

Projeto e desenvolvimento de uma ferramenta mental baseada em andaimes para salas de aula com aprendizagem gamificada

Revista de Pesquisa em
Computação Educacional
2023, Vol. 61(1) 3-29
© O(s) autor(es) 2022
Diretrizes de reutilização de
artigos:

sagepub.com/journals-permissions DOI:
10.1177/07356331221101081
journals.sagepub.com/home/jec



Yu-Chi Chen, Huei-Tse Hou , e Chang-Hsin Wu

Resumo

Uma ferramenta mental baseada em andaimes foi projetada para permitir que os professores criem facilmente planos de aula para atividades gamificadas em sala de aula e incorporem vários andaimes no projeto do plano de aula. O objetivo deste estudo foi investigar os resultados de aprendizagem de uma ferramenta mental baseada em andaimes integrada a atividades de aprendizagem gamificadas aplicadas a um curso de ciências. O estudo foi realizado para investigar os resultados de aprendizagem, o fluxo e o feedback qualitativo dos alunos sobre a ferramenta mental baseada em andaimes. Um total de 134 alunos do ensino médio participou do experimento. Os resultados mostraram que a atividade gamificada com a ferramenta mental baseada em andaimes melhorou significativamente a eficácia da aprendizagem dos alunos, mas a eficácia da aprendizagem diferiu significativamente da alunos na instrução baseada em palestras. Além disso, o estudo constatou que o fluxo dos alunos era alto e que eles estavam envolvidos na atividade. A análise do feedback qualitativo também revelou avaliações altamente positivas da utilidade da atividade gamificada, da ferramenta mental e dos andaimes. Além disso, os alunos com baixo conhecimento prévio ou baixa eficácia de aprendizagem tiveram um envolvimento ativo significativamente maior no fluxo do que aqueles com alto conhecimento prévio/eficácia de aprendizagem.

Palavras-chave

andaimes, ferramentas mentais, gamificação, eficácia da aprendizagem, fluxo

Universidade Nacional de Ciência e Tecnologia de Taiwan, Taipei, Taiwan

Autor correspondente:

Huei-Tse Hou, Graduate Institute of Applied Science and Technology, National Taiwan University of Science and Technology, #43 Keelung Road, Section 4, Taipei 106, Taiwan.

E-mail hthou@mail.ntust.edu.tw

Introdução

A gamificação é um método de usar elementos de design de jogos em contextos que não são de jogos, como em atividades de negócios e práticas de ensino (Deterding et al., 2011; Seaborn & Fels, 2015). Já o uso da gamificação para o aprendizado é uma estratégia de ensino que incorpora a mecânica de jogos em atividades de aprendizado para envolver os alunos (Kim et al., 2018). Ao aplicar a gamificação no , os professores podem incorporar elementos de jogos em suas aulas, permitindo que os alunos trabalhem em grupos, interajam com cartões e concorram a pontos em tarefas. Os elementos mais frequentemente usados na aprendizagem gamificada são "pontos, emblemas e tabelas de classificação" (Manzano-León et al., 2021). Em estudos anteriores, foi demonstrado que as atividades gamificadas têm um efeito positivo na eficácia da aprendizagem e no nível de participação (Purgina et al., 2020). Por meio do feedback desses três mecanismos, os alunos podem verificar seu status de autoaprendizagem durante o processo, e os professores podem promover a motivação de aprendizagem dos alunos por meio desses mecanismos. (Kim & Castelli, 2021) Laine e Lindberg (2020) sugerem que o feedback sobre a aprendizagem gamificada deve ser imediato e positivo, facilmente acessível aos alunos, responder aos objetivos de instrução e atividade e promover a motivação para a aprendizagem. Ao contrário, um projeto de feedback vago impedirá que os alunos se envolvam nas atividades gamificadas.

As atividades de aprendizagem gamificadas podem ser complementadas com tecnologia para aprimorar o feedback imediato e explícito para os alunos durante as atividades. (Deterding et al., 2011; Chang et al., 2022; Hou & Keng, 2021; Hou, Tang & Fang., no prelo; Wu et al., 2018) Esses feedbacks em tempo real podem ser usados como andaimes para auxiliar o pensamento cognitivo e a aprendizagem dos alunos. O uso de ferramentas tecnológicas para fornecer um andaime multidimensional para auxiliar a gamificação e fornecer feedback claro também é crucial para o sucesso das atividades de ensino gamificadas (Hou & Keng, 2021). Atualmente, embora os professores possam usar ferramentas on-line como o Kahoot ou o Socrative para realizar atividades gamificadas, a maioria dessas ferramentas só oferece testes gamificados. Herna'ndez-Ferna'ndez et al. (2020) sugerem que a tecnologia pode ser usada em sala de aula para a aprendizagem gamificada e que as ferramentas tecnológicas podem ajudar na construção conceitual, na orientação da aprendizagem e na estruturação das atividades. Poucos estudos propuseram ferramentas que permitem aos professores projetar suas próprias atividades de ensino gamificadas em salas de aula (por exemplo, configurar e implementar um sistema de pontos, fluxo de atividades e feedback de andaimes em atividades gamificadas em sala de aula).

Gamificação é a adição de elementos de gamificação a uma sala de aula regular para aumentar o envolvimento dos alunos, enquanto a aprendizagem baseada em jogos é o uso de um jogo educacional no qual os alunos aprendem (Al-Azawi et al., 2016). Ao planejar uma aprendizagem gamificada em uma sala de aula, além de um sistema de pontos para as atividades em sala de aula, jogos educacionais (por exemplo, jogos educacionais digitais ou jogos de tabuleiro educacionais) também podem ser usados para promover a motivação e a riqueza de toda a atividade.

Há diferentes maneiras de apresentar jogos educacionais, incluindo jogos educacionais digitais, que usam computadores ou dispositivos móveis como suportes para videogames para um ou vários jogadores para aprender conhecimentos durante o jogo (Hou et al., no prelo; Tsai & Tsai, 2020; Chou et al., 2021). também jogos de tabuleiro, que são jogados com

cartões físicos, tabuleiros, dados e outros adereços para o aprendizado (Bochennek et al., 2007; Hannafin, Land, & Oliver, 1999).

Além disso, há também aplicativos que integram jogos digitais e de tabuleiro. Por exemplo, Wang et al. (2019) adicionaram códigos QR às cartas do jogo de tabuleiro para que os alunos pudessem escanear os códigos QR nas cartas para acessar informações multimídia durante o jogo de tabuleiro. O aprendizado por meio de jogos é uma forma potencial de aprendizado, mas, mais importante, o design precisa equilibrar os fatores de entretenimento e aprendizado cognitivo no jogo e explorar a correspondência entre cada design e os métodos e estratégias de ensino, o que pode impedir que os alunos se envolvam no jogo, mas o mecanismo do jogo não está vinculado ao aprendizado do conhecimento. (All et al., 2021). Portanto, o mecanismo cognitivo dos jogos projetados com base na teoria cognitiva é crucial para a eficácia dos jogos educacionais e o envolvimento dos alunos (Chou et al., 2021).

Além disso, ao usar atividades gamificadas ou jogos educacionais em sala de aula, precisamos prestar atenção à carga cognitiva dos alunos. Cada elemento do jogo e o conteúdo da tarefa têm um impacto sobre a carga cognitiva dos alunos. Regras ou conteúdo de aprendizagem excessivamente complicados podem causar uma carga cognitiva muito grande para que os alunos aproveitem a atividade ou o jogo e, portanto, podem impedi-los de aprender (Sevcenko et al., 2021). Além disso, o conhecimento prévio dos alunos é outro fator que afeta a carga cognitiva durante o . Quando o conhecimento prévio dos alunos é baixo, eles podem não conseguir concluir a atividade ou o jogo, causando estresse e carga cognitiva excessiva. Portanto, eles podem não conseguir entender a relação entre o conteúdo do jogo e o conhecimento (Yang et al., 2021). Assim, ao projetar o conteúdo da atividade ou do jogo, para evitar a resistência e a rejeição dos alunos às atividades ou aos jogos, os professores devem providenciar o apoio adequado para reduzir o estresse e a carga cognitiva dos alunos (Spieler et al., 2020). Por exemplo, um andaime de procedimento é usado para ajudar os alunos a entender as regras, as etapas e o progresso atual de uma atividade ou jogo.

Espera-se que o uso de ferramentas mentais em sala de aula resolva esses problemas de ensino em sala de aula. As ferramentas mentais computadorizadas podem ajudar os alunos a resumir o conhecimento, construir redes entre conceitos, visualizar conhecimentos abstratos ou difíceis e orientar os alunos no aprendizado colaborativo (Jonassen & Carr, 2000). As ferramentas mentais podem ser úteis para a aprendizagem de várias maneiras, como auxiliar os alunos na construção de mapas conceituais, criar notas de aprendizagem e como uma ferramenta de avaliação formativa que permite aos professores coletar dados dos alunos e aprimorar a instrução, orientar o processo de aprendizagem e servir como provedores de andaimes (Spector et al., 2013), exemplo, fornecendo andaimes cognitivos para auxiliar os alunos no pensamento cognitivo e andaimes processuais para auxiliar os alunos a entender os procedimentos e as regras das atividades gamificadas.

As ferramentas mentais não apenas facilitam o pensamento cognitivo dos alunos, mas também reduzem a quantidade de processamento de informações e a carga cognitiva, permitindo que os alunos tenham mais recursos cognitivos para resolver problemas e aprender (Reusser, 1993; Moreno & Mayer, 2007; Hou et al., 2020). As ferramentas mentais podem ser fornecidas pelo instrutor com materiais instrucionais e andaimes adequados para ajudar os alunos a desenvolver habilidades de resolução de problemas e pensamento cognitivo de nível superior (Hou et al., 2020; Lin et al,

2020). O fornecimento de andaimes ajuda os alunos a interagir com os colegas e com orientação cognitiva durante o jogo (Hou & Keng, 2021).

No entanto, é praticamente difícil para a maioria dos professores projetar ferramentas mentais para atividades de ensino em sala de aula modificadas. Projetar essas ferramentas mentais requer habilidades de programação para desenvolver aplicativos e conhecimento educacional para vincular sistemas a teorias de aprendizagem (Fracaro et al., 2021). No desenvolvimento de ferramentas mentais, a programação com ferramentas e módulos existentes é uma tarefa desafiadora (Aurava et al., 2021).

Atualmente, existem poucas ferramentas que permitem que os professores criem suas próprias atividades de ensino gamificadas em salas de aula (por exemplo, permitindo que os professores definam o sistema de pontos, configurações de andaimes, avaliações formativas em tempo real e feedback em tempo real em atividades gamificadas). Portanto, este estudo tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de criação "Mind Tool for Gamified Learning (MTGL)". Essa ferramenta inclui um editor para que os professores criem atividades de gamificação. O editor se baseia em mecanismos de gamificação e princípios cognitivos (por exemplo, teoria da gamificação, andaimes etc.) na esperança de que os professores possam usar o módulo para projetar suas atividades gamificadas. Essa ferramenta integra o sistema de pontos e os jogos de mesa existentes preparados pelo professor, além de fornecer um andaime cognitivo on-line.

O MTGL foi revisado a partir da versão piloto, Computer Support Collaborative Learning Tool for Educational Board Games (CSCLBG) (Chen & Hou, 2020). No estudo piloto, o pesquisador integrou um jogo de tabuleiro educacional publicado com a ferramenta mental piloto para reduzir a carga cognitiva, fornecendo aos alunos andaimes e explicações complementares por meio da assistência da ferramenta mental enquanto jogavam o jogo de tabuleiro. Os resultados do estudo indicaram que os alunos tiveram certa experiência de aceitação positiva da tecnologia e estado de fluxo. Neste estudo, ampliamos a função do módulo de modo que ele não se limita ao uso de jogos de tabuleiro, mas também pode ser usado para atividades gamificadas em sala de aula, e agora tem mais conexões com os princípios de gamificação e design cognitivo. Em seguida, realizamos uma avaliação empírica da atividade de aprendizagem gamificada. Além disso, o MTGL pode ser usado pelos professores para realizar atividades de ensino e aprendizagem gamificadas em sala de aula para uma variedade de , independentemente do assunto ou do nível de ensino (inclusive aprendizagem ao longo da vida), a fim de ajudar a aprimorar a eficácia da aprendizagem dos alunos e aumentar o envolvimento com a aprendizagem.

Revisão da literatura

Aprendizagem gamificada e aprendizagem baseada em jogos

A gamificação na aprendizagem em sala de aula refere-se à adição de elementos de gamificação (por exemplo, pontos, placares de líderes, etc.) à sala de aula em geral para aumentar a participação dos alunos, enquanto a aprendizagem baseada em jogos é o uso de jogos educacionais para permitir que os alunos aprendam por meio de jogos (Al-Azawi et al., 2016). Esses dois conceitos são diferentes e, ao projetar a aprendizagem baseada em jogos nas salas de aula, além do sistema de pontos, os jogos educacionais também podem ser usados como parte da atividade, integrando a gamificação e os jogos educacionais para promover a motivação e o enriquecimento de toda a atividade.

Na pesquisa relacionada a jogos educacionais, Tsai e Tsai (2020) destacam que, ao usar jogos em sala de aula, é importante integrar mecanismos com teorias de aprendizagem no design, e que um bom design de mecanismo não só deve ser integrado à psicologia educacional, mas também deve evitar impor carga cognitiva excessiva aos alunos, o que pode ser contraproducente. A chave para os jogos educacionais é projetar o mecanismo cognitivo do mecanismo do jogo para atingir os objetivos de aprendizagem com andaimes (Chou et al., 2021). Em um estudo realizado por Sanina et al. (2020), também foi sugerido que os jogos em atividades de sala de aula podem ajudar os alunos a transferir e pensar sobre o conhecimento. Na prática, um número crescente de professores está usando jogos que são mais fáceis de implementar do que os jogos digitais para integrar na sala de aula, como jogos de tabuleiro, que podem ter o efeito de promover a eficácia da aprendizagem, o fluxo e a resolução de problemas imprimindo cartões e placas de papel (Bochennek et al., 2007; Hannafin et al., 1999).

A gamificação refere-se ao uso de elementos de jogos em ambientes que não são de jogos para aumentar a motivação dos participantes (Deterding et al., 2011). Em um estudo de revisão realizado por Huotari e Hamari (2017), a gamificação serve como uma ponte de comunicação entre provedores de serviços e usuários e pode orientar os usuários a concluir tarefas da vida real por meio de elementos de jogos, como o uso de mecanismos de pontos por prêmios para motivar os usuários a gastar com mais frequência e aumentar a satisfação. Em aplicativos corporativos, a gamificação também tem sido usada para promover a melhoria do desempenho de marketing. Além disso, no treinamento de mão de obra, a gamificação tem sido usada para aumentar o prazer do aprendizado e a retenção de conhecimento (Thomas et al., 2022). Isso mostra que a gamificação tem um grande potencial para motivar a participação e o treinamento de conhecimento. A aplicação da gamificação às atividades de ensino e aprendizagem no campo da educação é chamada de atividades de aprendizagem gamificadas, e o mecanismo da gamificação pode ser usado para aumentar a participação e a eficácia da aprendizagem. A introdução de pontos, emblemas e quadros de líderes na sala de aula para aumentar o envolvimento com a aprendizagem tornou-se uma tendência no ensino e na aprendizagem gamificados (Lister, 2015). Zainuddin, Shujahat e Perera (2020) analisaram as tendências da aprendizagem gamificada de 2016 a 2019, e todos eles preferem usar pontos, emblemas e placares de líderes para aumentar o envolvimento com a aprendizagem, e alguns estudos adicionaram mais ferramentas digitais, como Kahoot, Quizizz, etc., e tentaram adicionar mais elementos de jogos ao estudo. No estudo de Wang, Wu e Hou (2019), a aprendizagem gamificada foi combinada com uma apresentação de slides no computador, e códigos QR foram impressos nos cartões. Os códigos QR nos cartões podem ser escaneados e vinculados a recursos externos da Web, que podem ser usados como andaimes. Portanto, a integração da gamificação e dos jogos de cartas pode ser importante na construção de ferramentas e ambientes para o ensino gamificado em sala de aula.

Na aprendizagem gamificada, o uso da tecnologia digital pode fornecer recursos adicionais de multimídia, cálculos simulados e a capacidade de registrar o comportamento e as discussões dos alunos. As ações e discussões dos alunos podem ser registradas em aplicativos e jogos e posteriormente analisadas com dados de vídeo, áudio ou ações (Prahara et al., 2021). Em uma atividade em sala de aula em que são usados apenas cartões e pratos de papel, o registro e a avaliação dinâmica das pontuações de desempenho dos alunos requerem observação no local pelo professor.

professor ou gravação e compilação de vídeo (Tsai, Liu e Chang, 2021), o que é difícil para o professor comum. Nem todo professor tem a capacidade de incorporar ferramentas tecnológicas em atividades de ensino gamificadas. Este estudo tem como objetivo desenvolver uma ferramenta digital que possa integrar mecanismos de pontos gamificados com jogos de tabuleiro educacionais, e a ferramenta pode fornecer andaimes digitais e organizar e registrar o processo de aprendizagem. Espera-se que a ferramenta resolva o problema da aprendizagem gamificada dos professores em sala de aula. Os professores podem gamificar suas salas de aula usando uma ferramenta mental com recursos de edição.

Ferramentas mentais baseadas em andaimes

As ferramentas mentais computadorizadas podem ajudar os alunos a resumir o conhecimento, construir conceitos e orientá-los no aprendizado colaborativo (Jonassen & Carr, 2000). As ferramentas mentais podem ajudar sistematicamente os alunos a processar informações ou visualizar informações abstratas para apoiar o aprendizado dos alunos. Os alunos podem usar ferramentas mentais para verificar seu estado atual de aprendizagem e podem aplicar parte de seu pensamento cognitivo para se concentrar no conhecimento que estão aprendendo no momento (Pakdaman-Savoji et al., 2019).

Além disso, de acordo com a teoria dos andaimes e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD) proposta por Vygotsky (1978), os professores podem avaliar a lacuna entre as habilidades atuais dos alunos e as metas de aprendizagem para fornecer vários auxílios ao ensinar, e a tarefa do professor é projetar os andaimes para orientar a aprendizagem do conhecimento dos alunos (Brown et al., 2003). De acordo com Lin et al. (2020), as ferramentas mentais podem ajudar os alunos a aprender servindo como andaimes cognitivos e, aproveitando a Internet, as ferramentas mentais têm o potencial de visualizar dados, automonitorar o progresso do aprendizado e fornecer andaimes para atividades gamificadas. No passado, houve estudos sobre a aplicação da aprendizagem gamificada em salas de aula, mas há poucos estudos sobre a aplicação da aprendizagem gamificada em salas de aula com ferramentas mentais como andaimes. O uso de ferramentas mentais para fornecer andaimes para auxiliar o ensino gamificado é um estudo inovador que vale a pena explorar e é útil para o campo da gamificação.

Portanto, este estudo tem como objetivo projetar um editor de ferramenta mental que possa ser usado pelos professores para a sala de aula gamificada. A ferramenta mental deve ser projetada de forma que os professores possam editar os andaimes cognitivos fornecidos aos alunos para facilitar o pensamento cognitivo e fornecer feedback imediato aos alunos. Com base no protótipo CSCLBG (Chen & Hou, 2020), este estudo desenvolveu um editor de atividades de ensino gamificado, o Mind Tool for Gamified Learning (MTGL). A estrutura conceitual do MTGL é mostrada na Figura 1. Conforme mostrado na figura, em um contexto de sala de aula gamificada, os professores podem incorporar mecanismos de gamificação (por exemplo, sistema de pontos) nas atividades de aprendizagem e também podem usar jogos educacionais (por exemplo, jogos de cartas) como parte das atividades de ensino para promover a aprendizagem gamificada de alta motivação. Usando o sistema de pontos fornecido pelo MTGL, os professores podem facilmente editar e criar suas próprias regras para atividades gamificadas e sistema/mecanismo de pontos para atividades agrupadas na interface do sistema. Os professores também podem usar o MTGL para configurar vários andaimes (por exemplo, um andaime cognitivo que fornece dicas ou feedback de aprendizagem multimídia para os alunos recuperarem ou navegarem, e um andaime processual que os lembra das regras e do progresso das atividades do jogo). Na aprendizagem gamificada

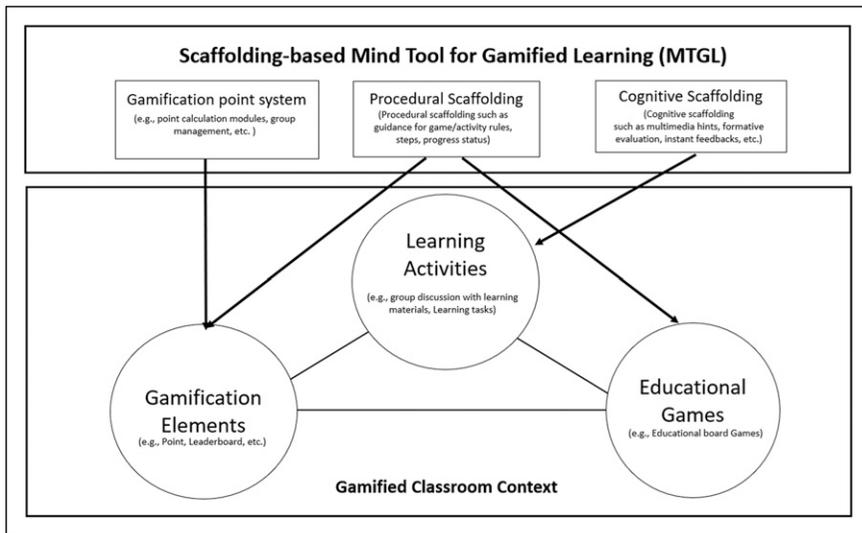


Figura 1. Estrutura conceitual da Mind Tool for Gamified Learning (MTGL) baseada em andaimes.

os professores podem usar o MTGL para atividades de ensino, os alunos podem usar o aplicativo MTGL em dispositivos móveis para atividades de aprendizagem, os professores podem usar o MTGL para distribuir ou contar pontos automaticamente, fornecer várias formas de apoio e monitorar e controlar o progresso das atividades gamificadas a qualquer momento durante as atividades para promover a eficácia e a motivação da aprendizagem dos alunos.

Perguntas de pesquisa

Pesquisas anteriores indicaram que a eficácia da aprendizagem, o envolvimento com a atividade e a satisfação do aluno com o mecanismo da atividade são as dimensões para avaliar a eficácia das atividades gamificadas ao realizar atividades de aprendizagem gamificadas assistidas por tecnologia (Purgina et al., 2020). Portanto, o objetivo deste estudo foi projetar o MTGL para promover a eficácia das atividades gamificadas em uma sala de aula de ciências.

Este estudo examinou a eficácia da aprendizagem e usou o fluxo como um indicador para avaliar o envolvimento dos alunos nas atividades de aprendizagem. O fluxo foi introduzido por Csikszentmihalyi (1990) e se refere a um estado mental em que a pessoa está totalmente imersa na atividade e apresenta um alto nível de concentração enquanto participa dela. O fluxo também é um fator importante na análise do envolvimento do aluno na pesquisa de aprendizagem gamificada (Zainuddin, Shujahat, & Perera, 2020). Por fim, um feedback qualitativo aberto foi coletado dos alunos neste estudo para entender as percepções dos alunos

sobre a instrução gamificada e o suporte de andaime fornecido pelo MTGL. Este estudo levantou a hipótese de que os alunos alcançariam melhorias significativas nos resultados de aprendizagem durante as atividades gamificadas com o MTGL. Este estudo também

A hipótese era de que os alunos teriam um alto nível de fluxo durante as atividades gamificadas e teriam um feedback positivo sobre o suporte de andaimes fornecido pelo MTGL.

As perguntas de pesquisa para este estudo são as seguintes:

1. Qual é o desempenho da aprendizagem dos alunos na atividade gamificada usando o MTGL?
2. Qual é o fluxo dos alunos na atividade gamificada usando o MTGL?
3. Qual é o feedback dos alunos sobre a ferramenta mental e o suporte de andaimes na atividade gamificada usando o MTGL?

A ferramenta mental para a aprendizagem gamificada

A Mind Tool for Gamified Learning (MTGL) é um sistema baseado na Web que inclui dois módulos principais, um módulo final para o aluno e um módulo final para o professor, com submódulos adicionais abaixo.

Módulo do aluno

O *módulo do aluno* do MTGL pode ser dividido em vários submódulos diferentes, ou seja, o módulo de informações do jogo, o módulo de navegação de andaimes de mídia, o módulo de consulta de andaimes e o módulo de carregamento de resultados de aprendizagem (Figura 2). Cada projeto de módulo tem um projeto de andaime correspondente (Tabela 1).

O *módulo de informações do jogo* contém informações sobre o jogo, como objetivos do jogo, regras do jogo (etapas) e pontos. Esse módulo foi projetado para reduzir a carga cognitiva na memória dos alunos para entender as regras complexas do jogo (Sevcenko et al., 2021). O módulo de informações do jogo também inclui uma exibição em tempo real dos pontos atuais dos alunos, de modo que os alunos possam autoavaliar seu desempenho de aprendizagem e refletir sobre seus pontos (Kim & Castelli, 2021). Este estudo fez referência aos andaimes usados em sala de aula por Hou e Keng (2021), incluindo andaimes cognitivos e de colegas, que foram apresentados como andaimes cognitivos no MTGL e andaimes de colegas na interação entre colegas durante a aprendizagem colaborativa em sala de aula. A Tabela 1 apresenta o design dos andaimes cognitivos no MTGL.

O *módulo de navegação do andaime de mídia* apresenta o conteúdo da tarefa atual, bem como informações multimídia, com botões para visualizar imagens instrutivas, vídeos ou páginas da Web incorporadas. Esse design permite que as ferramentas mentais sirvam como guias de aprendizagem e que a multimídia apresente conceitos abstratos ou complexos como andaimes cognitivos (Moreno e Mayer, 2007).

O *módulo de consulta de andaimes* permite que os professores criem um banco de dados de andaimes com antecedência usando a interface de edição, permitindo que os alunos pesquisem dados fornecidos pelo professor mecanismo de pesquisa integrado como andaimes cognitivos, reduzindo a carga cognitiva de identificar/filtrar resultados de pesquisa em pesquisas gerais na Internet (Gwizdka, 2010). Esse módulo foi projetado para permitir que os alunos pesquisem apenas dados de aprendizagem selecionados pelo professor

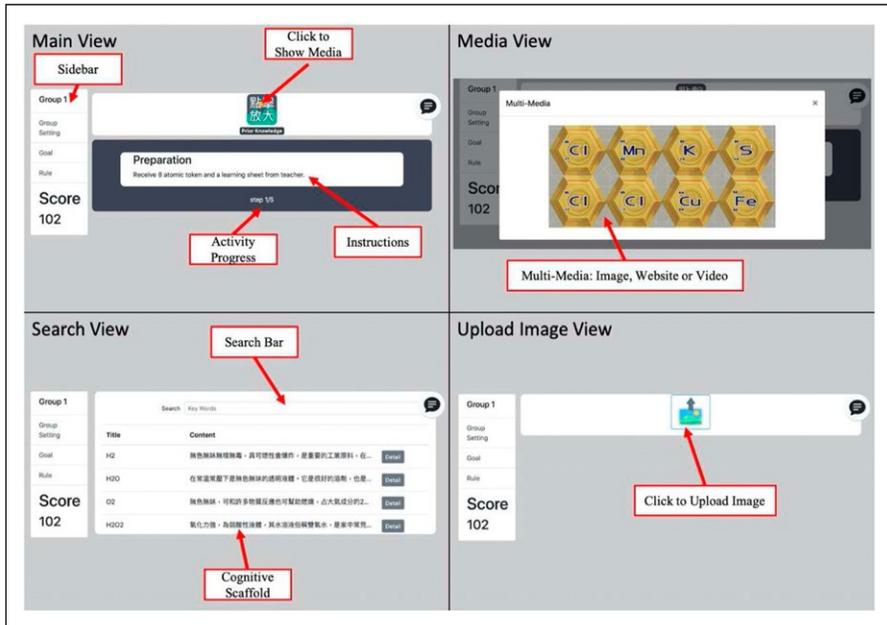


Figura 2. Interfaces dos submódulos do MTGL no módulo do aluno.

e, portanto, evita informações irrelevantes (por exemplo, anúncios), reduzindo assim a carga cognitiva.

O *módulo de upload de resultados de aprendizagem* oferece um canal para interação em tempo real entre alunos e professores no processo de aprendizagem. Os professores podem fornecer feedback de reforço aos alunos com base em seus resultados/estados carregados da atividade. Esse design aprimora a eficiência da avaliação formativa e a orientação em tempo real dos professores nas atividades gamificadas em sala de aula.

Módulo do professor

A criação de ferramentas mentais para facilitar as atividades em sala de aula é uma tarefa difícil para os professores (Aurava et al., 2021); portanto, este estudo projetou um editor de atividades para que os professores não precisem se sobrecarregar com programações complicadas e só precisem se concentrar no projeto das atividades gamificadas. A operação do editor segue a ordem de "*Definição das informações básicas*", "*Definição do módulo de informações do jogo*" e "*Definição das etapas da atividade de ensino*", conforme mostrado na Figura 3.

Primeiro, o professor inseriu o nome atividade gamificada, o número de grupos e decidiu se todo o processo da atividade gamificada deveria ser controlado pelo professor ou pelos grupos. No caso do controle do professor, o progresso do jogo será o mesmo para todos os grupos. No caso do controle do grupo, o progresso de todos os grupos é

Tabela 1. Scaffolds fornecidos pelos submódulos no MTGL.

Sub-módulos	Assistência de andaimes correspondente
Módulo de informações sobre o jogo e as regras do jogo	Fornecimento de estruturas de procedimento para orientar as etapas e atividades gamificadas para reduzir a carga cognitiva na memória dos alunos e a compreensão das regras complexas do jogo. Além disso, os pontos atuais dos alunos são exibidos em tempo real, de modo que eles possam autoavaliar seu desempenho no aprendizado e refletir sobre ele
Módulo de navegação de andaimes de mídia	Os conceitos abstratos são apresentados em imagens e vídeos como andaimes cognitivos para ajudar os alunos no processo de aprendizagem e reduzir a carga cognitiva intrínseca, ou como andaimes processuais para apresentar as etapas operacionais do conteúdo baseado em habilidades
Módulo de consulta de andaimes	O banco de dados de andaimes criado pelo professor permite que os alunos usem o mecanismo de busca integrado no MTGL para pesquisar conteúdo especificado como andaime cognitivo. O mecanismo de busca incorporado reduz a carga cognitiva dos alunos na determinação da relevância dos resultados da busca para o conteúdo do conhecimento em comparação com a busca na Internet.
Resultados de aprendizado para upload do módulo	Os alunos podem fazer upload de suas experiências e resultados de aprendizagem, como cartões, quadros e folhas de aprendizagem das atividades físicas gamificadas para o sistema, o que permite que os professores forneçam apoio cognitivo em tempo real enquanto os alunos estão construindo conhecimento, reduzindo assim a carga cognitiva do processo de aprendizagem

independente. Se o grupo concluir o progresso da tarefa da etapa, ele poderá ir diretamente para a próxima etapa sem esperar por outros grupos. Em seguida, o professor pode definir os objetivos do jogo e as instruções para as regras do jogo.

Cada etapa pode ser usada escolhendo-se um dos três submódulos: *o módulo de navegação de andaimes de mídia, o módulo de consulta de andaimes e o módulo de upload de resultados de aprendizagem*. Ao usar *o módulo de consulta de andaimes*, os professores precisam criar dados de andaimes e adicionar conteúdo de andaimes no banco de dados para os alunos pesquisarem.

Depois que a atividade de ensino gamificada é projetada, os professores podem exportar o código QR da atividade para que os alunos façam a leitura com seus próprios dispositivos e entrem no jogo. Durante o jogo, os professores podem monitorar e gerenciar o progresso da aprendizagem, os pontos e os resultados da aprendizagem de cada grupo em tempo real (Figura 4). Com base nos resultados do monitoramento, o professor pode inserir o número de pontos para aumentar os pontos do jogo para cada grupo e fornecer feedback em tempo real, consultando as imagens dos resultados de aprendizagem retornadas pelos alunos.

Atividade de aprendizagem gamificada

A atividade gamificada usada neste estudo foi projetada usando o MTGL e as cartas do jogo de tabuleiro educacional, "*Chemistry Story*" (Hou et al., 2016). Os objetivos de aprendizagem são

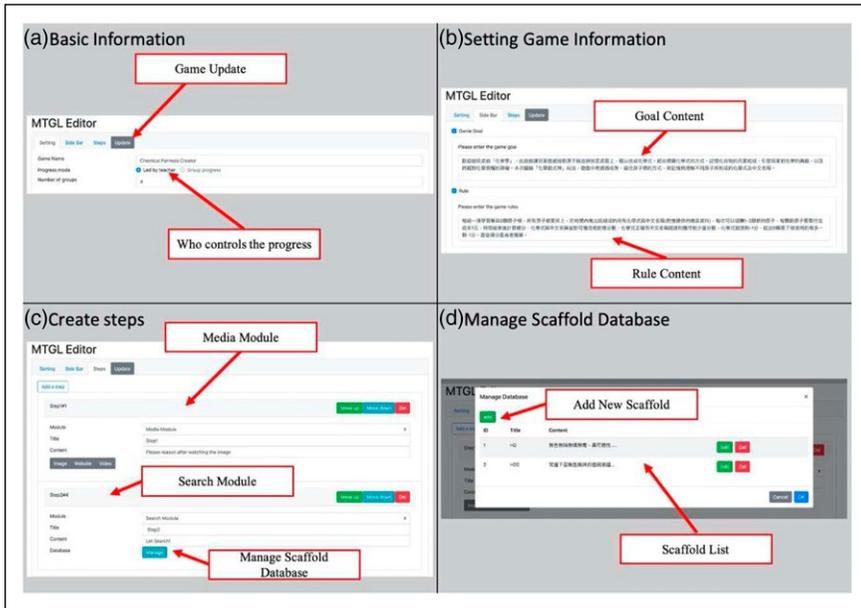


Figura 3. Editor de atividades de ensino.

aprender sobre os elementos que compõem as substâncias químicas, as fórmulas químicas e os nomes chineses correspondentes de cada substância química. Acrescentar um enredo a uma atividade gamificada pode aumentar a motivação dos alunos para aprender (Tsai, 2018). Portanto, este estudo fornece um contexto de tarefa para a atividade gamificada: os alunos assumem o papel de assistente de um cientista de alto nível e ajudam a compilar informações sobre as fórmulas químicas de várias substâncias químicas básicas para ajudar o cientista a realizar experimentos para evitar a extinção humana em um momento em que a humanidade está à beira da extinção.

A atividade foi dividida em várias etapas (Tabela 2). No início da atividade gamificada, os alunos primeiro navegaram por todos os compostos comuns da unidade de aprendizagem por 30 segundos no "Media Scaffold Browsing Module" (módulo de navegação do andaime de mídia) para revisar seu conhecimento prévio. Em seguida, os alunos receberam oito blocos de elementos químicos com folhas de aprendizado, cada um com o símbolo de um elemento químico escrito. Ao mesmo tempo, cada grupo de alunos recebeu uma folha de aprendizagem para registrar o processo de jogo e os resultados. Em seguida, os alunos tiveram 5 minutos para usar esses blocos para montar o maior número possível de substâncias químicas diferentes e registrar os compostos na folha (Figura 5). Os diferentes compostos receberam um número diferente de pontos. Durante o processo de montagem, os alunos podiam pedir ao professor mais blocos de elementos para montar. Cada vez que pediam um novo bloco de elemento, os pontos eram deduzidos, de modo que os alunos tinham de pensar em como montar o maior número de compostos com o menor número de blocos de elementos. Em seguida, durante 3 minutos, o professor ativou o Scaffold Query Module do MTGL, que os alunos puderam usar para encontrar e identificar compostos que eles

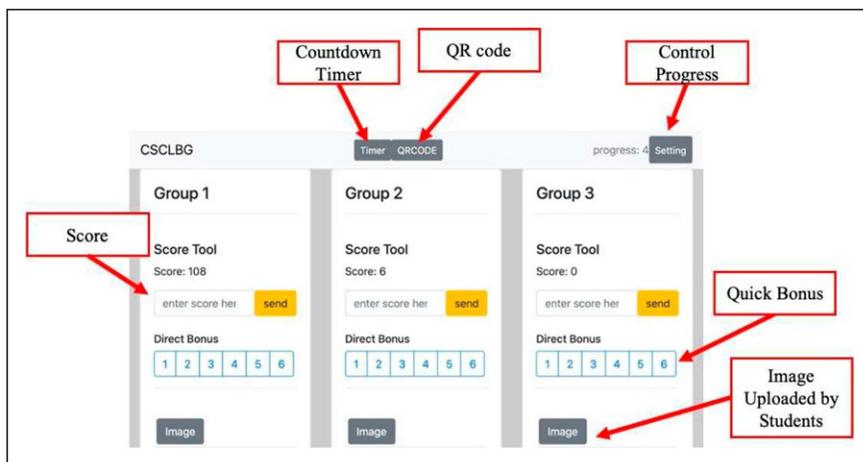


Figura 4. Interface de monitoramento de atividades de ensino.

tinham certeza. Por fim, os alunos usaram o *Módulo de Upload de Resultados de Aprendizagem* para fazer upload de fotos do bloco que montaram na mesa e registraram informações da planilha de aprendizagem para que o professor calculasse os pontos e fornecesse mais feedback sobre a aula.

Método

Participantes

Os participantes deste estudo foram 134 do ensino médio no norte de Taiwan, com idades entre 16 e 17 anos, incluindo 74 homens e 60 mulheres. Todos os participantes já haviam feito o mesmo curso de química básica e preencheram um formulário de consentimento informado. Duas turmas foram selecionadas como grupo experimental e duas turmas foram selecionadas como grupo de controle, e os alunos do grupo experimental foram divididos em pequenos grupos de dois a três alunos para a atividade gamificada. O número total de alunos no grupo experimental foi de 69 e o número total de alunos no grupo de controle foi de 65. Após a dedução dos dados daqueles que não participaram de todo o curso ou não completaram as respostas, havia 52 dados válidos para o grupo experimental e 60 para o grupo de controle.

Projeto de pesquisa

Este estudo usou um projeto de pesquisa quase experimental com dois grupos: um grupo experimental e um grupo de controle. O grupo experimental aprendeu química por meio da atividade gamificada com o MTGL. O grupo de controle aprendeu química por meio de uma

Tabela 2. Etapas atividade gamificada.

		Duração do tempo	Módulo MTGL	Auxílios à aprendizagem
Revisão de conhecimento	Fornecer andaimes	30 segundos	<i>Mídia</i> <i>navegação de andaimes módulo</i>	Revisar o conhecimento prévio por meio de uma leitura rápida dos andaimes
Obter blocos de elementos				
Montagem de blocos	Não andaimes	5 minutos		Facilite o aprendizado juntando blocos e preenchendo folhas de aprendizado
	Fornecer andaimes	3 minutos	<i>Consulta sobre andaimes módulo</i>	Aprendizagem por meio de busca de informações de andaimes no banco de dados
Comparar respostas e feedback	Fornecer andaimes		<i>Aprendizagem Módulo de upload de resultados</i>	Tire uma foto dos blocos na mesa e das folhas de estudo preenchidas e faça o upload da foto para ganhar pontos e receber feedback do professor

abordagem de palestra geral. Ambos os grupos receberam um pré e pós-teste de conhecimento de química. Além desse teste de conhecimento de química, os participantes do grupo experimental foram solicitados a preencher uma escala de fluxo para a atividade gamificada. Além disso, este estudo também realizou um exame qualitativo além avaliação experimental, e os participantes do grupo experimental foram solicitados a responder a um questionário aberto para coletar o feedback dos alunos sobre o andaime e a ferramenta mental.

Ferramentas de pesquisa

Além da ferramenta MTGL, os instrumentos de pesquisa usados neste estudo também incluíram o Teste de Desempenho de Aprendizagem, a Escala de Fluxo e o Questionário de Feedback Qualitativo.

1. Teste de desempenho de aprendizado de química: Um professor de química desenvolveu esse teste, que consiste na fórmula química listada na pergunta e na resposta dos alunos com o nome científico correspondente. Foi feito um total de 20 perguntas, como: "Escreva o nome científico de H_2O_2 " (a resposta é: peróxido de hidrogênio). Cada questão vale 1,5 ponto, em um total de 30 pontos.

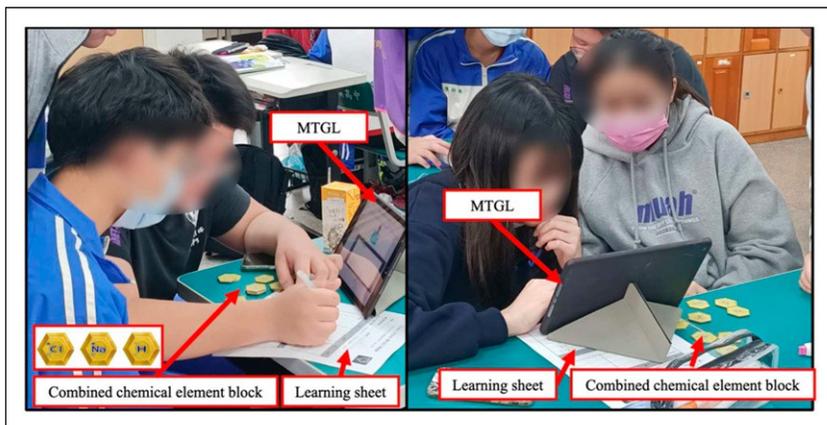


Figura 5. Os alunos participam da atividade gamificada.

2. Escala de fluxo: O questionário de fluxo para este estudo foi desenvolvido por [Kiili \(2006\)](#). Essa escala foi desenvolvida especificamente para atividades de aprendizagem que utilizam jogos e foi traduzida para o chinês por [Hou e Chou \(2014\)](#). Esse questionário foi usado em muitos outros estudos relacionados à aprendizagem gamificada ou a jogos educacionais no passado e tem um alto grau de consistência interna (por exemplo, [Hou, 2015](#); [Wang et al., 2019](#)). Esse questionário consiste em duas dimensões principais: *antecedentes de fluxo* e *experiências fluxo*. *Os antecedentes do fluxo* referem-se ao fato de a atividade ter um design que promove o fluxo, como metas claras e feedback. *A experiência de fluxo* refere-se ao grau de envolvimento do participante na atividade de aprendizagem. A escala de fluxo é uma escala Likert de 5 pontos com 22 perguntas. A confiabilidade geral deste estudo foi de 0,856 (Alfa de Cronbach = 0,856).
3. Questionário de feedback qualitativo: Neste estudo, três perguntas abertas foram feitas para investigar o feedback dos alunos sobre o design do mecanismo da ferramenta e da atividade (incluindo a utilidade do andaime e a avaliação em tempo real dos resultados de aprendizagem carregados etc.), como "Você achou que o módulo de pesquisa de dados fornecido pela ferramenta nesta atividade foi útil para concluir as tarefas? Por quê?"

Processo experimental

A proposta geral do procedimento experimental foi revisada e aprovada pela organização de ética em pesquisa da National Chengchi University (número: NCCU-REC-201.812-E091). No dia do experimento, foi solicitado a todos os participantes que preenchessem um pré-teste do *Chemistry Learning Achievement Test*. Em seguida, o professor explicou a atividade de ensino, seguida pelas atividades de aprendizagem (grupo experimental: atividade gamificada com MTGL, grupo de controle: aula tradicional) e, por fim, todos os participantes preencheram o pós-teste do teste de desempenho de aprendizagem de química e o

Os alunos do grupo experimental também foram solicitados a preencher a *escala de fluxo* e a *questionário de feedback qualitativo*.

Resultados e discussão

Conquistas de aprendizagem

Este estudo aplicou a ANCOVA para examinar as diferenças no desempenho de aprendizagem entre os grupos experimental e de controle, usando o pré-teste de desempenho de aprendizagem como variável de covariável. A interação entre o rendimento de aprendizagem dos grupos experimental e de controle foi considerada insignificante com base no teste de homogeneidade ($F = .332, p = .566$), tornando-a adequada para a análise de covariáveis. A análise não revelou diferenças significativas entre os grupos experimental e de controle no pós-teste da eficácia da aprendizagem ($F = 0,796, p = 0,374$) (conforme mostrado na [Tabela 3](#)).

Foram realizados testes *t* pareados para determinar a diferença entre o pré-teste e o pós-teste, e descobrimos que houve uma diferença significativa entre o desempenho de aprendizagem no pré-teste e no pós-teste para o grupo experimental ($t = -2,385, p < .001$) e também para o grupo de controle ($t = -2,100, p < .001$) (conforme mostrado na [Tabela 4](#)).

O conteúdo de conhecimento escolhido para este estudo foi que os alunos aprendessem a composição de fórmulas químicas e seus nomes científicos correspondentes, o que se enquadra na compreensão e memorização básicas do domínio cognitivo de Bloom ([Anderson et al., 2001](#)). A aplicação de ferramentas mentais pode ter o potencial de ajudar os alunos a avançar seu aprendizado para o domínio cognitivo superior ([Hou et al., 2020](#)). No entanto, o conteúdo de conhecimento dos módulos de aprendizagem e os testes de aproveitamento de aprendizagem deste estudo foram todos sobre memorização e compreensão de conhecimentos gerais, e as ferramentas mentais apenas forneceram uma escala cognitiva mais orientada para a memorização/compreensão de conhecimentos; portanto, embora possa ter sido útil para o aproveitamento de aprendizagem (conforme indicado pelo resultado do teste *t* pareado), não poderia levar a um melhor aproveitamento de aprendizagem do que as aulas expositivas (conforme indicado pelo resultado da ANCOVA).

Fluxo

Conforme mostrado na [Tabela 5](#), as pontuações gerais de fluxo dos participantes em todas as dimensões foram superiores a 3 (a mediana da escala de 5 pontos). Uma análise de *teste t de uma amostra da média da escala geral de fluxo* ($M = 3,6, SD = 0,4$) em relação à mediana (ou seja, 3) mostrou que os

Tabela 3. Análise ANCOVA dos resultados de aprendizagem.

Grupo	<i>N</i>	Média	Padrão	Média ajustada	Erro padrão	<i>F</i>
Grupo experimental ($n=52$)	52	12.58	4.758	11.453	.347	.796
Grupo de controle ($n=60$)	60	10.05	4.890	11.024	.323	

Tabela 4. Testes *t* pareados para resultados de aprendizagem dos dois grupos.

	Média	DP	Teste <i>t</i> pareado		
			<i>t</i>	DP	<i>p</i>
Grupo experimental (<i>n</i> =52)					
Pré-teste	10.19	4.17	-2.385	2.48	.000*
Pós-teste	12.58	4.75			
Grupo de controle (<i>n</i> =60)					
Pré-teste	7.95	4.67	-2.100	2.45	.000*
Pós-teste	10.5	4.89			

**p*< .05.

Tabela 5. A média e o desvio padrão da pontuação do estado de fluxo.

Dimensões da vazão	M	SD
Antecedentes de fluxo	3.66	.41
Desafio	3.68	.52
Objetivo claro	3.77	.56
Feedback	3.59	.56
Controle	3.72	.72
Jogabilidade	3.52	.51
Indicadores de experiência de fluxo	3.56	.46
Concentração	3.52	.56
Distorção de tempo	3.72	.85
Experiência autotélica	3.73	.62
Perda da autoconsciência	3.13	.75
Média geral do fluxo	3.60	.40

A média geral de fluxo foi significativamente maior do que a mediana ($t=0,62, p=.000<.01$). Isso indica que a atividade gamificada combinada com o auxílio da ferramenta mental baseada em andaimes MTGL resultou em maior envolvimento dos alunos no fluxo. Pesquisas anteriores também descobriram que a colaboração em grupo combinada com atividades de gamificação ajuda os alunos a se envolverem mais e também melhora o resultado da aprendizagem por estarem mais envolvidos nas atividades de gamificação (Wang et al., 2020). A gamificação pode ajudar os alunos a interagir uns com os outros (Manzano-León et al., 2021), e adicionar um contexto de história à gamificação também pode melhorar o fluxo, pois um design de gamificação com um contexto de história pode deixar os alunos motivados pela novidade e, portanto, eles têm um desempenho melhor em termos de fluxo (Han et al., 2021). O MTGL fornece um mecanismo para que os professores conduzam uma sala de aula de gamificação colaborativa com tarefas de contexto de história e, na análise preliminar deste estudo, verificou-se que os alunos apresentaram maior fluxo.

Diferenças no fluxo entre alunos com alto e baixo conhecimento prévio/eficácia da aprendizagem

Para analisar as diferenças no fluxo entre alunos com alto e baixo conhecimento prévio/eficácia de aprendizagem, os alunos foram divididos em grupos altos e baixos de acordo com suas pontuações no pré-teste e pós-teste. No agrupamento do pré-teste (conhecimento prévio), os grupos alto e baixo foram os 27% de alunos com as melhores e as piores pontuações, respectivamente. No agrupamento do pós-teste (eficácia da aprendizagem), os grupos alto e baixo foram os 27% dos alunos com as melhores e os 27% dos alunos com as piores pontuações; a diferença no desempenho do fluxo entre os dois grupos é mostrada na Tabela 6. Os resultados mostraram que as pontuações de *experiência autotélica* dos grupos com pontuação baixa em ambos os conhecimentos prévios/eficácia da aprendizagem foram significativamente mais altas do que as dos grupos com pontuação alta. *Experiência autotélica* significa que a atividade em si oferece conteúdo atraente para os participantes, como experiências agradáveis e metas envolventes (Fong et al., 2015) e, no caso de Leyton-Roma' n et al. (2020), observou-se que a experiência autotélica estava relacionada à participação dos alunos no curso, a presença de discussões em grupo e o desempenho dos alunos no curso. Os resultados mostram que a participação ativa dos alunos com baixo rendimento neste estudo foi significativamente maior atividades de ensino, o que também indica, até certo ponto, que o nível de engajamento ativo dos com baixo pode ser significativamente maior do que o dos alunos com alto rendimento, mesmo quando o fluxo geral dos alunos é alto.

Além disso, Li et al. (2021) mostraram que ter objetivos claros estava relacionado à concentração na atividade, e os alunos com pontuações mais altas de objetivos claros estavam mais envolvidos na atividade. Neste estudo, os alunos do grupo de baixa eficácia de aprendizagem estavam mais envolvidos e se sentiam mais claros sobre o jogo e suas metas de aprendizagem durante o processo de aprendizagem. De modo geral, o design da atividade deste estudo, com a integração do mecanismo do jogo e do mecanismo de andaimes usando a ferramenta MTGL, pode ter um efeito positivo sobre o envolvimento na aprendizagem dos alunos com baixa pontuação.

Feedback qualitativo

O questionário qualitativo incluiu três perguntas abertas para investigar a utilidade das ferramentas mentais e da mecânica do jogo na atividade. Entre elas, para a Q1, "Você achou que a pesquisa de dados fornecida pelo tablet nesta atividade foi útil para concluir as tarefas? Por quê?", o item é sobre a utilidade das consultas de andaimes, para as quais 86% dos alunos responderam que os dados de andaimes fornecidos pelo *módulo de consulta de andaimes* no MTGL foram úteis para que eles as tarefas de aprendizado. Os alunos também identificaram alguns dos motivos pelos quais o *módulo de consulta de andaimes* foi útil para o aprendizado. Além da conveniência, eles concordaram que poderiam revisar ou aumentar a motivação com o conteúdo recuperado. A busca on-line de informações é uma forma importante de os alunos modernos obterem informações, além de ser uma maneira familiar e conveniente de obterem as informações de que precisam (Xu et al., 2021). No processo de busca de informações, os alunos podem aprender novos conhecimentos, recordar ou revisar o conhecimento prévio e corrigir o conhecimento errôneo filtrando os resultados da pesquisa (Ö zdemir & Clark, 2007). Com base nos comentários dos alunos sobre

Tabela 6. Diferenças no fluxo entre alunos com alto e baixo conhecimento prévio e alunos com alto e baixo rendimento de aprendizagem.

	Conhecimento prévio						Realização do aprendizado					
	Grupo com pontuação alta (n=17)		Grupo de baixa pontuação (n=17)		t	p	Grupo com pontuação alta (n=18)		Grupo de baixa pontuação (n=17)		t	p
	M	SD	M	SD			M	SD	M	SD		
Antecedentes de fluxo	3.63	.417	3.78	.380	.860	.287	3.54	.451	3.81	.387	.454	.068
Desafio	3.82	.557	3.55	.463	.292	.142	3.75	.600	3.58	.507	.241	.397
Objetivo claro	3.67	.584	4.02	.449	.084	.057	3.63	.563	4.11	.485	.487	.011*
Feedback	3.47	.413	3.82	.727	.068	.092	3.41	.428	3.76	.664	.177	.073
Controle	3.75	.771	3.91	.775	.659	.564	3.57	.708	3.91	.814	.222	.202
Jogabilidade	3.47	.598	3.61	.376	.350	.398	3.36	.637	3.70	.435	.181	.072
Experiência de fluxo	3.54	.453	3.58	.401	.714	.768	3.44	.424	3.64	.445	.615	.188
Concentração	3.69	.541	3.54	.581	.624	.451	3.52	.499	3.57	.571	.336	.802
Distorção de tempo	3.97	.874	3.46	.906	.730	.110	3.77	.894	3.52	.973	.932	.433
Experiência autotética	3.42	.557	3.95	.553	.596	.009*	3.43	.541	4.00	.678	.184	.010*
Perda da autoconsciência	3.05	.681	3.05	.768	.789	1.000	3.00	.341	3.20	.791	.582	.403
Fluir tudo	3.58	.381	3.67	.346	.950	.470	3.49	.388	3.72	.386	.690	.088

*p < .05.

Tabela 7. Estatísticas de resposta do Q1 (feedback sobre a utilidade da consulta de andaimes).

	Vezes (%)
Isso ajuda?	
Útil	45 (86.5%)
Passável (não ruim)	3 (5.8%)
Não é útil	4 (7.7%)
Motivos (compilados a partir do feedback dos alunos) (preenchimento opcional)	
Fornecer consulta de informações	15
Como conteúdo de aprendizagem	16
Revisar o conhecimento prévio	6
Estratégia de ensaio para novos conhecimentos	3
O tempo para as consultas de andaimes é muito curto	2
Tecnologia para conveniência	4
Aumentar a motivação para aprender	2

Tabela 8. Estatísticas de resposta Q2 (feedback sobre a utilidade do mecanismo de upload de fotos para o aprendizado).

	Horários
Isso ajuda?	
Útil	37 (71.2%)
Passável (não ruim)	3 (5.8%)
Não é útil	8 (15.4%)
Sem opinião	4 (7.7%)
Motivos (compilados a partir do feedback dos alunos) (preenchimento opcional)	
Aprofundar a impressão de conhecimento	11
Sinta a novidade	3
Obtenha rapidamente a explicação	7

De acordo com os dados qualitativos, o *módulo de consulta de andaimes* é um sinal de aprendizagem útil e fácil de usar. No entanto, dois alunos mencionaram que o tempo dado para a pesquisa de andaimes foi muito curto, portanto, sugere-se que seja dado mais tempo aos alunos para pesquisar o banco de dados de andaimes ao implementar atividades futuras (Tabela 7).

Para a Q2, "Você achou o uso do método de envio de fotos útil para revisar os conceitos e aprofundar sua impressão? Por quê?", o item é sobre a utilidade do mecanismo de upload de fotos para o aprendizado. Os resultados são mostrados na Tabela 8. O estudo de Butzlaff et al. (2018) sugere que o aprendizado insatisfatório dos alunos provavelmente se deve a

Tabela 9. Estatísticas de resposta Q3 (feedback sobre a utilidade da atividade em termos de motivação e eficácia do aprendizado).

	Horários
Isso ajuda?	
Útil	32 (61.5%)
Passável (não ruim)	9 (17.3%)
Não é útil (prefere a abordagem tradicional)	5 (9.6%)
Sem opinião	6 (11.5%)
Motivos (compilados a partir do feedback dos alunos) (preenchimento opcional)	
O procedimento da atividade não era claro	2

causada pela falta de reflexão sobre o que aprenderam após o aprendizado. O estudo de [Hussain \(2021\)](#) observou que a apresentação dos resultados da aprendizagem pelos alunos em sala de aula facilitou sua participação nas atividades do curso e beneficiou sua aprendizagem. O feedback imediato recebido dos professores aumenta o entusiasmo dos alunos em participar da aula e os incentiva a rever seu desempenho e começar a pensar em como responder a perguntas semelhantes na próxima vez. Neste estudo, o módulo de upload de resultados de aprendizagem do MTGL com feedback imediato do professor foi mais eficiente do que as folhas de aprendizagem em papel enviadas pelos alunos e corrigidas pelo professor, e poderia ser usado como uma avaliação formativa para orientar os alunos a verificar novamente suas respostas e refletir sobre elas após o feedback eficiente do professor.

Para a Q3, "Você gostaria de aprender mais com essa atividade gamificada em comparação com aula de química em estilo de palestra geral? Você aprendeu mais?", o item é sobre a utilidade da atividade em termos de motivação e eficácia do aprendizado. Os resultados dessa pergunta são mostrados na [Tabela 9](#). No total, 60% dos alunos acharam que essa atividade promoveu sua motivação para aprender. [Hursen e Bas \(2019\)](#) sugerem que o uso de elementos de gamificação no aprendizado de ciências pode promover a motivação dos alunos. Entretanto, dois alunos mencionaram que os procedimentos da atividade não foram apresentados de forma muito clara. [Gerjets \(2021\)](#) destacou que a implementação do ensino deve tentar reduzir a carga cognitiva trazida pelas regras e procedimentos do jogo e, portanto, este estudo usou *módulos de informações do jogo* para ajudar a apresentar os procedimentos de ensino de gamificação. No futuro, deve-se dar mais atenção à promoção da rápida compreensão dos procedimentos do jogo pelos alunos para evitar o impacto negativo na aprendizagem.

Conclusões e sugestões

Conclusão

O objetivo deste estudo foi projetar o MTGL, uma ferramenta mental baseada em andaimes para apoiar o projeto de atividades gamificadas em sala de aula. Este estudo combina ferramentas mentais e andaimes para facilitar o ensino gamificado. Esse tema deve ser útil para a pesquisa teórica no campo da gamificação e também pode ser aplicado diretamente à prática do ensino gamificado.

Em relação à pergunta de pesquisa 1, os resultados deste estudo mostraram que as atividades gamificadas criadas com a combinação do MTGL foram capazes de promover a aprendizagem dos alunos. As atividades de aprendizagem gamificadas com o MTGL, juntamente com o suporte cognitivo e a avaliação formativa fornecidos pela ferramenta, ajudam a aumentar a eficácia da aprendizagem e confirmam o fato de que a gamificação com dispositivos móveis é um método de ensino promissor.

(por exemplo, [Purgina et al., 2020](#)). Além disso, a atividade gamificada não diferiu significativamente da eficácia da aprendizagem do ensino tradicional baseado em palestras.

Para a pergunta de pesquisa 2, a pontuação geral do fluxo da atividade gamificada do MTGL com o mecanismo de pontos de acumulação foi significativamente maior do que a mediana, indicando que os alunos estavam empenhados em concluir as tarefas gamificadas juntos. Além disso, pesquisas anteriores que incorporaram contextos projetados no mecanismo de gamificação descobriram que essa era uma forma eficaz de aumentar o fluxo ([Han et al., 2021](#)). As atividades de ensino gamificadas neste estudo também incluíam um pano de fundo contextual, o que pode ter ajudado os alunos a se envolverem mais com as atividades até certo ponto.

Em relação à pergunta de pesquisa 3, sobre a utilidade da atividade de aprendizagem gamificada combinada com o MTGL, o feedback dos alunos indicou que o mecanismo de estruturação do MTGL foi eficaz em termos de apoio à aprendizagem, mas alguns alunos também disseram que a descrição dos procedimentos do jogo não estava suficientemente clara e que alguns dos módulos poderiam ser mais eficazes se fossem aprimorados. Pesquisas futuras poderiam aprimorar as funções auxiliares do andaime processual do MTGL.

Em geral, ensinar com tecnologia e integrar a construção de conceitos, a orientação da aprendizagem e o fornecimento de andaimes é uma das tendências do ensino e da aprendizagem gamificados ([Hernández-Fernández et al., 2020](#)). O software de gamificação atual oferece poucas ferramentas mentais que permitem que os professores criem suas próprias atividades de ensino gamificadas completas em sala de aula (por exemplo, mecanismos de pontuação, configurações de andaimes, avaliações formativas em tempo real e feedback em tempo real), especialmente ferramentas que fornecem andaimes cognitivos e processuais. Este estudo desenvolveu o MTGL, uma ferramenta mental baseada em andaimes para a sala de aula gamificada, e descobriu que ele pode contribuir positivamente para a gamificação da aprendizagem, promovendo a eficácia da aprendizagem e um alto nível de fluxo de alunos. Além disso, também é recomendável desenvolver mais ferramentas mentais com funções de edição (por exemplo, o MTGL neste estudo) para ajudar os professores a criar facilmente atividades de ensino gamificadas baseadas em andaimes.

Limitações e sugestões

Como o conteúdo de conhecimento deste estudo incluiu apenas conhecimento científico no nível de memória e compreensão, os resultados deste estudo não podem ser extrapolados para o ensino em diferentes áreas temáticas ou para tarefas de aprendizagem em diferentes níveis cognitivos. Para pesquisas futuras, ao projetar atividades gamificadas, sugere-se o uso de mais tipos de mecanismos de gamificação (por exemplo, emblemas, níveis e tabelas de classificação) para explorar sua eficácia além do sistema de pontos (por exemplo, [Manzano-León et al., 2021](#)). Além disso, tarefas que exigem níveis mais altos de pensamento cognitivo (por exemplo, aplicação, análise ou avaliação) podem ser escolhidas para o conteúdo de ensino, o que deve ser mais eficaz em termos de promoção de habilidades de pensamento de nível superior com ferramentas mentais (por exemplo, [Hou et al., 2020](#)). Além disso, neste estudo, apenas questionários qualitativos foram usados para investigar a motivação dos alunos para realizar as atividades de aprendizagem. Em estudos futuros, recomenda-se investigar melhor as relações entre fluxo, motivação, ansiedade e emoção dos alunos usando métodos quantitativos e explorar profundamente a aprendizagem dos alunos. experiências e padrões de comportamento (por exemplo, [Hou, 2012; 2015](#)).

Declaração de interesses conflitantes

O(s) autor(es) declarou(aram) não haver conflitos de interesse em potencial com relação à pesquisa, autoria e/ou publicação deste artigo.

Financiamento

O(s) autor(es) divulgou(aram) o recebimento do seguinte apoio financeiro para a pesquisa, autoria e/ou publicação deste artigo: Esta pesquisa foi apoiada pelos projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, sob o número de contrato MOST -108-2511-H-011 -003 -MY3 e MOST- 110-2511-H-011 -004 -MY3.

ORCID iD

Huei-Tse Hou  <https://orcid.org/0000-0003-1783-8830>

Referências

- Al-Azawi, R., Al-Faliti, F., & Al-Blushi, M. (2016). Gamificação educacional vs. aprendizagem baseada em jogos: Comparative study. *Revista Internacional de Inovação, Gestão e Tecnologia*, 7(4), 132-136.
- All, A., Castellar, E. N. P., & Van Looy, J. (2021). Avaliação da eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais: Reflections on Study Design. *Computers & Education*, 167(1), 104160. doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104160
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives (Uma revisão da taxonomia de Bloom dos objetivos educacionais)*. Longman.

- Aurava, R., Meriläinen, M., Kankainen, V., & Stenros, J. (2021). Game jams na educação formal geral. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 28(1), 100274. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100274>
- Bochennek, K., Wittekindt, B., Zimmermann, S. Y., & Klingebiel, T. (2007). More than mere games: a review of card and board games for medical education (Mais do que meros jogos: uma revisão dos jogos de cartas e de tabuleiro para a educação médica). *Medical Teacher*, 29(9-10), 941-948. <https://doi.org/10.1080/01421590701749813>
- Brown, J. S., Heath, C., & Pea, R. (2003). *A teoria educacional de Vygotsky no contexto cultural*. Cambridge University Press.
- Butzlaff, A., Gayle, D., & Kelley, C. O. L. (2018). Autoavaliação do aluno após as exonerações de enfermagem: That's a wrap. *Nurse Educator*, 43(4), 187-190. <https://doi.org/10.1097/nne.0000000000000534>
- Chen, Y.C., & Hou, H. T. (2020 November). *Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta de aprendizagem colaborativa apoiada por computador para atividades de ensino usando jogos de tabuleiro educacionais* [apresentação de artigo]. Na Conferência Internacional sobre Computadores na Educação (ICCE2020), Conferência Virtual Online.
- Chou, Y. S., Hou, H. T., Chang, K. E., & Su, C. L. (2021) *Designing a cognitive-based game mechanism for mobile educational games to promote cognitive thinking: Uma análise do fluxo estado e padrões comportamentais de aprendizagem baseados em jogos*. Ambiente interativo de aprendizagem.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience (Fluxo: A psicologia da experiência ideal)*. Harper. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, setembro). From game design elements para a jogabilidade: definindo "gamificação". Em Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments (pp. 9-15).
- Fong, C. J., Zaleski, D. J., & Leach, J. K. (2015). O equilíbrio entre desafio e habilidade e os antecedentes do fluxo: A meta-analytic investigation. *The Journal of Positive Psychology*, 10(5), 425-446. <https://doi.org/10.1080/17439760.2014.967799>
- Fracaro, S. G., Chan, P., Gallagher, T., Tehreem, Y., Toyoda, R., Bernaerts, K., Glassey, J., Pfeiffer, T., Slof, B., Wachsmuth, S., & Wilk, M. (2021). Rumo a diretrizes de design para treinamento em realidade virtual para o setor químico. *Education for Chemical Engineers*, 36(1), 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.014>
- Gwizdzka, J. (2010). Distribution of cognitive load in web search (Distribuição da carga cognitiva na pesquisa na Web). *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(11), 2167-2187. <https://doi.org/10.1002/asi.21385>
- Han, L., Cao, Q., Xie, T., Chen, X., Liu, Y., & Bai, J. (2021). Explorando a experiência de alunos de graduação em enfermagem no uso do modo de ensino de gamificação com base na teoria do fluxo na pesquisa em enfermagem: Um estudo qualitativo. *Nurse Education Today*, 107(1), 105158. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105158>
- Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models (Fundamentos, métodos e modelos). *Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*, 2(1), 115-140.
- Hernández-Fernández, A., Olmedo-Torre, N., & Peña, M. (2020). Is classroom gamification opposed to performance? *Sustainability*, 12(23), 9958. <https://doi.org/10.3390/su12239958>
- Hou, H.-T. (2012). Explorando os padrões de comportamento dos alunos em um jogo de RPG on-line massivo e múltiplo (MMORPG) educacional. *Computers & Education*, 58(4), 1225-1233. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.015>

- Hou, H. T., & Li, M. C. (2014). Evaluating multiple aspects of a digital educational problem-solving-based adventure game. *Computers in Human Behavior*, 30, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.052>
- Hou, H. T. (2015). Integração de análise sequencial e de cluster para explorar o fluxo e os padrões comportamentais dos alunos em um jogo de simulação com contexto de aprendizagem situada para cursos de ciências: uma exploração de processo baseada em vídeo. *Computers in Human Behavior*, 48, 424-435. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.010>
- Hou, H. T., Fang, Y.-S., & Tang, J. T. (no prelo). Projetando um jogo de tabuleiro de realidade alternativa com realidade aumentada e andaimes multidimensionais para promover a habilidade espacial e lógica. *Interactive Learning Environments (Ambientes interativos de aprendizagem)*.
- Hou, H. T., Fang, Y. S., & Tang, J. T. (2016) *Projetando um jogo de tabuleiro de realidade alternativa com realidade aumentada e andaimes multidimensionais para promover a habilidade espacial e lógica*. Interactive Learning Environment. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1961810>
- Hou, H. T., & Keng, S. H. (2021). Uma estrutura de dupla andaimagem integrando andaimes de pares e andaimes cognitivos para um jogo de tabuleiro educacional baseado em realidade aumentada: uma análise do estado de fluxo coletivo dos alunos e padrões de comportamento de aprendizagem colaborativa. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 547-573. <https://doi.org/10.1177/0735633120969409>
- Hou, H. T., Yu, T. F., Chiang, F. D., Lin, Y. H., Chang, K. E., & Kuo, C. C. (2020). Desenvolvimento e avaliação de blogs baseados em ferramentas mentais para promover o pensamento cognitivo de ordem superior dos alunos em discussões on-line: Uma análise dos efeitos da aprendizagem e do processo cognitivo. *Journal of Educational Computing Research*, 58(2), 343-363. <https://doi.org/10.1177/0735633119830735>
- Huotari, K., & Hamari, J. (2017). A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature (Uma definição para gamificação: ancorando a gamificação na literatura de marketing de serviços). *Electronic Markets*, 27(1), 21-31. <https://doi.org/10.1007/s12525-015-0212-z>
- Hursen, C., & Bas, C. (2019). Uso de aplicativos de gamificação no ensino de ciências. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(1).4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i01.8894>
- Hussain, A. (2021). Implementação do envio de tarefas on-line com feedback instantâneo em um curso de farmácia. *Pharmacy Education*, 21(1), 45-50. <https://doi.org/10.46542/pe.2021.211.4550>
- Jonassen, D. H., & Carr, C. S. (2000). Mindtools: Affording multiple knowledge representations for learning. *Computers As Cognitive Tools*, 2(1), 165-196. <https://doi.org/10.1201/9781315045337-8>
- Kim, J., & Castelli, D. M. (2021). Efeitos da gamificação na mudança de comportamento na educação: A Meta-Analysis. *Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública*, 18(7), 3550 <https://doi.org/10.3390/ijerph18073550>
- Kim, S., Song, K., Lockee, B., & Burton, J. (2018). O que é gamificação na aprendizagem e educação? Em *Gamification in learning and education* (pp. 25-38). Springer.
- Kiili, K. (2006). Avaliações de um modelo de jogo experimental. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2(2), 187-201. <http://dx.doi.org/10.17011/ht/urn.2006518>

- Laine, T. H., & Lindberg, R. S. (2020). Projetando jogos envolventes para a educação: uma revisão sistemática da literatura sobre motivadores de jogos e princípios de design. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 804-821. <https://doi.org/10.1109/tlt.2020.3018503>
- Leyton-Roma'n, M., Gu'lu-Carrera, M., Coto-Cañamero, A., & Jime'nez-Castuera, R. (2020). Variáveis motivacionais para prever a experiência autotélica e o prazer dos alunos. Análise em função do ambiente e da prática esportiva. *Sustainability*, 12(6), 2352. <https://doi.org/10.3390/su12062352>
- Li, R., Meng, Z., Tian, M., Zhang, Z., & Xiao, W. (2021). Modelling Chinese EFL learners' flow experiences in digital game-based vocabulary learning: the roles of learner and contextual factors. *Computer Assisted Language Learning*, 34(4), 483-505. <https://doi.org/10.1080/09588221.2019.1619585>
- Lin, P. C., Hou, H. T., & Chang, K. E. (no prelo). O desenvolvimento de um ambiente colaborativo de resolução de problemas que integra uma ferramenta mental de andaimes e aprendizagem baseada em simulação: uma análise do desempenho dos alunos e seu processo cognitivo na discussão. *Interactive Learning Environments*, <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1719163>
- Lister, M. (2015). Gamificação: The effect on student motivation and performance at the secondary level. *Issues and Trends in Educational Technology*, 3(2), 1. https://doi.org/10.2458/azu_itet_v3i2_liste
- Manzano-León, A., Camacho-Lazarraga, P., Guerrero, M. A., Guerrero-Puerta, L., Aguilar-Parra, J. M., & Trigueros, R. (2021). Between level up and game over: a systematic literature review of gamification in education. *Sustainability*, 13(4), 2247. <https://doi.org/10.3390/su13042247>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Ambientes interativos de aprendizagem multimodal. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309-326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- O'zdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories (Uma visão geral das teorias de mudança conceitual). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(4), 351-361.
- Pakdamani-Savoji, A., Nesbit, J., & Gajdamaschko, N. (2019). A conceitualização de ferramentas cognitivas em aprendizagem e tecnologia: A review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(2), 2019. <https://doi.org/10.14742/ajet.4704>
- Praharaj, S., Scheffel, M., Schmitz, M., Specht, M., & Drachsler, H. (2021). Rumo à análise de colaboração automática para dados de fala em grupo usando a análise de aprendizado. *Sensors*, 21(9), 3156. <https://doi.org/10.3390/s21093156>
- Purgina, M., Mozgovoy, M., & Blake, J. (2020). WordBricks: Tecnologia móvel e formalismo de gramática visual para gamificação da aquisição de gramática de linguagem natural. *Journal of Educational Computing Research*, 58(1), 126-159. <https://doi.org/10.1177/0735633119833010>
- Reusser, K. (1993). Sistemas de tutoria e teoria pedagógica: Representational tools for an understanding, planning, and reflection in problem solving (Ferramentas de representação para compreensão, planejamento e reflexão na solução de problemas). *Computers As Cognitive Tools (Computadores como ferramentas cognitivas)*, 1(1), 143-177.
- Sanina, A., Kutergina, E., & Balashov, A. (2020). A abordagem cocriativa dos jogos de simulação digital no ensino de ciências sociais. *Computers & Education*, 149(1), 103813. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103813>
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamificação em teoria e ação: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74(1), 14-31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>

- Sevcenko, N., Ninaus, M., Wortha, F., Moeller, K., & Gerjets, P. (2021). Medindo a carga cognitiva usando métricas no jogo de um jogo de simulação sério. *Frontiers in Psychology*, 12, Artigo 572437. <https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2021.572437>
- Sophie Chang, C.-H., Kuo, C.-C., Hou, H.-T., & Ying Koe, J. J. (2022). Projeto e avaliação de um curso de ciências de gamificação de andaimes multissensoriais com tecnologia móvel para alunos com cegueira total. *Computers in Human Behavior*, 128, 107085. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107085>
- Spector, J. M., Lockee, B. B., Smaldino, S. E., & Herring, M. C. (2013). *Learning, problem solving, and mindtools (Aprendizagem, resolução de problemas e ferramentas mentais)*. Routledge.
- Spieler, B., Pfaff, N., & Slany, W. (2020, junho). Reduzindo a carga cognitiva por meio do efeito de exemplo trabalhado em um ambiente de jogo sério. Em 2020, 6ª Conferência Internacional de a Rede de Pesquisa de Aprendizagem Imersiva (iLRN) (pp. 1-8). IEEE.
- Thomas, N. J., Baral, R., & Crocco, O. S. (2022). *Gamification for HRD: Systematic review and future research directions*. Human Resource Development Review.
- Tsai, F. H. (2018). O desenvolvimento e a avaliação de um ambiente de investigação científica simulado por computador usando elementos gamificados. *Journal of Educational Computing Research*, 56(1), 3-22, <https://doi.org/10.1177/0735633117705646>
- Tsai, J.-C., Liu, S.-Y., Chang, C.-Y., & Chen, S.-Y. (2021). Usando um jogo de tabuleiro para ensinar sobre desenvolvimento sustentável. *Sustainability*, 13(9), 4942. <https://doi.org/10.3390/su13094942>
- Tsai, Y. L., & Tsai, C. C. (2020). A meta-analysis of research on digital game-based science learning (Uma meta-análise da pesquisa sobre aprendizagem de ciências baseada em jogos digitais). *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3), 280-294, <https://doi.org/10.1111/jcal.12430>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society (Mente na sociedade)*. (M. Cole, S. Cribner, V. John-Steiner, & E. Souberman, Eds.) Harvard University Press.
- Wang, S. M., Chen, Y. C., Hou, H. T., Hsu, H. Y., & Li, C. T. (2020). Explorando os efeitos da atividade instrucional de gamificação baseada em jogos de cartas na experiência de fluxo dos alunos, na ansiedade de aprendizagem e no desempenho - um estudo preliminar. Na ICCE 2020-28ª Conferência Internacional sobre Computadores na Educação (Vol. 2, pp. 190-198).
- Wang, S., Wu, C., & Hou, H. T. (2019). Integrando elementos amplos de jogos, discussão colaborativa e tecnologia móvel a uma atividade instrucional de gamificação - um caso de curso de química no ensino médio. *International Journal of Learning Technologies and Learning Environments*, 2(2), 11-20. <https://doi.org/10.52731/ijtle.v2.i2.478>
- Wu, C. H., Chen, C. C., Wang, S. M., & Hou, H. T. (2018, julho) O design e a avaliação de uma atividade de ensino de gamificação usando jogo de tabuleiro e código QR para estrutura química orgânica e aprendizagem de grupos funcionais. Em 2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI) (pp. 938-939). IEEE.
- Xu, L., Tolmochava, T., & Zhou, X. (2021). Search history visualization for collaborative web searching. *Big Data Research*, 23(1), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2020.100180>
- Yang, X., Rahimi, S., Shute, V., Kuba, R., Smith, G., & Alonso-Ferna'ndez, C. (2021). A relação entre conhecimento prévio, acesso a suportes de aprendizagem, resultados de aprendizagem e

desempenho de jogos em jogos educacionais. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 1055-1075, <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09974-7>

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). O impacto da gamificação no aprendizado e na instrução: Uma revisão sistemática de evidências empíricas. *Educational Research Review*, 30(1), 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>

Biografias de autores

Huei-Tse Hou é professor ilustre do Instituto de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicadas da Universidade Nacional de Ciência e Tecnologia de Taiwan, Taiwan. Ele também é diretor do Grupo de Desenvolvimento de Mini-Jogos Educacionais no Centro de Pesquisa de Reaprendizagem em E-learning da Universidade Nacional de Ciência e Tecnologia de Taiwan (NTUST MEG). Seu interesse de pesquisa se concentra em gamificação, análise de padrões comportamentais e sistemas de aprendizagem baseados em jogos.

Yu-Chi Chen é estudante de doutorado em Ciência e Tecnologia Aplicadas na Universidade Nacional de Ciência e Tecnologia de Taiwan, Taiwan. Seus interesses específicos de pesquisa incluem aprendizagem baseada em jogos e ferramentas mentais educacionais.

Chang-Hsin Wu é estudante de doutorado em Ciência e Tecnologia Aplicadas na Universidade Nacional de Ciência e Tecnologia de Taiwan, Taiwan. Seus interesses específicos de pesquisa incluem educação científica, design instrucional e aprendizagem baseada em jogos.