

Análise: A voz humanizada cria uma conexão emocional e aumenta o conforto do estudante durante o aprendizado.

Exemplo prático: Em tutoriais multimídias, uma voz calorosa e entusiasmada pode tornar a experiência mais agradável e cativante.

Relação com o STEAM: Durante apresentações interativas ou vídeos educacionais, vozes naturais mantêm os estudantes engajados. Cursos sobre impressão 3D, por exemplo, têm maior impacto quando a narração é calorosa e acessível, especialmente ao descrever processos técnicos detalhados.

IV. 12 Princípio da Imagem

Definição: A presença da imagem do narrador em materiais multimídia não necessariamente melhora o aprendizado.

Análise: Embora a imagem do instrutor possa criar proximidade, ela pode distrair os estudantes se o foco principal não estiver nos conteúdos de aprendizado.

Exemplo prático: Em um vídeo explicativo sobre biologia, o foco deve estar nos diagramas e animações, enquanto o narrador pode aparecer brevemente para introduzir o tópico

Relação com o STEAM: Em atividades como demonstrações de bioquímica ou experimentos virtuais, o foco deve estar nas reações e nos equipamentos. A imagem do narrador deve ser usada apenas para introduzir ou motivar, evitando que haja perda do foco do conteúdo principal.

IV.13 Princípio da Incorporação

Definição: Em apresentações multimídia narradas onde o professor apresenta alta incorporação e não baixa incorporação.

Análise: Em uma apresentação de *slides* narrada com um instrutor virtual ao lado do *slide*, podemos mudar de uma imagem estática do instrutor virtual na tela (baixa incorporação) para um instrutor virtual na tela que exhibe gestos e voz semelhantes aos humanos, movimentos corporais, expressão facial e olhar fixo ao explicar o *slide* (alta incorporação).

Exemplo prático: Em uma aula sobre o ciclo do carbono um narrador ou um avatar que gesticula ao falar interagindo com os processos envolvidos no ciclo gera um aprendizado mais significativo nos estudantes,

Relação com o STEAM: Um instrutor virtual animado que gesticula e interage dinamicamente com o conteúdo sobre construção de foguetes caseiros facilita a compreensão interdisciplinar dos princípios STEAM, conectando ciência e engenharia de forma mais envolvente.

IV.14 Princípio da Imersão

Definição: Não necessariamente se aprende melhor em um ambiente de realidade virtual imersiva 3D do que uma apresentação em 2D correspondente.

Análise: A realidade virtual imersiva 3D não garante melhor aprendizagem que uma apresentação 2D, alinhando-se à TCAM, que prioriza o design instrucional adequado. A escolha do formato deve considerar o contexto e evitar sobrecarga cognitiva.

Exemplo prático: No estudo das organelas celulares apresentações em 3D têm a mesma eficiência no aprendizado dos estudantes do que as mesmas informações apresentadas em 2D.

Relação com o STEAM: Explorar sistemas solares em um ambiente de realidade virtual ou projetar estruturas em um simulador de realidade aumentada envolve os estudantes diretamente no conteúdo, no entanto os mesmos simuladores em 2D demonstrarão os mesmos resultados.

IV.15 Princípio da Atividade Geradora

Definição: Os estudantes aprendem melhor ao criar algo relacionado ao conteúdo, como resumos, desenhos, mapas conceituais ou projetos.

Análise: Ter alguma atividade que o leve a ação, por exemplo, resumir, mapear, desenhar, imaginar, auto testar, autoexplicar, ensinar ou representar.

Exemplo prático: Em uma aula sobre o transporte de seiva, ao criar seus próprios esquemas e imagens dos processos, os estudantes aprenderão mais do que somente observando a explanação das informações.

Relação com o STEAM: O desenvolvimento de projetos, como protótipos de energia renovável ou jogos interativos, exemplifica esse princípio. Esses desafios incentivam a criatividade e a aplicação prática do conhecimento, consolidando o aprendizado.

Abaixo encontra-se o quadro com a relação das Ferramentas de Design e Programação Multidisciplinar utilizadas para análise de sua relação com o STEAM.

Quadro 01. Ferramentas de Design e Programação Multidisciplinar

Ferramenta	Descrição	Local de Acesso
<i>Autocad</i>	<i>Software</i> tipo CAD (<i>computer aided design</i> ou desenho auxiliado por computador) desenvolvido pela Autodesk desde 1982, utilizado para criar desenhos técnicos em 2D e modelos 3D. Além de desenhos, oferece recursos para visualização em diversos formatos e é amplamente usado em áreas como arquitetura, <i>design</i> de interiores, engenharias (civil, química, mecânica, geográfica, elétrica) e outros setores industriais.	https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1YEAR&tab=subscription
<i>Arduino IDE</i>	É uma plataforma de prototipagem eletrônica programável, com placa única e <i>hardware</i> livre, que permite aos usuários criar objetos eletrônicos interativos e autônomos.	https://www.arduino.cc/en/software
<i>Blender</i>	É um <i>software</i> de código aberto, desenvolvido pela Blender Foundation, que oferece ferramentas para modelagem e escultura digital, texturização, mapeamento UV, rigging, animação, simulações de fluidos e fumaça, renderização, ilustração, composição, rastreamento de movimentos e edição de vídeo.	https://www.blender.org/
<i>ChemDraw</i>	É um <i>software</i> usado para criar, editar e apresentar estruturas químicas, reações e diagramas relacionados à química que permite visualizar compostos químicos em formatos 2D e 3D, calcular propriedades químicas e prever espectros.	https://revvitysignals.com/products/research/chemdraw

<i>Excel</i>	É um <i>software</i> de planilhas eletrônicas desenvolvido pela Microsoft, utilizado para organizar, analisar e visualizar dados. Ele oferece recursos como fórmulas, tabelas dinâmicas, gráficos e ferramentas de análise, sendo ideal para tarefas que vão desde cálculos financeiros e gerenciamento de projetos até análise estatística e relatórios visuais.	https://excel.cloud.microsoft/pt-pt/signin?wdOrigin=MARKETING.EXCEL.SIGNIN
<i>Fusion 360</i>	É um <i>software</i> desenvolvido pela Autodesk que integra design assistido por computador (CAD), fabricação assistida por computador (CAM), engenharia assistida por computador (CAE) e design de placas de circuito impresso (PCB).	www.autodesk.com/produutos/fusion-360/overview
<i>Matlab</i>	É um <i>software</i> interativo de alta performance projetado para cálculos numéricos. Ele combina análise numérica, manipulação de matrizes, processamento de sinais e criação de gráficos em um ambiente intuitivo, permitindo que problemas e soluções sejam representados de forma semelhante à escrita matemática, sem a complexidade da programação tradicional.	https://www.mathworks.com/products/matlab.html
<i>PhET Simulations</i>	É uma plataforma educacional que oferece simulações interativas em áreas como física, química, biologia, matemática e ciências em geral. Desenvolvido pela Universidade do Colorado Boulder, o objetivo é facilitar o aprendizado de conceitos científicos por meio de atividades práticas e dinâmicas.	https://phet.colorado.edu/pt_BR/
<i>Photoshop</i>	É um <i>software</i> de edição de imagens e <i>design</i> gráfico desenvolvido pela Adobe Systems. Ele é utilizado para criar, editar e manipular imagens raster (baseadas em pixels). Oferece uma ampla gama de recursos, incluindo retoque de fotos, criação de gráficos digitais, <i>design</i> de layouts, pintura digital, e efeitos visuais avançados.	www.adobe.com/products/photoshop.html
<i>Python</i>	É uma linguagem de programação de alto nível, versátil e de código aberto, utilizada em diversas áreas da tecnologia. Criada por Guido van Rossum em 1991, ela se destaca por sua sintaxe simples e legível, facilitando o aprendizado e a escrita de códigos.	https://www.python.org/downloads/
<i>RStudio</i>	É um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) projetado para a linguagem de programação R , amplamente usada em estatística, ciência de dados e aprendizado de máquina. Ele oferece uma interface amigável e ferramentas que facilitam a análise de dados, visualização, criação de gráficos, relatórios dinâmicos e desenvolvimento de pacotes.	https://posit.co/download/rstudio-desktop/

<i>Scratch</i>	É uma linguagem de programação visual e gratuita desenvolvida pelo MIT Media Lab para ensinar programação de forma intuitiva e criativa. Voltado principalmente para crianças e iniciantes, utiliza blocos coloridos que podem ser arrastados e encaixados para criar projetos interativos como histórias, jogos e animações.	https://scratch.mit.edu/
<i>Tinkercad</i>	É uma plataforma on-line gratuita desenvolvida pela Autodesk , projetada para modelagem 3D, eletrônica e programação básica. Ela é utilizada para introduzir conceitos de design tridimensional, permitindo que usuários criem modelos 3D de maneira simples e intuitiva, por meio de uma interface baseada em arrastar e soltar.	https://www.tinkercad.com/
<i>Unity</i>	É uma plataforma de desenvolvimento de jogos e experiências interativas, amplamente usada para criar jogos 2D, 3D, realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). Desenvolvido pela Unity Technologies, o <i>software</i> oferece um ambiente robusto que combina ferramentas de <i>design</i> , física, programação e animação, permitindo o desenvolvimento completo de projetos interativos.	https://unity.com/pt

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como os exemplos e discussões acima nos revelam, a integração dos princípios da TCAM propostos por Mayer ao ensino com uma abordagem STEAM mostra-se favorável para otimizar o aprendizado em ambientes interdisciplinares. Cada princípio fornece diretrizes específicas para a criação de materiais e experiências educacionais que respeitam as limitações cognitivas dos estudantes, promovem a construção de conhecimento significativo e incentivam a atividade prática.

Em um contexto com abordagem STEAM, onde ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática se entrelaçam, a aplicação sistemática dos princípios da TCAM pode melhorar tanto a clareza dos conteúdos quanto o engajamento dos estudantes. Por exemplo, o princípio da multimídia assegura que conteúdos técnicos sejam apresentados de maneira acessível e visualmente estimulante, enquanto o princípio da segmentação permite dividir tarefas complexas em etapas gerenciáveis, auxiliando no desenvolvimento de projetos de longo prazo, como a construção de robôs ou a programação de simulações matemáticas.

Além disso, princípios como o da coerência e da sinalização destacam a importância de eliminar distrações e enfatizar elementos-chave em materiais multimídia, aspectos cruciais para manter a atenção em projetos interdisciplinares, onde as demandas cognitivas são altas. Já os princípios da imersão e da atividade geradora colocam os estudantes no centro do processo de aprendizagem, permitindo que eles experimentem conceitos de maneira prática e desenvolvam soluções criativas para problemas do mundo real.

Outro aspecto fundamental é o uso de tecnologias interativas, como laboratórios virtuais, realidade aumentada e *softwares* educacionais, que promovem a aplicação de múltiplos princípios simultaneamente. Essas ferramentas não apenas reforçam o aprendizado, mas também criam um ambiente motivador e inovador, essencial para o sucesso do ensino com uma abordagem STEAM.

Portanto, a combinação da TCAM e STEAM apresenta um caminho promissor para potencializar as práticas pedagógicas em direção a uma educação mais significativa e inclusiva. Contudo, é necessário avançar em pesquisas que avaliem de forma empírica a aplicação integrada desses princípios em diferentes contextos educacionais. Ao mesmo tempo, a formação de professores, que compreendem estas práticas torna-se essencial, para que eles possam planejar e implementar atividades baseadas nos princípios da TCAM, alinhadas aos objetivos da abordagem STEAM e às necessidades específicas do estudante.

Em um mundo cada vez mais pautado por desafios interdisciplinares, a união entre as teorias cognitivas e a abordagem STEAM não apenas fortalece a base educacional dos estudantes, mas também os prepara para se tornarem agentes ativos em suas comunidades/sociedades. A aplicação consciente e planejada desses princípios pode, portanto, transformar profundamente os processos de ensino e de aprendizagem, contribuindo para um futuro educacional mais eficiente e inspirador.

REFERÊNCIAS

- Alessi, S. M., Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for Learning: methods and development* (3ªed). Allyn and Bacon.
- Borges, G. C. A., Lourenço, R. S. P., Brito, S. I. S. L., Paiva, C. L. P., Reis, M. K. S., Maia, D. L. (2022). *A abordagem STEAM e o protagonismo discente na Educação Básica: uma revisão sistemática da literatura*. Anais do congresso brasileiro de informática na Educação.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (4ªed.). Wiley.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Gil, A. C. (2023). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7ª ed.). Editora Atlas.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3ªed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Munhoz, G. V., Gonçalves, S. R. A., & Mello, G. J. (2024). *Protagonismo discente nas práticas STEAM no ensino médio*. *Revista Prática Docente*, 9(e24013).

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.

Ramos, I. J., Tiago, F. C. P., Rosa, R. H. L. (2022). *Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia - TCAM*. Revista LAJSE.

Sweller, J. (1988). *Cognitive load during problem solving: Effects on learning*. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Thees, A., Machado, M. A. D. (2022) *Teorias Cognitivas de Aprendizagem Multimídia (TCAM): uma proposta adaptada para análise de videoaulas*. *Informática na Educação: teoria & prática*, 25, 50-60

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

Yakman, G. (2008). STE@M Education: An overview of creating a model of integrative education. *International Journal of Integrative Education*.