



Explorando evolução de aprendizagem de idosos com Duolingo: uma análise com FCA triádico

Ronan Loschi Rodrigues Ferreira, Programa de Pós-Graduação em Informática (PUC Minas), ronan.loschi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2391-8282>

Mônica Consolação Machado, Programa de Pós-Graduação em Informática (PUC Minas) e Centro Universitário Newton Paiva Wyden, monicacmachado@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3349-2374>

Mark Song, Programa de Pós-Graduação em Informática (PUC Minas), song@pucminas.br, <https://orcid.org/0000-0001-7315-3874>

Lucila Ishitani, Programa de Pós-Graduação em Informática (PUC Minas), lucila@pucminas.br, <https://orcid.org/0000-0001-8565-8386>

Resumo: Este artigo apresenta os resultados de um estudo conduzido com 14 pessoas da terceira idade que utilizaram o jogo educacional Duolingo por um período de duas semanas. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar os efeitos do uso do jogo educacional Duolingo no processo de aprendizagem de pessoas idosas. Os dados foram coletados por meio de entrevistas realizadas antes e após o uso do jogo, e foram avaliados utilizando-se da Análise Formal de Conceitos Triádica (TCA). De 6.565 implicações geradas, 25 regras com suporte $\geq 21\%$ e confiança $\geq 50\%$ foram selecionadas e agrupadas em 6 categorias conceituais. Os resultados indicam evolução no aprendizado, superação de barreiras tecnológicas, valorização do método pedagógico e engajamento ativo. O estudo indica que jogos educacionais como o Duolingo podem promover o aprendizado na terceira idade, combinando acessibilidade, motivação e autonomia, e que esse público-alvo pode vencer as suas dificuldades de uso de tecnologia.

Palavras-chave: Jogos educacionais, Aprendizagem de idosos, Duolingo, Análise formal de conceitos, Inclusão digital.

Exploring learning evolution of older people with Duolingo: an analysis with triadic FCA

Abstract: This article presents the results of a study conducted with 14 older adults who used the educational game Duolingo over a two-week period. In this context, the objective of this work is to investigate the effects of using the educational game Duolingo on the learning process of elderly individuals. Data were collected through interviews conducted before and after the use of the game and were analyzed using Triadic Concept Analysis (TCA). From 6,565 generated implications, 25 rules with support $\geq 21\%$ and confidence $\geq 50\%$ were selected and grouped into six conceptual categories. The results indicate progress in learning, overcoming technological barriers, appreciation of the pedagogical method, and active engagement. The study suggests that educational games such as Duolingo can promote learning in old age by combining accessibility, motivation, and autonomy, and that this target audience is capable of overcoming difficulties in using technology.

Keywords: Educational games, Elderly learning; Duolingo, Formal concept analysis, Digital inclusion.

1. Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), são considerados idosos os indivíduos com 60 anos ou mais em países em desenvolvimento. Neste estudo, os termos idoso e terceira idade são adotados como sinônimos. Em 2022, havia 771 milhões de pessoas com 65 anos ou mais no mundo, número que deve chegar a 1,6 bilhão até 2050. No Brasil, a



expectativa de vida alcançou 76,4 anos em 2023, e os idosos representam 15,6% da população, podendo ultrapassar 37% até 2070 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2024).

O rápido crescimento da população idosa representa um desafio para políticas de saúde, educação e inclusão social. O envelhecimento ativo, conceito da Organização Mundial da Saúde, enfatiza a promoção da qualidade de vida na terceira idade (OMS, 2022), destacando a importância da aprendizagem ao longo da vida e da inclusão digital para o engajamento social e o desenvolvimento cognitivo (MARSTON; SMITH, 2012).

Apesar do potencial, o uso de tecnologias digitais por idosos enfrenta barreiras técnicas, cognitivas e culturais. Jogos digitais educacionais, como o Duolingo, combinam elementos lúdicos e pedagógicos eficazes, utilizando gamificação e feedback imediato para estimular o aprendizado (GEE, 2003) e o Duolingo, especificamente, tem se mostrado eficiente para o aprendizado de idosos (Omitido para revisão anônima, 2023). Contudo, é necessário desenvolver mais estudos com foco em idosos e combater estereótipos de idade tais como: declínio cognitivo inevitável, baixa competência tecnológica, desinteresse por aprendizagem ou inovação, necessidade de simplificação excessiva, fragilidade emocional e resistência à mudança além de redução na capacidade de aprendizagem (VAN KAMPEN et al., 2023).

Diante desse cenário, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: **Quais evidências de evolução do aprendizado podem ser identificadas entre idosos, com base na comparação entre entrevistas realizadas nos momentos inicial e final de uma experiência de uso de aplicativo educacional?** A relevância reside na lacuna existente sobre a experiência gamificada digital da população idosa e suas mudanças cognitivas e atitudinais (Omitido para revisão anônima, 2023). Usuários do Duolingo podem atingir proficiências comparáveis a um semestre universitário após cerca de 34 horas de uso (VESSELINOV; GREGO, 2016), mas há poucas investigações sobre idosos.

Neste estudo, aplica-se a Análise Formal de Conceitos Triádica (TCA) para extrair relações ternárias envolvendo os participantes e suas características em diferentes momentos (GANTER, 2016; PRISS, 2006). Com abordagem aplicada, qualitativa e longitudinal, com suporte quantitativo, 14 idosos de Minas Gerais foram selecionados por amostragem bola de neve. A coleta de dados ocorreu em diferentes etapas e momentos, visando captar a evolução da experiência dos participantes ao longo do tempo. A análise Triádica (Participante $\times$ Momento $\times$ Atributo) permitiu extrair regras conceituais, combinando análise de conteúdo e TCA para mapear transformações na experiência.

A organização do artigo é a seguinte: a Seção 2 apresenta a revisão teórica e conceitos fundamentais; a Seção 2.5 aborda os trabalhos relacionados; a Seção 3 detalha a metodologia; a Seção 4 apresenta os resultados da FCA; a Seção 5 discute os resultados; e a Seção 6 finaliza com conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

Esta seção apresenta o embasamento teórico sobre jogos digitais educativos para idosos, abordando educação continuada, aspectos cognitivos e motivacionais, fundamentos pedagógicos e o método de Análise Formal de Conceitos Triádica (TCA), além da revisão de trabalhos relacionados.

2.1. Aprendizagem continuada na terceira idade

A aprendizagem continuada refere-se à aquisição de conhecimentos e habilidades ao longo da vida, sendo essencial para a adaptação às transformações sociais. Knowles (1990) ressalta que adultos aprendem melhor quando motivados por metas claras e experiências



significativas. Na terceira idade, esse processo favorece a preservação cognitiva, a autoestima e o engajamento social (FIELD, 2006).

A abordagem andragógica valoriza a autonomia do aprendiz e suas experiências prévias, sendo especialmente relevante no ensino de idosos (KNOWLES, 1990). Para esse público, recomenda-se adequar o ritmo, utilizar linguagem acessível, contextualizar os conteúdos e promover ambientes colaborativos, favorecendo a aprendizagem e o sentimento de pertencimento (MERRIAM; CAFFARELLA, 1999).

A Organização Mundial da Saúde reconhece a aprendizagem ao longo da vida como um dos pilares do envelhecimento saudável (OMS, 2022). Nesse contexto, tecnologias educacionais, como jogos digitais, ampliam o potencial de aprendizagem ao oferecer experiências interativas e motivadoras. Jogos estimulam a participação ativa e a aplicação prática do conhecimento (GEE, 2003), além de favorecerem autonomia, exploração colaborativa e a plasticidade cognitiva em adultos mais velhos (CHARNESS; BOOT, 2009).

2.2. Jogos educativos para dispositivos móveis

Jogos educativos em dispositivos móveis são uma alternativa eficaz e acessível para a aprendizagem continuada na terceira idade, pois a gamificação amplia o engajamento e a retenção de informações. A mobilidade desses dispositivos permite superar limitações físicas e participar de atividades educativas em diferentes contextos (GEE, 2003).

Além de favorecer um aprendizado ativo e personalizado, os jogos digitais impactam positivamente o bem-estar emocional dos idosos, ao estimular interações sociais e o alcance de metas que geram senso de realização. A simplicidade do design, interfaces amigáveis e tutoriais claros são essenciais para aumentar a confiança, reduzir barreiras e favorecer a adesão e o aprendizado contínuo desse público (SÁNCHEZ et al., 2017).

A acessibilidade e a usabilidade são fundamentais no desenvolvimento de jogos para idosos e devem ser consideradas desde as fases iniciais do projeto. Recursos como fonte ampliada, bom contraste, navegação simples e controles intuitivos favorecem a interação autônoma, enquanto testes de usabilidade com idosos contribuem para aprimorar o design (CHARNESS; BOOT, 2009).

2.3. Aspectos Cognitivos, Motivacionais e de inclusão Digital

O envelhecimento impõe desafios cognitivos, sensoriais e motores que precisam ser considerados no design de jogos. Interfaces simples, tutoriais interativos e dispositivos ergonômicos contribuem para mitigar essas limitações, promovendo uma experiência mais fluida para usuários idosos. Elementos visuais bem definidos também auxiliam no enfrentamento de déficits sensoriais (CHARNESS; BOOT, 2009; KNOWLES, 1990; SÁNCHEZ et al., 2017).

A motivação é determinante para o engajamento da terceira idade com tecnologias educacionais. A motivação intrínseca, associada à satisfação e ao prazer de aprender, pode ser ampliada por narrativas envolventes, personalização e suporte social. Além disso, guias passo a passo e tutoriais claros facilitam a entrada de novos usuários (HAMARI et al., 2014; IJSSELSTEIJN et al., 2007).

A inclusão digital ainda representa um desafio para muitos idosos, especialmente devido ao medo de errar e à baixa familiaridade com tecnologias. Programas formativos com ritmos personalizados e conteúdos relevantes aumentam a confiança e promovem autonomia. Tecnologias percebidas como úteis e fáceis de usar tendem a ser mais aceitas, sendo esse um fator-chave para a adesão a jogos digitais na terceira idade (NEVES et al., 2020).



2.4. Análise formal de conceito diádica (FCA) e triádica (TCA)

A Análise Formal de Conceitos (FCA) tem se mostrado adequada a este contexto (Omitido para revisão anônima, 2025) e constitui um campo da matemática aplicada estruturado em três elementos fundamentais: contexto formal, conceito formal e regras (GANTER; OBIEDKOV, 2016). O contexto formal é definido como a tríplice $K:=(G,M,I)$, em que G representa o conjunto de objetos (participantes), M o conjunto de atributos (características) e $I \subseteq G \times M$ a relação de incidência entre objetos e atributos.

Nesse formalismo, uma implicação $X \rightarrow Y$, válida em um contexto $K:=(G,M,I)$, expressa que todo objeto que possui os atributos do conjunto $X \subseteq M$ necessariamente possui também os atributos do conjunto $Y \subseteq M$.

A FCA, contudo, opera apenas com dados bidimensionais, o que limita sua aplicação em cenários que exigem estruturas tridimensionais, como o investigado neste trabalho. Para esses casos, emprega-se a Análise Formal de Conceitos Triádica (TCA), do inglês Triadic Concept Analysis.

A TCA estende a FCA ao considerar um contexto triádico, formalmente definido pela quádrupla $K=(G,M,B,Y)$, em que G representa o conjunto de objetos, M o conjunto de atributos, B o conjunto de condições e $Y \subseteq G \times M \times B$ a relação ternária de incidência.

A ocorrência de uma tríade $(g,m,b) \in Y$ pode ser interpretada como: “o objeto g possui o atributo m sob a condição b ”. Um exemplo de contexto triádico é apresentado na Tabela 1, a qual representa dois ciclos de tratamento, cada um descrito por três atributos.

Objetos	Momento 1			Momento 2		
	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3
1	x			x		x
2	x	x	x	x	x	x
3		x		x	x	
4			x			x

Tabela 1. Exemplo de Contexto Triádico

2.4.1. Geração de regras - TCA

Na análise dos dados, optou-se pela utilização da Generic/Informative Base, disponível na ferramenta Lattice Miner, por fornecer um conjunto mínimo, completo e logicamente não redundante de implicações triádicas. Derivada da base de Duquenne-Guigues da FCA clássica, essa abordagem estende seus princípios a contextos ternários, organizando implicações formais do tipo (G, M, B) , nas quais cada regra expressa dependências entre atributos observados longitudinalmente em participantes distintos (BELOHLAVEK; VYCHODIL, 2010).

A Generic/Informative Base é construída a partir da extração de conceitos triádicos máximos, do cálculo de fechamentos sobre subconjuntos de atributos e da adaptação do algoritmo NextClosure para estruturas tridimensionais. Esse processo garante que cada regra seja necessária, formalmente dedutível e representativa de um tricluster significativo. Sua aplicação assegura que as 37 regras selecionadas constituam um conjunto sintético e conceitualmente robusto de evidências de transformação longitudinal, permitindo reconstruir a estrutura conceitual evolutiva dos participantes idosos.

A cada regra são atribuídos os valores de suporte e confiança. O suporte corresponde à proporção de objetos $g \in G$ que satisfazem a implicação $P \rightarrow Q$ em relação ao número total de objetos $|G|$ do contexto formal K , conforme a Equação 1, na qual $()$ representa o operador de derivação.



$$\text{Support}(P \rightarrow Q) = \frac{|(P \cup \{Q\})'|}{|G|} \quad (1)$$

A confiança corresponde à razão dos objetos $g \in G$ que contêm P e que também contêm Q , em relação ao número total de objetos $|G|$, conforme a Equação 2:

$$\text{Confidence}(P \rightarrow Q) = \frac{|(P \cup \{Q\})'|}{|P'|} = \frac{\text{Support}(P \rightarrow Q)}{\text{Support}(P)} \quad (2)$$

2.5. Trabalhos Relacionados

Wang (2019) revisou os efeitos dos jogos digitais na terceira idade, focando em engajamento, cognição e bem-estar. Embora mostre que jogos digitais podem melhorar a função cognitiva e promover engajamento, o impacto na aprendizagem a longo prazo permanece incerto, e o estudo não aborda a evolução do aprendizado dos usuários.

Puebla et al. (2022) investigaram benefícios e obstáculos do uso de tecnologia móvel para o aprendizado de idiomas por idosos. A pesquisa evidenciou oportunidades e barreiras na aceitação e uso desses dispositivos, porém não analisou um aplicativo específico, diferentemente deste estudo.

Loewen et al. (2019) examinaram a aprendizagem com o aplicativo Duolingo, avaliando seus benefícios e desafios por meio de questionários e análise de desempenho. Apesar da abordagem abrangente, o estudo não focou no público idoso, o que diferencia este trabalho.

3. Metodologia

Este estudo adotou uma abordagem aplicada e qualitativa, com perspectiva longitudinal, complementada por análise quantitativa formal de dados estruturados. A metodologia integrou a observação das mudanças nas percepções dos participantes ao longo do tempo com a extração de regras lógicas por meio da Análise Formal de Conceitos Triádica (TCA), configurando um modelo quali-quantitativo interpretativo conforme Creswell e Clark (2011).

Participaram 14 idosos com 60 anos ou mais, selecionados por amostragem em bola de neve, adequada a públicos específicos e de difícil acesso (BIERNACKI; WALDORF, 1981). Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme as normas éticas, com aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa.

O estudo utilizou o aplicativo educacional Duolingo, escolhido por sua eficácia no ensino de idiomas, acessibilidade e uso de elementos de gamificação que favorecem o engajamento e a autonomia (JIANG et al., 2024; ANALYZIFY, 2024). Os participantes acessaram o aplicativo em seus próprios smartphones.

Para a coleta e análise dos dados, foram aplicadas entrevistas semiestruturadas com perguntas abertas, em dois momentos, abordando percepções e dificuldades. A análise foi realizada com a ferramenta Lattice Miner, que emprega FCA e TCA por meio da base Generic/Informative (ALQADAH; BHATNAGAR, 2011).

3.1. Procedimento de coleta e análise qualitativa de dados

A coleta de dados ocorreu em três etapas, distribuídas em dois momentos distintos, correspondentes às fases inicial, intermediária e final da interação com o aplicativo, conforme a Tabela 2. As etapas combinaram métodos presenciais e autônomos. As entrevistas foram gravadas, transcritas integralmente e tratadas com confidencialidade. As transcrições passaram por análise de conteúdo, que identifica temas recorrentes para inferência de



significados (FLICK, 2008), sendo cada entrevista codificada por um pesquisador e os códigos posteriormente revisados e discutidos em grupo.

Etapas	Descrição	Local/Forma	Objetivo principal
Entrevista inicial – Etapa 1	Coleta de dados demográficos, explicação da pesquisa, auxílio na instalação e orientação sobre o uso do aplicativo Duolingo.	Presencial (residência dos participantes)	Preparar e contextualizar os participantes para o uso do aplicativo.
Período de uso autônomo	Uso livre do Duolingo pelos participantes durante aproximadamente uma semana.	Uso autônomo, em ambiente doméstico	Permitir experiência prática com o aplicativo em contexto real.
Entrevista intermediária – Etapa 2 (Momento 1)	Aplicação de perguntas abertas sobre percepções, dificuldades, aprendizagens e sugestões quanto ao uso do Duolingo.	Presencial	Avaliar a experiência dos participantes e coletar dados qualitativos pós-uso.
Período de uso autônomo	Uso livre do Duolingo pelos participantes durante aproximadamente duas semanas.	Uso autônomo, em ambiente doméstico	Permitir experiência prática com o aplicativo em contexto real.
Entrevista final – Etapa 3 (Momento 2)	Aplicação de perguntas abertas sobre percepções, dificuldades, aprendizagens e sugestões quanto ao uso do Duolingo.	Presencial	Avaliar a experiência dos participantes e coletar dados qualitativos pós-uso.

Tabela 2. Etapas da coleta de dados e seus objetivos

3.2. Procedimento de Análise de Dados

Os dados qualitativos foram organizados em um modelo triádico Participante $\times$ Momento $\times$ Atributo, possibilitando a aplicação da TCA para gerar regras lógicas entre atributos dos momentos 1 e 2. A geração das implicações foi realizada com a ferramenta Lattice Miner (LARIM, 2025).

Após a geração das implicações triádicas, realizou-se uma etapa de filtragem com o uso de um script em Python e de um dicionário de dados alinhado aos objetivos da pesquisa. As regras foram filtradas por critérios quantitativos, adotando suporte mínimo de 21% (três participantes) e confiança superior a 50%.

As regras resultantes foram avaliadas quanto a suporte e confiança e agrupadas em categorias conceituais representativas de dimensões do aprendizado. Essa análise integrou a abordagem de análise de conteúdo de Bardin (2011) à fundamentação formal da FCA/TCA (GANTER, 2016; PRISS, 2006).

4. Resultados

Os resultados desta pesquisa foram obtidos por meio da análise das regras triádicas. A partir dos dados de entrevistas realizadas com 14 idosos, antes do uso (entrevista inicial), durante o uso após uma semana (momento 1) e após a segunda semana de utilização do Duolingo (momento 2), foi elaborado um contexto triádico $\langle G, M, B \rangle$, representando participantes (G), atributos (M) e momentos (B). Os participantes apresentaram idade média de 67,1 anos, sendo dois com ensino fundamental completo, três com fundamental incompleto, três com médio completo, quatro com superior completo e dois com doutorado. Aproximadamente 90% dos participantes declararam não dominar outro idioma, e 100% relataram utilizar o celular diariamente.



Esse modelo permitiu acompanhar formalmente a evolução do aprendizado, com base nas mudanças percebidas pelos participantes. O software Lattice Miner gerou 6.565 regras, utilizando a Generic/Informative Base, uma base mínima, completa e sem redundâncias, ideal para representar a estrutura conceitual do contexto (Figura 1).

Rule count : 6656					
#	Antecedent	=>	Consequence	Support	Confidence
1.	{E-a}	=>	{C-a}	57.14%	80.0%
2.	{E-a}	=>	{G-a}	35.71%	50.0%
3.	{E-a}	=>	{D-a}	50.0%	69.99%
4.	{E-a}	=>	{C-b}	42.85%	59.99%
5.	{E-a}	=>	{D-b}	35.71%	50.0%
6.	{E-a}	=>	{F-b}	50.0%	69.99%
7.	{E-a}	=>	{G-b}	35.71%	50.0%
8.	{E-a}	=>	{E-b}	50.0%	69.99%
9.	{E-a}	=>	{B-b}	35.71%	50.0%
10.	{U-a}	=>	{C-a, C-b, E-a}	21.42%	75.0%

Figura 1. Exemplos de regras geradas no LatticeMiner

A análise resultou em 25 regras principais relacionadas à evolução do aprendizado, exemplificadas na Tabela 3, organizadas em 6 categorias conceituais, todas com suporte mínimo de 21% e confiança acima de 50%, conforme mostrado na Tabela 4. A TCA permitiu mapear trajetórias de transições de forma conceitual e temporal, estruturando os dados como (Participante, Atributo, Tempo), e possibilitando identificar as transições de evolução ao longo do tempo.

Regra	Implicação Triádica (Momento 1 ⇒ Momento 2)
4	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio – a} ⇒ {Aprovação do método de ensino – b}
9	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio – a} ⇒ {Aprendizado de vocabulário – b}
13	{Sugestão de atividade de história – a} ⇒ {Satisfação por superar dificuldades – b}
51	{Desinteresse em competição e premiação – a} ⇒ {Aprovação do método de ensino – b}
409	{Dificuldade de uso geral do teclado de acesso ao app – a} ⇒ {Percepção de aprendizado – b, Satisfação com explicações gramaticais – b}
426	{Falta de clareza e informações sobre o uso do aplicativo – a} ⇒ {Facilidade de uso do aplicativo – b}
456	{Interesse em aprender... – a} ⇒ {Satisfação com premiações – b, Satisfação de atividade de história – b, Satisfação com atividade de história – b}

Tabela 3 – Exemplos de regras triádicas selecionadas com evidência de evolução do aprendizado

Os resultados da análise triádica foram organizados em seis categorias, que representam diferentes aspectos da evolução dos idosos com o Duolingo nos momentos 1 e 2, como superação de dificuldades, engajamento com o conteúdo, apropriação da tecnologia e postura crítica.

Para este artigo, foram detalhadas três categorias, escolhidas por evidenciarem de forma mais clara a evolução do processo de aprendizagem ao longo do tempo. Essas categorias destacam mudanças nas percepções, comportamentos e atitudes dos participantes, permitindo compreender como o uso do jogo contribuiu para o desenvolvimento de novas formas de aprender e de se relacionar com a tecnologia.



Categoria Conceitual	Regra	Descrição das Implicações
1. Superação de Barreiras Cognitivas	4, 9, 426, 581, 589, 597, 2841, 2846, 2856, 651	De dificuldades iniciais (escrita, escuta, clareza de uso) à facilidade de uso, envolvimento e diversão com o aplicativo
2. Reconhecimento do Método Pedagógico	51, 558, 651, 3073, 6525, 6589	De desinteresse ou aprendizagem isolada à valorização e aprovação explícita do método de ensino do Duolingo
3. Autonomia Tecnológica após Superação de Barreiras	426, 581, 589, 597, 2864, 2868, 2876	De dificuldades técnicas e necessidade de suporte inicial à autonomia e facilidade no uso do aplicativo
4. Engajamento Construtivo e Reflexivo	13, 456, 457, 471, 2761, 5909	Envolvimento ativo com o conteúdo, sugestões de melhoria e satisfação com o processo de aprendizagem
5. Percepção de Aprendizado	409, 2761, 5909	Da dificuldade inicial à percepção do próprio progresso e satisfação com as explicações gramaticais
6. Aprovação Pós-Experiência Negativa	51, 558, 3073, 6525, 6589	De percepções iniciais de desinteresse ou dificuldade à valorização do método após a experiência prática

Tabela 4 – Categorias conceituais e regras que evidenciam a evolução do aprendizado com o Duolingo

4.1. Superação de Barreiras Cognitivas

Esta categoria mostra como os participantes superaram dificuldades iniciais com escrita, fala e uso do aplicativo, passando a relatar maior facilidade e engajamento ao longo do tempo. O conjunto de regras desta categoria evidencia que idosos que relataram dificuldades com atividades de escrita, fala, histórias e áudio no início da experiência (momento 1) apresentaram progresso no uso e maior aceitação da ferramenta ao final do experimento (momento 2).

A regra 4 *{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - a} ⇒ {Aprovação do método de ensino - b}*, com suporte de 42,85% e confiança de 59,99%, revela que dificuldades iniciais não impediram a formação de uma percepção positiva do método após a prática com o Duolingo. As regras 2841 (suporte de 21,42%, confiança de 75,0%) e 2846 (suporte de 21,42%, confiança de 75,0%) mostram evolução combinada entre dificuldades técnicas e de clareza, sugerindo que o ambiente repetitivo e estruturado do Duolingo contribuiu para uma curva de aprendizagem positiva.

Regra	Implicação Triádica (Momento 1 ⇒ Momento 2)
4	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - a} ⇒ {Aprovação do método de ensino - b}
2841	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - a; Falta de clareza sobre as atividades do aplicativo e premiações - a} ⇒ {Diversão com aplicativo - b; Facilidade de uso do aplicativo - b}
2846	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - a; Falta de clareza e informações sobre o uso do aplicativo - a} ⇒ {Diversão com aplicativo - b; Facilidade de uso do aplicativo - b}
2856	{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - a; Insatisfação com a faixa etária do público-alvo, repetição, interrupções, personagem - a} ⇒ {Diversão com aplicativo - b; Facilidade de uso do aplicativo - b}

Tabela 5 – Regras da categoria Superação de Barreiras Cognitivas

Já a regra 2856 *{Dificuldade com atividade de escrita, fala, história e áudio - A, Insatisfação com a faixa etária do público-alvo, repetição, interrupções, personagem - V. 24 Nº 2, dezembro, 2025* RENOTE
DOI:



$A\} \Rightarrow \{Diversao_com_aplicativo-B, Facilidade_de_uso_do_aplicativo-B\}$ (suporte de 21,42%, confiança de 75,0%) indica que mesmo participantes inicialmente frustrados com elementos visuais ou narrativos passaram a relatar facilidade e diversão ao final da experiência, conforme apresentado na Tabela 5.

4.2. Reconhecimento do Método Pedagógico

Esta categoria reúne evidências de que os participantes passaram a valorizar o método de ensino do aplicativo para o aprendizado. Os participantes evoluíram de um estado inicial de desinteresse ou envolvimento parcial para uma avaliação mais positiva do método de ensino utilizado pelo jogo.

A regra 51 $\{Desinteresse_em_competicao_e_premiacao-a\} \Rightarrow \{Aprovacao_do_metodo_de_ensino-b\}$, com suporte de 28,57% e confiança de 57,14%, expressa essa mudança. A regra 558, com suporte de 21,42% e confiança de 75,0%, sugere que o ganho de vocabulário contribuiu para a valorização do método gamificado do Duolingo.

Já as regras 651 $\{Dificuldade_de_uso_geral_de_teclado_de_acesso_ao_app-a\} \Rightarrow \{Aprovacao_do_metodo_de_ensino-b\}$ (suporte de 28,57%, confiança de 66,66%) e a regra 2175 $\{Sugestao_de_modificacoes_em_atividades-a\} \Rightarrow \{Sugestao_de_atividade_de_historia-b, Insatisfacao_com_a_faixa_etaria-b\}$ (suporte de 21,42%, confiança de 100%), combinadas, indicam que o aprendizado dos idosos foi além de aprender a usar o Duolingo; eles também passaram a apresentar críticas sobre o conteúdo do aplicativo, sugerindo melhorias, conforme mostrado na Tabela 6.

Regra	Implicação Triádica (Momento 1 $\Rightarrow$ Momento 2)
51	$\{Desinteresse_em_competicao_e_premiacao - a\} \Rightarrow \{Aprovacao_do_metodo_de_ensino - b\}$
558	$\{Aprendizado_de_vocabulario - a\} \Rightarrow \{Aprovacao_do_metodo_de_ensino - b\}$
651	$\{Dificuldade_de_uso_geral_de_teclado_de_acesso_ao_app - a\} \Rightarrow \{Aprovacao_do_metodo_de_ensino - b\}$
2175	$\{Sugestao_de_modificacoes_em_atividades - a\} \Rightarrow \{Sugestao_de_atividade_de_historia - b; Insatisfacao_com_faixa_etaria_do_publico-alvo, repeticao, interrupcoes, personagem - b\}$

Tabela 6 – Regras com foco em reconhecimento do método e sugestões de melhoria

4.3. Percepção do Aprendizado

Esta categoria destaca relatos em que os participantes reconhecem que aprenderam durante o uso do aplicativo, indicando maior consciência sobre seu próprio progresso. As regras da categoria sugerem que alguns participantes passaram de dificuldades técnicas iniciais à percepção de que estavam aprendendo. Um exemplo disso é a regra 409 $\{Dificuldade_de_uso_geral-a\} \Rightarrow \{Percepcao_de_aprendizado-b, Satisfacao_com_explicacoes_gramaticais-b\}$ (suporte de 21,42%, confiança de 52,85%). Essa conscientização é fundamental no processo de aprendizagem do idoso, pois fomenta motivação e continuidade.

A regra 2761 $\{Falta_de_clareza, Interesse_em_aprender-a\} \Rightarrow \{Facilidade, Percepcao_de_aprendizado-b, Satisfacao_com_explicacoes-b\}$ (suporte de 21,42%, confiança de 75%) revela uma mudança no comportamento dos participantes: aqueles que começaram a experiência demonstrando dificuldade em entender o funcionamento do aplicativo, mas que já apresentavam algum interesse em aprender, passaram a relatar que estavam compreendendo melhor, sentindo-se mais à vontade com o uso do Duolingo e satisfeitos com as explicações recebidas. Além disso, passaram a sugerir mais explicações e recusaram pular etapas. Isso indica que, ao longo do processo, esses idosos desenvolveram uma percepção de progresso, conforme apresentado na Tabela 7.



Regra	Implicação Triádica (Momento 1 ⇒ Momento 2)
409	{Dificuldade de uso geral de teclado de acesso ao app-a} ⇒ {Percepção de aprendizado-b, Satisfação com explicações gramaticais-b}
2761	{Falta de clareza e informações sobre o uso do aplicativo-a, Interesse em aprender coisas básicas, premiação, ser ágil e na variedade das atividades-a} ⇒ {Sugestão de ter mais explicações-b, Facilidade de uso do aplicativo-b, Percepção de aprendizado-b, Recusa em pular unidades de ensino-b, Satisfação com explicações gramaticais-b}

Tabela 7 – Regras com foco na percepção de aprendizado e compreensão gramatical

Além disso, a regra já citada 2175 *{Sugestao_de_modificacoes_em_atividades-a} => {Sugestao_de_atividade_de_historia-b, Insatisfacao_com_a_faixa_etaria-b}* (suporte de 21,42%, confiança 100%) mostra evolução crítica no processo de aprendizagem: sugestões iniciais levaram a propostas mais específicas e à manifestação de insatisfação com a faixa etária. Por fim, as regras 2841, 2846 e 2856 *{Dificuldade_com_atividade_de_escrita_fala_historia_e_audio-a,} => {Diversao_com_aplicativo-b, Facilidade_de_uso_do_aplicativo-b}* (suporte de 21,42%, confiança 75,0%) evidenciam diversão com o aplicativo, mesmo entre participantes que inicialmente relataram frustrações, sugerindo motivação para o aprendizado.

5. Discussão

A análise dos dados por meio da Análise Formal de Conceitos triádica evidenciou evoluções na experiência de aprendizado de idosos com o Duolingo. As regras revelam que os participantes que inicialmente enfrentavam dificuldades com escrita, fala, áudio e uso do teclado passaram a relatar facilidade de uso do aplicativo, satisfação com as explicações gramaticais e percepção de aprendizado. Essa transição aponta para uma superação progressiva de barreiras cognitivas e técnicas, reforçando a importância da clareza e da estrutura repetitiva no processo de aprendizagem digital.

Além disso, os resultados indicam uma valorização do método de ensino do Duolingo. Participantes que demonstravam desinteresse ou apenas curiosidade inicial evoluíram para estados de satisfação com premiações, explicações e atividades. Em alguns casos, chegaram a sugerir melhorias no conteúdo, o que indica ação crítica e envolvimento com o processo. Além disso, idosos que no início relataram frustração ou desconforto passaram a expressar diversão e prazer ao utilizar o aplicativo, o que contribuiu para o engajamento contínuo. Por fim, mesmo entre aqueles com menor motivação para continuar, a facilidade de uso permaneceu como um ponto positivo, sugerindo uma percepção funcional e consciente da tecnologia.

6. Conclusões

Este estudo acompanhou, ao longo de duas semanas, a evolução do aprendizado de línguas por 14 idosos, por meio do uso do jogo educacional Duolingo. Utilizando a Análise Formal de Conceitos Triádica, uma abordagem que relaciona participantes, atributos e tempo, foi possível mapear e estruturar as transições individuais de aprendizagem ao longo desse período. A análise identificou 25 regras com suporte igual ou superior a 21% e confiança a partir de 50%, organizadas em 6 categorias. Esses resultados revelaram caminhos marcados por superação de dificuldades cognitivas e tecnológicas, percepção do próprio aprendizado, valorização do método de ensino do jogo e um engajamento mais reflexivo dos participantes.

A aplicação da TCA mostrou-se promissora para investigar mudanças ao longo do tempo, ao permitir identificar transições que análises qualitativas isoladas dificilmente captariam. A escolha da Análise Formal de Conceitos Triádica justifica-se teoricamente por



sua capacidade de modelar simultaneamente objetos, atributos e condições temporais, oferecendo um formalismo rigoroso para análises educacionais longitudinais ainda pouco exploradas. Os resultados indicam que jogos educacionais bem planejados podem promover aprendizado relevante, autonomia e valorização pessoal em pessoas idosas. A TCA também apresenta potencial para pesquisas futuras em educação, especialmente em estudos longitudinais e na análise estruturada de processos de aprendizagem complexos. Por outro lado, a técnica possui limitações epistemológicas, como a dependência da categorização inicial dos dados e a necessidade de interpretação teórica das implicações, o que exige cautela na generalização dos resultados. Esses achados reforçam o papel dos jogos educacionais digitais na inclusão digital e no estímulo cognitivo na terceira idade, contribuindo para a intersecção entre educação, tecnologia e envelhecimento.

Para aprofundar a compreensão do aprendizado digital na terceira idade, é necessário ampliar a amostra, atualmente composta por 14 idosos, incluindo participantes com perfis mais diversos, sobretudo em regiões com menor acesso à tecnologia, uma vez que a utilização de amostragem não probabilística do tipo bola de neve pode limitar a representatividade dos resultados. Além disso, as análises qualitativas envolvem interpretações subjetivas inerentes aos processos de codificação e categorização dos dados, ainda que procedimentos de revisão tenham sido adotados. Também se faz necessária a diversificação dos jogos estudados, bem como a realização de estudos longitudinais mais extensos para avaliar mudanças duradouras. Adicionalmente, investigar o engajamento afetivo e motivacional é fundamental para aprimorar práticas pedagógicas inclusivas e promover a democratização da aprendizagem tecnológica entre idosos.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código Financeiro 001) e pela PUC Minas. Agradecemos a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo.

Referências

- ALQADAH, F.; BHATNAGAR, R. Similarity measures in formal concept analysis. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, v. 61, n. 3, p. 245–256, 2011.
- ANALYZIFY. *Duolingo statistics and user data*. 2024. Disponível em: <<https://analyzeify.com>>. Acesso em: 24 maio 2025.
- BIERNACKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological Methods & Research*, v. 10, n. 2, p. 141–163, 1981.
- CHARNESS, N.; BOOT, W. R. Aging and information technology use: Potential and barriers. *Current Directions in Psychological Science*, v. 18, n. 5, p. 253–258, 2009.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. 2. ed. SAGE Publications, 2011.
- FIELD, J. *Lifelong Learning and the New Educational Order*. Stoke on Trent: Trentham Books, 2006.
- FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- GANTER, B.; OBIEDKOV, S. *Conceptual Exploration*. Springer, 2016.
- GEE, J. P. *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan, 2003.



- HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2014.
- IJSSELSTEIJN, W.; NAP, H.; DE KORT, Y.; POELS, K. Digital game design for older adults. *Entertainment Computing*, v. 1, n. 1, p. 19–26, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Expectativa de vida no Brasil em 2023 chega a 76,4 anos*. 2023. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/XxtsE>>. Acesso em: 24 de maio de 2025.
- JIANG, X.; PETERS, R.; PLONSKY, L.; PAJAK, B. The effectiveness of Duolingo English courses in developing reading and listening proficiency. *CALICO Journal*, v. 41, n. 3, p. 249–272, 2024. Acesso em: 24 maio 2025.
- KNOWLES, M. S. *The Adult Learner: A Neglected Species*. 4. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1990.
- LARIM - LABORATORY FOR ADVANCED RESEARCH IN INFORMATION MINING. *Lattice Miner: Software for triadic formal concept analysis*. 2025. Disponível em: <<https://github.com/LarimUQO/lattice-miner>>. Acesso em: 01 de junho de 2025.
- LOEWEN, S.; CROWTHER, D.; ISBELL, D. R.; KIM, K. M.; MALONEY, J.; MILLER, Z. F.; RAWAL, H. Mobile-assisted language learning: A Duolingo case study. *ReCALL*, v. 31, n. 3, p. 293–311, 2019.
- MARSTON, H. R.; SMITH, S. M. Interactive videogame technologies to support independence in the elderly: A narrative review. *Games for Health Journal*, v. 1, n. 2, p. 139–152, 2012.
- MERRIAM, S. B.; CAFFARELLA, R. S. *Learning in Adulthood: A Comprehensive Guide*. Jossey-Bass, 1999.
- NEVES, B. B.; GAMA, A. B.; BARBOSA, B. B. Designing for digital inclusion: A study on the elderly and technology. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 36, n. 7, p. 642–653, 2020.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Relatório mundial de envelhecimento e saúde*. 2022. Disponível em: <<https://l1nq.com/ORJIX/>>. Acesso em: 20 dez. 2024.
- PRISS, U. Formal concept analysis in information science. *Annual Review of Information Science and Technology*, v. 40, n. 1, p. 521–543, 2006.
- PUEBLA, C.; FIEVET, T.; TSOPANIDI, M.; CLAHSSEN, H. Mobile-assisted language learning in older adults: *Chances and challenges*. *ReCALL*, v. 34, n. 2, p. 169–184, 2022.
- SÁNCHEZ, J.; NAVARRO, A.; GONZÁLEZ, J. Ergonomic design of input devices for older adults: A review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 33, n. 5, p. 349–363, 2017.
- VAN KAMPEN, E.; VAN DEN BERG, F.; BROUWER, J.; KEIJZER, M. Never too old to learn – third age adults experience little (self-)ageism or barriers to learning. *Social Sciences & Humanities Open*, v. 7, n. 1, p. 100384, 2023.
- VESSELINOV, R.; GREGO, J. *Duolingo effectiveness study*. City University of New York (CUNY), 2016. Disponível em: <<https://www.duolingo.com/efficacy>>.
- WANG, Y.-L.; HOU, H.-T.; TSAI, C.-C. A systematic review of the impact of digital games on older adults. *Educational Gerontology*, v. 45, n. 3, p. 174–185, 2019.