

HABILIDADES NUMÉRICAS EM CRIANÇAS SURDAS: CONTRIBUTOS TEÓRICOS PARA O USO DE RECURSOS PEDAGÓGICOS DIGITAIS

Numerical skills in deaf children: theoretical and practical contributions to the use of digital pedagogical resources



Lília Marcelino¹



Conceição Costa²

¹ Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa. Lisboa, Portugal; lilia.marcelino@ulusofona.pt

² Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal; conceicao.costa@ulusofona.pt

RESUMO

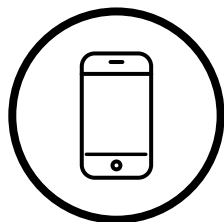
Este trabalho fornece um enquadramento teórico sobre temas aplicáveis em ambientes escolares inclusivos para alunos surdos, abordando o impacto e a importância da matemática na vida quotidiana, a aplicação de recursos pedagógicos visuais e dinâmicos no ensinar a aprender matemática – recorrendo a curtas-metragens, documentários, videojogos. Aborda a forma como a mente humana, especialmente em crianças surdas, desenvolve a competência matemática. Além disso, destaca a necessidade de formação avançada para professores e educadores sobre o desenvolvimento da competência matemática em crianças surdas e ouvintes, abordando os fatores cognitivos e não cognitivos que afetam o desempenho matemático. Termina com a apresentação de um estudo empírico sobre o potencial do videojogo educacional inclusivo “Planeta em Perigo: Uma Aventura Espacial”, desenvolvido com o objetivo de promover habilidades numéricas em crianças surdas (e ouvintes) e na identificação das estratégias de resolução de problemas utilizadas por cada participante no estudo. O videojogo “Planeta em Perigo: Uma Aventura Espacial” pode assim facilitar a criação de programas de apoio personalizados para cada estudante.

Palavras-chave: Surdez; Habilidades Numéricas; Desempenho Matemático; Recursos Pedagógicos Digitais; Videojogo Educacional

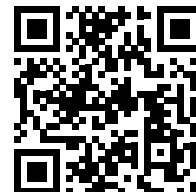
ABSTRACT

This work provides theoretical topics applicable in inclusive school environments for deaf students, such as addressing the impact and importance of mathematics in everyday life, the application of visual and dynamic pedagogical digital resources such as short films and documentaries in teaching to learn mathematics. Also, approach how the mind, especially of deaf children, develops mathematical competence. In addition, it highlights the need for advanced training for teachers and educators about the development of mathematical competence in deaf and hearing children, addressing the cognitive and non-cognitive factors that affect mathematics achievement. At last, an empirical study on the potential of an inclusive mathematical video game, “Planet in Danger: A Space Adventure”, is presented. “Planet in danger: A Space Adventure”, was developed with the aim of promoting numerical skills in deaf (and hearing) children and the identification of resolution strategies of problems used by each participant in the study. The video game “Planet in Danger: A Space Adventure” can therefore facilitate the creation of personalized support programs for each student.

Keywords: Deafness; Numerical Abilities; Mathematics Achievement; Pedagogical Digital; Resources; Educational Video Game.



**LEIA EM LIBRAS ACESSANDO O
QR CODE AO LADO OU O LINK**
<https://youtu.be/TTTqCd7KitQ>



Introdução

A numeracia é uma competência fundamental praticamente em todas as esferas da vida quotidiana, sendo que a baixa numeracia (ou a falta de competências numéricas básicas) pode limitar significativamente a capacidade de uma pessoa em entender e lidar o mundo que a rodeia (Bynner e Parsons, 1997).

Utilizamos números no nosso quotidiano, seja para verificar as horas, gerir as finanças, calcular descontos e comparar preços. Na falta de conceitos numéricos básicos, temos dificuldade em pensar criticamente sobre a informação numérica disponível. Neste sentido, pode haver um impacto negativo a longo prazo, quer seja em termos educacionais (maior propensão para o abandono escolar e escolha de cursos que não envolvam matemática e ciências) ou profissionais (maior propensão para o trabalho precário ou perda de oportunidades

de emprego que requerem cálculos ou elaboração de orçamentos), ou ainda, em funções laborais que requerem pensamento crítico (Bynner e Parsons, 2000; Gross, Hudson e Price, 2009).

Em sentido lato, é através das magnitudes numéricas que nós, seres humanos, procuramos entender o mundo que nos rodeia numa escala infinitamente grande ou infinitamente pequena, como nos mostra o curta-metragem “The Powers of Ten” [As Potências de Base 10] de 1977 (Eames Office, 2010).

Da autoria dos arquitetos Charles e Ray Eames, com o apoio da IBM, “The Powers of Ten” dá-nos a perspetiva do mundo a partir da escala de potência de base dez com o simples acrescentar de um zero. A cada dez segundos, o ponto de partida começa a ser visto, dez vezes mais distante, até que a nossa galáxia passe de um ponto de luz visível até a escuridão total. Voltando ao Planeta Terra com uma velocidade estonteante de dois segundos, chegamos ao ponto de partida para depois entrar numa nova viagem, agora micro, dez vezes ampliado a cada dez segundos, dentro do corpo humano. A jornada termina numa molécula de ADN de um glóbulo branco, num átomo de carbono.

Esta jornada de magnitudes numéricas revela a extensão do conhecimento humano sobre o mundo macro e micro que nos rodeia. Através do número, percebemos que o conhecimento do universo só nos leva à potência 10^{24} que corresponde a 100 milhões de anos-luz onde o universo pode ser visto como um vazio; para depois fazer uma viagem inversa dentro do nosso corpo (um mundo ainda menos conhecido) penetrando a pele numa viagem a uma escala infinitamente pequena até ao núcleo de um átomo de carbono (10^{16}).

O curta-metragem mostra-nos como o conhecimento do número, das suas relações e operações lecionadas nos seis primeiros anos de escolaridade são importantes para compreender e navegar no mundo que nos rodeia.

Sendo a matemática uma disciplina de natureza cumulativa, onde conceitos mais avançados dependem da compreensão de conceitos básicos, a promoção e consolidação de competências numéricas básicas é um elemento-chave no sucesso da matemática. Por esse motivo, tem sido reconhecida como uma das medidas mais consensuais no combate ao insucesso na matemática, em particular, pelo seu peso preditivo no desempenho da matemática, quer seja em crianças surdas ou ouvintes (Alcock *et al.*, 2016; Gottardis *et al.*, 2011; Marcelino *et al.*, 2019).

Identificar e promover o mais precocemente possível as competências numéricas permite o levantamento de dificuldades, possibilitando o delineamento e aplicação de intervenções eficazes atempadas e, deste modo, pode prevenir as consequências negativas do baixo rendimento em matemática (Alcock *et al.*, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo identificar os fatores associados ao baixo rendimento em matemática de crianças surdas, em comparação com crianças ouvintes, e explorar o potencial de um videojogo educacional como um potencial recurso pedagógico digital para promover habilidades numéricas. Além disso, pretende fornecer algumas sugestões para melhorar o processo de ensino e aprendizagem da matemática nos primeiros anos de escolaridade em crianças surdas e com audição reduzida, com base em estudos científicos referenciados.

1 Habilidades numéricas em crianças surdas e ouvintes

A interseção das neurociências, psicologia e educação tem recebido cada vez mais atenção do público acadêmico e educacional no que diz respeito ao estudo da forma como a mente humana e o cérebro humano aprendem a matemática e como isso se reflete, em termos comportamentais, no desempenho matemático (Alcock *et al.*, 2016).

Em referência aos contributos das neurociências, estudos em cognição matemática recorrendo à Ressonância Magnética Funcional (fMRI), compiladas na grande obra “The Number Sense”, [O Sentido de Número] de Stanislas Dehaene em 1997, revelam a ativação de três grandes áreas cerebrais numa variedade de tarefas aritméticas, incluindo estimação de quantidades, comparação numérica, adição, subtração, conhecido como Modelo de Código Triplo (Dehaene e Cohen, 1995; Dehaene, 1997).

Neste modelo, o processamento numérico é representado em três códigos/sistemas: 1) *sistema da quantidade*, responsável pela representação analógica de magnitude em tarefas de estimação de quantidades (ou SNA, com a ativação do sulcus intraparietal direito e esquerdo); 2) *sistema da linguagem/verbal*, responsável pela representação verbal auditiva, em tarefas que impliquem a identificação da palavranoúmero e comparação numérica verbal, contagem verbal e recuperação de factos numéricos (com a ativação do giro angular); 3) *sistema visual* - responsável pela representação visual arábica, em tarefas de identificação do numeral escrito e comparação numérica visual (com a ativação do giro occipitotemporal).

1.1 Desenvolvimento da competência matemática - capacidades cognitivas de domínio específico (da matemática) e de domínio geral

Embora o desenvolvimento matemático típico e atípico possa ser influenciado por uma ampla gama de fatores ambientais e afetivos, as capacidades cognitivas específicas (da matemática) são um ponto fulcral no desenvolvimento da competência matemática. Estas estão associadas a dois sistemas de representação numérica: 1) um sistema primário ou não simbólico, partilhado não apenas entre seres humanos, com diferentes origens, culturas e habilidades cognitivas, mas também com outras espécies; sendo um processo biológico conhecido como sentido de número não simbólico (Dehaene, 1997); 2) um sistema secundário ou simbólico, transmitido por herança cultural e de aprendizagem, conhecido como sentido de número simbólico (Berch, 2005). Ambos os sistemas estão presentes no Modelo do Triplo Código proposto por Dehaene e Cohen (1995).

O sentido de número, que inclui a perceção da quantidade, condiciona todo o tipo de tarefas de natureza numérica. Esta capacidade de perceber quantidades é inata em humanos e outros animais, provavelmente devido à sua importância para a sobrevivência. No habitat, os animais precisam, constantemente, de avaliar perigos e oportunidades, o que requer sistemas cerebrais capazes de calcular rapidamente a magnitude dos desafios. Os humanos primitivos, ao procurar comida, precisavam determinar rapidamente se o número de animais que viam representava uma oportunidade ou um perigo, se eram grandes demais para serem capturados ou se estavam muito distantes. Um erro nesses cálculos poderia ser fatal. Assim, aqueles com maior capacidade de avaliar essas magnitudes tinham melhores chances de sobrevivência, contribuindo para a transmissão genética de habilidades relacionadas ao sentido de número.

Deste modo, o processo de aquisição e desenvolvimento da competência matemática inicia-se com a capacidade inata dos humanos-bebés e outros animais possuírem um sentido

de número não simbólico. Este é desenvolvido a partir de dois subsistemas de representação da numerosidade do sistema primário (Dehaene, 1997; Gallistel e Gelman, 1992).

O primeiro subsistema - a *subitização*, refere-se à capacidade de apreender de forma rápida e precisa a numerosidade até três/quatro itens. A percepção precisa da quantidade de “1, 2 e 3” é um elemento-chave para o caçador avaliar perigos e oportunidades. Os humanos e outras espécies detetam de forma precisa 1, 2 e 3 uma coleção de objetos e algumas tribos como o povo aborígene Walpiri da Austrália não usam números; apenas a representação precisa de 1, 2, 3 e muitos para lidar com as adversidades da vida quotidiana, tal como nos demonstra o documentário “The Story of 1” [A História do Número 1], dirigido por Nick Murphy e realizado pela BBC em 2005 (EduDoc, 2012).

O segundo subsistema - o *sistema numérico aproximado* (SNA) subjaz à capacidade de apreender numerosidades de quantidades superiores a quatro itens por estimativa e por comparação de magnitudes. Segundo Piazza (2010), as crianças pré-escolares apreendem o significado da sequência numérica quando a precisão do SNA lhes permite discriminar que o número seguinte numa sequência é maior em magnitude. Estas capacidades inerentes ao sentido de número não simbólico permitem ao ser humano representar quantidades de forma precisa e aproximada e compará-las, antes mesmo de aprender a contar ou usar símbolos para manipular números até ao infinito.

A premissa de que o SNA desempenha um papel dominante na aquisição dos primeiros números simbólicos levou muitos investigadores a debruçarem-se para analisar o efeito preditivo do SNA no desempenho matemático, de modo a encontrar estudos consistentes. Procuraram medir a acuidade do SNA como tarefa não simbólica e a comparação numérica (número maior/menor) como tarefa simbólica (e.g. De Smedt, Noël, Gilmore e Ansari, 2013) tornando-se, na literatura em cognição matemática, uma das medidas mais usadas por ser considerada, por muitos investigadores, o fator crucial na aquisição dos primeiros números simbólicos. No entanto, ainda não se sabe ao certo como o SNA está relacionado com o desenvolvimento da competência matemática, devido a resultados inconsistentes do efeito preditivo do SNA no desempenho matemático (e.g. Carey e Barner, 2019; Krajci, Fedele e Reynvoet, 2023).

A partir do ensino formal da matemática, o cenário altera-se. Entra o sistema secundário, implicando tarefas simbólicas que sofrem influência cultural e ambiental. Estão relacionadas com *competências básicas da matemática (ou competências numéricas iniciais)* aprendidas nos primeiros anos de escolaridade. Investigadores e educadores em cognição matemática agrupam essas competências em três grandes blocos: *Número, Relações e Operações* (e.g. Devlin, Moeller, e Sela, 2022, Marcelino, Sousa, e Lopes, 2017; Hirsch, Lambert, Coppens, e Moeller, 2018) O Número envolve a contagem (crescente, decrescente ou salteada), o reconhecimento do número (natural e racional) e do seu valor posicional (e.g. identificação das unidades e dezenas). As Relações dizem respeito à comparação numérica (número maior/menor), proximidade numérica (tarefas com recurso à reta numérica) e identificação dos números antecessores e sucessores. As Operações implicam o domínio das quatro operações básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão) e os seus procedimentos de contagem e não contagem.

As crianças - pelo menos aquelas com audição “normal” - desenvolvem o sistema simbólico de representação numérica, envolvendo desde já a contagem oral, permitindo alargar a representação precisa da numerosidade até ao infinito. Este sistema implica a associação da quantidade ao número e ao uso dos algarismos e linguagem, como a palavra-número ou gesto-número. Desenvolvem-se nos últimos dois anos do pré-escolar e em particular nos primeiros anos de escolaridade.

Nas tarefas simbólicas, a aprendizagem da matemática inicia-se com a aquisição do

valor simbólico dos números (identificação do número e do seu valor posicional), das suas relações (comparação numérica, números antecessores e sucessores) e operações (adição, subtração, multiplicação e divisão), levando as crianças surdas e ouvintes a aprender a contar, identificar e comparar números, para depois aprenderem a adicionar, subtrair, multiplicar e dividir, desenvolvendo assim competências numéricas iniciais que servirão de base para a aprendizagem de conceitos mais avançados. Além disso, permite a realização de adições e subtrações exatas recorrendo a fatos numéricos, com expressões verbais/gestuais como ‘seis mais quatro é igual a dez’ ou expressões numéricas escritas “ $6 + 4 = 10$ ”).

As crianças ouvintes, para utilizarem eficientemente o sistema linguístico de contagem, devem perceber o conceito de palavra-número, ou seja, que cada palavra corresponde a um número exato de objetos (e.g. Le Corre e Carey, 2007) e mais tarde, aprendem que está associado a um valor posicional (unidades, dezenas, centenas e milhar). Nas crianças surdas, contudo, o sistema linguístico de contagem assume a forma de contagem visual-manual. O sistema da linguagem é substituído por movimentos dos dedos, mantendo o sistema visual da representação do algarismo (Leybert e Van Cutsem (2002). Na língua gestual portuguesa (LGP) o sistema visualmanual também assenta no sistema de numeração decimal. Até 10 segue uma estrutura convencional. Com a introdução do gesto-número 10, a partir do 11, o movimento de cada número repete o gesto-número 10 e mais cada gesto-número na ordem das unidades.

1.2 Estudos comparativos entre crianças surdas e ouvintes - contributos das neurociências, psicologia cognitiva e educação

À luz do Modelo do Triplo Código, Andin e colaboradores (2019) procuraram investigar a validade externa do modelo na população surda, partindo da hipótese de que esta utiliza uma modalidade diferente do sistema de linguagem, ou seja, utiliza um sistema visuo espacial ao invés de linguagem auditiva durante cálculos aritméticos simples (adição e subtração). O estudo revelou que os indivíduos ouvintes mostraram uma ativação mais ampla em áreas do cérebro relacionadas ao sistema verbal de processamento numérico (giro angular esquerdo e o giro frontal inferior) enquanto os indivíduos surdos ativam áreas do cérebro relacionadas ao sistema de quantidade (o sulco intraparietal direito). Isto indica que, em comparação com ouvintes que não utilizam língua gestual, os surdos que a utilizam conseguem realizar, com sucesso, processos localizados em áreas cerebrais parcialmente diferentes durante cálculos aritméticos simples.

Num estudo realizado recentemente em 2023, Andin e colaboradores descobriram redes semelhantes envolvidas para ambos os grupos, sendo a única exceção a intensidade da ativação do giro frontal inferior esquerdo (responsável pela linguagem) em indivíduos ouvintes. Especificamente, nos ouvintes, essa área é ativada mais intensamente, enquanto nos surdos, ela apresenta uma conectividade funcional mais forte com outra região do cérebro, o giro temporal superior esquerdo, responsável pelo processamento visual. Segundo os autores, esses resultados indicam que o menor desempenho dos surdos em aritmética não se deve a uma maior utilização do sistema de quantidade (que lida com a compreensão de números e quantidades), mas possivelmente a diferenças em outras partes do cérebro que não foram consideradas no modelo original de processamento numérico, algo que ainda não está detectado.

Gottardis e colaboradores (2011), a partir de uma meta-análise, procuraram sintetizar resultados de estudos comparativos sobre o rendimento matemático em crianças ouvintes e surdas (ou com audição reduzida). Os resultados dos estudos não apresentam diferenças significativas no desempenho matemático entre crianças surdas ou ouvintes cujas

competências numéricas são medidas por tarefas não simbólicas (e.g. Bull, Blatto-Valle e Fabich, 2006) o que seria de prever dada a falta de influência cultural e linguística. Outros estudos, pelo contrário, apontam para diferenças significativas entre os grupos (e.g. Bull *et al.*, 2017; Borgna *et al.*, 2018).

Estudos apontam que estudantes ouvintes apresentam desempenhos semelhantes aos alunos surdos na presença de tarefas simbólicas com a contagem sugerem (e.g. Leybaert e Van Cutsem, 2002), mas desempenhos mais altos nas operações aritméticas (e.g. Nunes *et al.*, 2008) e na resolução de problemas (e.g. Blatto-Vallee *et al.*, 2007; Ansell e Pagliaro, 2006).

Também os estudos na área da ciência cognitivas e educação têm-se concentrado na linguagem - por exemplo, habilidades fonológicas, língua gestual (ou língua de sinais) - para encontrar respostas sobre o baixo desempenho escolar em alunos surdos, de modo a explorar novas formas de lhes dar acesso à matemática. No entanto, esses esforços não têm sido suficientemente produtivos (Marcelino, Sousa e Costa, 2019; Marschark *et al.*, 2011). Alguns estudos indicam que o tipo de dispositivo auditivo (aparelho auditivo ou implante coclear) pode influenciar o desempenho matemático, embora essa influência seja inconsistente, dado que, em alguns estudos, como por exemplo, o estudo de Edwards, Edwards e Langdon (2012), em que alunos surdos com implante coclear, com uma média de idades de 10 anos, apresentaram um baixo desempenho tanto em tarefas aritméticas como geométricas, em comparação com alunos ouvintes, mesmo quando têm maior acesso à língua gestual ou escrita, bons intérpretes e professores (Marschark *et al.*, 2011). Leybaert e Van Cutsem (2002), recorrendo a tarefas de contagem, sugerem um “défice experiencial”, referindo-se a fatores ambientais, como o facto de as crianças surdas terem menos experiências diárias com a contagem do que as crianças ouvintes.

Ainda assim, alguns estudos, como o de Chen e Wang (2020), ao examinarem a contribuição de três habilidades cognitivas gerais (QI não verbal, velocidade de processamento e habilidade espacial) e duas competências numéricas específicas (discriminação da quantidade e comparação numérica) concluíram que o desempenho matemático em alunos surdos depende mais das capacidades cognitivas gerais, tais como velocidade de processamento e habilidades espaciais do que das competências numéricas não simbólicas, indo ao encontro dos estudos que não encontram diferenças nas tarefas não simbólicas em alunos surdos e ouvintes.

Para além da natureza da tarefa matemática (simbólica ou não simbólica), outros fatores cognitivos (de domínio geral) devem ser considerados quando se procura avaliar o baixo desempenho em matemática em alunos surdos, tais como a linguagem, memória e as funções executivas. A memória de curto prazo (fonológica e viso espacial) e tarefas de controle inibitório moderam as diferenças encontradas entre as tarefas não simbólicas (discriminação da quantidade) e o desempenho na matemática (Bull *et al.*, 2017) indo de encontro com a premissa segundo a qual não existem diferenças significativas entre os grupos surdos e ouvintes no que se refere a capacidades cognitivas de domínio geral.

2 Recurso pedagógico digital na promoção de competências numéricas em crianças surdas: o videojogo “planeta em perigo: uma aventura espacial”

O videojogo “Planeta em Perigo: Uma Aventura Espacial” foi desenvolvido no âmbito do projeto GBL4deaf - Game-based Learning for Deaf Students [PTDC/COM-CSS/32022/2017] [GBL4deaf - Jogos Educativos Acessíveis a Surdos] para estimular a aprendizagem da matemática em alunos surdos e com audição reduzida, e também ouvintes. O videojogo está disponível em domínio aberto. O objetivo do projeto incidiu no desenvolvimento de um videojogo baseado em investigação (“Space adventure: Defend the planet”, 2021), acessível a surdos (e também a ouvintes) que promova a aquisição de competências básicas de aritmética

e geometria. É um jogo inclusivo com tutorial bilíngue (LGP e Língua Portuguesa escrita) (Costa & Marcelino, 2020), promovendo assim a interação entre estudantes surdos e ouvintes (Figura 1). Foi desenhado para ser aplicado em contexto familiar ou em sala de aula com o acompanhamento dos pais, ou professores.

No videogame, o jogador assume o papel de comandante de uma base espacial abandonada. Cada missão começa no posto central de comando, servindo como ponto de partida para cada desafio do jogo. O seu objetivo é reconstruir a base e protegê-la dos piratas espaciais. Para obter os recursos necessários para cada missão, o jogador utiliza competências matemáticas, ou seja, o conhecimento matemático é intrínseco à jogabilidade. Após completar com sucesso os quatro desafios, o comandante está preparado para defender a sua base numa Batalha Espacial - uma clássica batalha espacial - incentivando o jogador a obter mais recursos e construir naves mais poderosas para derrotar a ameaça pirata (Figura 2). A 'batalha espacial' tem como objetivo o jogar por puro entretenimento.

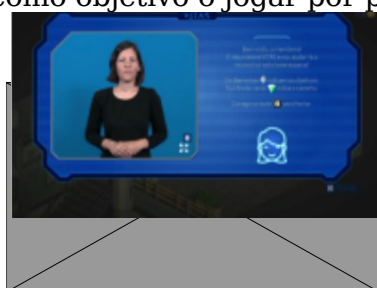


Figura 1: Tutorial bilíngue

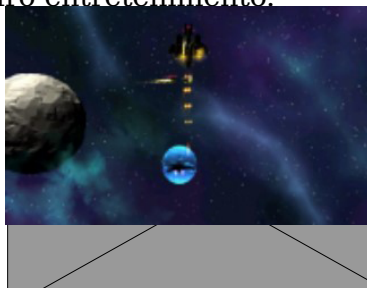


Figura 2: Batalha Espacial

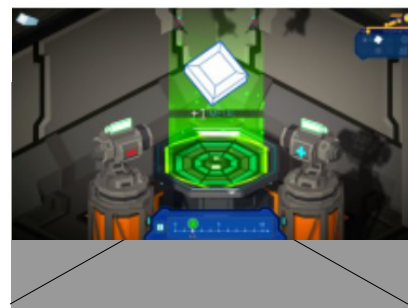


Figura 3: Desafio 1 - Adição e Subtração (nível 1)

Como objetivos de aprendizagem, as crianças são desafiadas a aplicar estratégias de resolução de problemas aritméticos e geométricos em quatro desafios de jogo com três níveis de dificuldade. A Aritmética está presente no Desafio 1 (Adição e Subtração) e Desafio 2 (Multiplicação e Divisão) e a Geometria no Desafio 3 (Pensamento algorítmico, Cálculo de Ângulos) e no Desafio 4 (Decomposição de figuras planas). Os conteúdos matemáticos estão integrados na jogabilidade. Isso significa que, no videogame, cruzam-se tarefas não simbólicas e simbólicas partindo de desafios matemáticos. Não há referência a expressões matemáticas. Apenas à presença de símbolos matemáticos.

Faremos apenas referência mais detalhada ao Desafio 1, dado que foi usado como um programa de intervenção em crianças surdas e ouvintes com baixo rendimento da matemática.

No Desafio 1, intitulado de **Refinaria**, o objetivo do jogo implica transformar minério bruto extraterrestre em barras de metal. Para isso, o jogador assume o papel de Operador de máquina de extração de minério, controlando uma máquina com dois canhões, um que ao ser disparado adiciona partículas e o outro retira partículas (+/-). Tendo como base a adição e subtração com lacunas, o jogador precisa de adicionar ou subtrair (disparando) partículas para obter a quantia exata para a produção de barras de metal, sendo essa informação dada ao jogador na reta numérica. A obtenção de barras de metal é o recurso necessário para a missão. Os níveis de dificuldade variam consoante a extensão da reta numérica (0-10; 0-20; 0-40) e mediante a contagem necessária (bombas de valor 1; bombas de valor, 2, 5 ou 10 com/sem pré-carregamento) (Figura 3).

Por exemplo, no Nível 2, o jogador tem 9 partículas e tem de chegar a 14 partículas (a quantia exata para produzir uma barra de metal). Em linguagem matemática, obtemos a expressão numérica: $9 + \underline{\quad} = 14$. Solução menos eficaz: lançar 5 x a bomba de valor 1 (9... 10, 11, 12, 13, 14). Solução mais eficaz: lançar uma bomba de valor 5 a partir do seguinte procedimento com recurso ao valor posicional. O jogador, recorrendo à visualização da reta

numérica, parte da decomposição do 14 (10 e 4), seguido da composição da dezena (logo, $9 + 1 = 10$) e a compensação ($1 + 4 = 5$). O resultado é 5, podendo o jogador lançar uma bomba de valor 5, ou bomba de valor 2 e de 3. No exemplo da Figura 4, uma criança surda, participante do estudo, decidiu usar a caneta de anotação do Zoom, para resolver a tarefa.



Participantes e procedimento

No primeiro trabalho de campo do projeto *GBL4Deaf* foi utilizada a versão beta do jogo, apenas presente o Desafio 1. Participaram cinco alunos surdos (duas raparigas e três rapazes) com idades compreendidas entre os 9 e os 17 anos, sendo a média de idades 14.60 e o desvio padrão de 3.21. Entre os alunos surdos, dois sem implante coclear (IC) e três com IC, surdos profundos, assinalados pela escola com dificuldades na aprendizagem da matemática, exceto uma criança surda profunda de 9 anos, sem implante coclear e com ensino em casa (Quadro 1). As sessões de jogo decorreram em videoconferência com recurso à *Plataforma Zoom*, acompanhadas pela mãe ou professor de educação especial e com a moderação dos membros da equipa do projeto.

Quadro 1: Caracterização da amostra

	Sexo	Idade	Ano escolar	Dispositivo auditivo
Caso 1	M	9	4 (ensino em casa)	-
Caso 2	F	16	9	IC
Caso 3	F	16	8	IC
Caso 4	M	17	9	-
Caso 5	M	15	7	-

2 Resultados

Na análise do comportamento de jogo foi utilizada uma abordagem mais qualitativa baseada na observação. Os comportamentos observados foram os seguintes:

a) procedimentos de contagem (contagem a partir do zero, contagem saltada de 2 em 2, 5 em 5, e 10 em 10); b) presença ou ausência da reta numérica como suporte; c) sentido de agrupamento (e.g. se uma bomba de valor 2, vale 2, duas bombas valem 4); e d) procedimentos de não contagem com valor posicional (composição da dezena, decomposição

numérica, domínio das parcelas do 2-10, uso da compensação).

O Caso 1 é uma criança de 9 anos, do sexo masculino, surda profunda sem implante coclear. Tem o ensino domiciliário de equivalência ao 4º ano de escolaridade, por decisão dos pais que sentiam falta de apoio e estímulo na escola. Terminou com nota de “Muito Bom” nos exames nacionais. Não apresenta dificuldades na aprendizagem da matemática. Foi observado o uso de procedimentos de não contagem com valor posicional e um forte sentido exploratório no recurso à compensação, isto é, usava os limites da reta numérica e depois compensava em tom de brincadeira e exploração, acertando sempre. Segundo a mãe, após as 8 sessões, melhorou o cálculo mental aditivo e subtrativo e transpôs esse conhecimento para a multiplicação.

O Caso 2 é uma jovem de 16 anos, matriculada no 9º ano de escolaridade, surda profunda com implante coclear. Usa a contagem pelos dedos. Não sabe contar +10 e - 10 a partir de um dado número fluentemente (e.g. $3 + _ = 40$). Não conhece as parcelas do 10, logo não recorre à composição da dezena como estratégia. Após as 10 sessões de jogo, aprendeu a usar as parcelas do 10. Recorre à dezena com eficiência e usa em algumas situações a compensação.

O Caso 3 é uma jovem de 16 anos, matriculada no 8º ano de escolaridade, surda profunda com implante. Após 10 sessões aprendeu a contar + 10 a partir de um dado número (e.g. $17 - _ = 7$. Usou imediatamente uma bomba de valor 10). Recorre à composição da dezena e compensação (e.g. $16 - _ = 8$. Utilizou uma bomba de 10 valores e uma de 2 para compensar). Executa estratégias eficientes de decomposição (e.g. $8 - _ = 2$. Utilizou uma bomba de valor 5 e uma de 1 para o total de 6).

O Caso 4 é um jovem de 17 anos, matriculado no 9º ano de escolaridade, surdo profundo, sem implante coclear. Demonstra dificuldades severas nas tarefas aritméticas, tendo dificuldade em resolver adições com $1 + _$. Recorre aos dedos e contagem 1 a 1. Não foi possível verificar melhorias, pois só participou em 4 sessões. O último caso é um jovem de 15 anos, matriculado no 7º ano de escolaridade, surdo profundo, sem implante coclear. Foi o caso mais severo, não sabendo efetuar adições a partir do zero (e.g. $0 + _ = 6$), sem problemas cognitivos. Recorre à reta numérica, sempre com contagem 1 a 1. Tem dificuldades em contar de forma salteada (2 em 2, 5 em 5 ou 10 em 10) e não tem sentido de agrupamento (e.g. 2 bombas de valor 5, recorre à contagem 1 a 1 até 10). Não conhece as parcelas do 10. Após 5 sessões aprendeu a contar de 2 em 2 e 5 em 5 na reta numérica. Segundo a escola, não apresentava problemas cognitivos, apenas estava sinalizado com baixo rendimento escolar.

3.1 Discussão dos resultados

O videojogo “Planeta em Perigo: Uma aventura Espacial” foi desenhado para a promoção de habilidades matemáticas ao nível da aritmética e geometria básica, podendo ser usado como um exemplo de um potencial recurso pedagógico digital adequado ao contexto escolar ou familiar. Os resultados preliminares do estudo demonstraram, acima de tudo, que podem servir para obter informações imediatas sobre as dificuldades e progressos dos alunos num ambiente individualizado, demonstrando ser uma boa ferramenta para identificar problemas dos alunos ao nível das competências básicas da matemática. Dado o ano escolar avançado, o professor não tem meios para recolher dados concretos sobre os conceitos básicos em falta condicionantes do percurso académico do aluno. Por exemplo, a partir da observação do comportamento de jogo verificou-se que um jovem surdo de 15 anos não sabia efetuar adições a partir do zero, ou um jovem de 17 anos apenas resolve adições simples $0 - 10$ com contagem 1 a 1. Mais ainda, duas jovens de 16 anos matriculadas no 8.º e 9.º ano de escolaridade não sabiam qual o número que aparece 10 números a partir de um dado número

na reta numérica, num intervalo numérico de 0-40. Dos cinco casos, apenas o menino de 9 anos, com apoio domiciliário e acompanhamento próximo da mãe nas suas aprendizagens escolares, demonstrou alto rendimento escolar, incluindo a matemática. Após as sessões, o jovem melhorou o seu cálculo mental e conseguiu extrapolar essas aprendizagens para outras mais avançadas como a multiplicação.

Algumas das melhorias observadas deveu-se a uma intervenção adaptada às necessidades e ritmo das crianças e jovens surdos. Foi também aplicada uma escala de emoções, onde os participantes reportaram emoções positivas face à aprendizagem da matemática como recurso ao videojogo, tais como, satisfação, entusiasmo e vontade de voltar a jogar. Ensinar o aluno a aprender e a manter-se motivado é um dos grandes desafios de um professor e o envolvimento do estudante na sua aprendizagem é um importante fator de sucesso escolar (Comissão Europeia, 2018).

Considerações finais

Em uma era pós-pandêmica, reforça-se o desenvolvimento de práticas pedagógicas centradas no aluno, afastada de um ensino dirigido ao professor (Comissão Europeia, 2018). As tecnologias digitais ganham força e podem ser usadas, não só para potencializar a flexibilidade das aprendizagens, mas também como um potencial recurso pedagógico na diferenciação pedagógica e na personalização dos conteúdos de aprendizagem no sentido de promover a inclusão (Meirinhos, Silva e Dessbesel, 2019).

Neste sentido, os avanços tecnológicos nas duas últimas décadas facilitaram o surgimento de novas intervenções digitais (Kaser, Lesgold, Resnick, e Twyman, 2013). Numa meta-análise da evidência empírica da intervenção com recursos digitais em matemática, Benavides-Varela e colaboradores (2020) demonstraram que, em quinze estudos com alunos com necessidades educativas especiais, sete incluíam intervenções matemáticas com videojogos.

Recorrendo aos princípios da aprendizagem baseada em jogos (GBL), um videojogo educacional pode facilitar a aprendizagem da matemática de diversas formas (Gee, 2003). Os videojogos educacionais seguem princípios delineados para envolver o estudante, podendo, deste modo, ter um impacto positivo na motivação para aprender dado a possibilidade de criar um estado de imersão e envolvimento numa determinada tarefa. Esse estado é psicológico, que Csikszentmihaly (1990) denominou como “estado de fluxo”, onde o Eu dilui-se no tempo e o espaço e a envolvimento da tarefa a que se propõe um aluno atinge um estado otimizado de produtividade e sensação de bem-estar.

Os videojogos podem criar experiências de aprendizagem significativas com *feedback* imediato, níveis suficientemente desafiantes e frustrantes, onde o fracasso é uma ferramenta motivacional no sentido em que desafios e recompensas incentivam as crianças a identificar e superar obstáculos, tudo isto num ambiente passível de corrigir erros de forma segura, rápida e eficaz. Outro princípio regulador de um bom videojogo está relacionado com a personalização e controlo. Permite atender aos interesses individuais do jogador/aluno, dando também uma sensação de controlo das suas ações, sendo estes outros dos elementos que contribuem para uma aprendizagem envolvente e progressiva (Gee, 2007).

Em termos didáticos, podem ajudar as crianças a visualizar e compreender conceitos matemáticos abstratos de forma concreta e dinâmica. Além disso, oferecem oportunidade para praticarem e consolidarem os conhecimentos matemáticos de forma repetida e variada, contribuindo assim para a retenção de conceitos (básicos) a longo prazo.

Algumas estratégias de ensino apontadas como mais eficazes para crianças surdas abarcam os princípios do GBL presentes nos videojogos, tais como a inclusão de recursos visuais dinâmicos (e.g. reta numérica dinâmica, como imagens, gráficos e diagramas, vídeos,

curtas-metragens) que auxiliam na compreensão dos conceitos matemáticos; o uso de língua gestual (ou de sinais) em cenários virtuais para facilitar a compreensão e aplicação dos conceitos; um ambiente de aprendizagem com uma abordagem multimodal que combine diferentes modalidades de comunicação. Por exemplo, estímulos visuais que apela ao estímulo auditivo, tais como a energia libertada pelos canhões do Desafio 1 do videogame.

Como pontos-chave, este trabalho procura dar um enquadramento teórico sobre temas que podem ser aplicados num ambiente escolar inclusivo - tais como: a) uma discussão aberta entre alunos e professores, intérpretes e outros educadores sobre o impacto e importância da matemática na vida quotidiana; b) sobre o entendimento do mundo macro e micro à volta do número, a partir da visualização, seguido de debate de ideias da curta-metragem “As Potências de Base 10” ou do documentário do BBC “A História do Número 1”; c) passando pelo conhecimento, reflexão e transmissão de curiosidades de como a mente humana, em particular da criança surda, aprende a matemática - podendo ser usados como recursos pedagógicos dinâmicos por professores e educadores. Por acréscimo, a necessidade de formação avançada de professores sobre o desenvolvimento da competência matemática na criança surda e ouvinte e quais os fatores cognitivos e não cognitivos que interferem no desempenho matemático. Por fim, foi apresentado um trabalho empírico preliminar para refletir sobre o potencial de um videogame educacional inclusivo na melhoria do processo de *ensinar a aprender a matemática*.

Apresentamos como consideração final a necessidade de mais estudos com evidência científica, incluindo o impacto do videogame “Planeta em Perigo: Uma Aventura Espacial” na promoção de habilidades matemáticas. Ainda existe um longo caminho a percorrer na criação de ambientes de aprendizagem da matemática inclusivos, produtivos, estimulantes, interativos e personalizados para as crianças surdas (e ouvintes).

Referências

- ALCOCK, L. *et al.* Challenges in mathematical cognition: A collaboratively-derived research agenda. *Journal of Numerical Cognition*, v. 2, n. 1, p. 20-41, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.5964/jnc.v2i1.10>.
- ANDIN, J.; ELWÉR, Å.; MAKI-TORKKO, E. Arithmetic in the adult deaf signing brain. *Journal of Neuroscience Research*, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jnr.24569>.
- ANDIN, J.; ELWÉR, Å.; MAKI-TORKKO, E. Differences and similarities in arithmetic processing between deaf signers and hearing non-signers. *Journal of Neuroscience Research*, v. 101, n. 1, 2023. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/jnr.25138>.
- ANSELL, E.; PAGLIARO, C. The relative difficulty of signed arithmetic story problems for primary level deaf and hard of hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 11, p. 153-170, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/deafed/enj030>.
- BALDACCHINO, G.; FARRUGIA, C. (eds.). *Educational Planning and Management in Small States: Concepts and Experiences*. Educational Development in the Small States of the Commonwealth. London: Commonwealth Secretariat, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.14217/9781848597938-en>.
- BENAVIDES-VARELA, S. *et al.* Computer-based interventions to improve math skills in students with special educational needs: A meta-analysis of single-case design studies. *Journal of Numerical Cognition*, v. 6, n. 1, p. 1-21, 2020.
- BERCH, D. B. Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disability. *Journal of Learning Disabilities*, v. 38, n. 4, p. 333-339, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/00222194050380040901>.
- BLATTO-VALLEE, G. *et al.* Visual-spatial representation in Mathematics problem Solving by deaf and hearing Students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 12, p. 432-48, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/deafed/enm022>.
- BORGNA, G. *et al.* Numerical and real-world estimation abilities of deaf and hearing college students. *Deafness & Education International*, v. 20, n. 2, p. 59-79, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14643154.2018.1437238>.
- BULL, R. *et al.* The approximate number system and domain-general abilities as predictors of math ability in children with normal hearing and hearing loss. *British Journal of Developmental Psychology*, v. 36, n. 2, p. 236-254, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/bjdp.12204>.
- BULL, R.; BLATTO-VALLEE, G.; FABICH, M. Subitizing, magnitude representation and magnitude retrieval in deaf and hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 11, p. 289-302, 2006. Disponível em: <https://doi.org/>
- BYNNER, J.; PARSONS, S. Does numeracy matter? Evidence from the National Child Development Study on the impact of poor numeracy on adult life. The Basic Agency Skills, 1997. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1566245/1/parsons2006does.pdf>.
- BYNNER, J.; PARSONS, S. Impact of poor numeracy on employment and career progression. In: TICKLY, C.; WOOLF, A. (Eds.). *The maths we need now: demands, deficits and remedies*. Bedford Way Papers, Institute of Education, 2000.
- CAREY, S.; BARNER, D. Ontogenetic origins of human integer representations. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 23, n. 10, p.



823-835, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.07.004>.

CHEN, L.; YAN WANG, Y. The contribution of general cognitive abilities and specific numerical Abilities to Mathematics achievement in students who are Deaf or Hard-of-Hearing. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, v. 33, p. 771-787, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10882-020-09772-8>.

COMISSÃO EUROPEIA. *Study on supporting school innovation across Europe: Final report*. Publications Office, 2018. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/466312>.

COSTA, C. & MARCELINO, L. Games User Research with Deaf Students: Research Design and Preliminary Results. In *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*, 2020, 106-115. Disponível em: <http://doi.org/10.34190/GBL.20.108>.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row, 1990.

DE SMEDT, B., *et al.* How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, v. 2, n. 2, p. 48-55, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.001>.

DEHAENE, S. *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press, 1997.

DEHAENE, S.; COHEN, L. Toward an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, v. 1, p. 83-120, 1995.

DEVLIN, D.; MOELLER, K.; SELLA, F. The structure of early numeracy: Evidence from multi-factorial models. *Trends in Neuroscience and Education*, v. 26, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2022.100171>.

EAMES OFFICE. *Powers of Ten* [vídeo]. YouTube, 27 ago. 2010. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=0fKB-hvDjuy0&ab_channel=EamesOffice.

EDUDOC. *A História do Número 1* [vídeo]. YouTube, 19 jul. 2012. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3rijd-n6L9sQ&ab_channel=EduDoc.

EDWARDS, A.; EDWARDS, L.; LANGDON, D. The mathematical abilities of children with cochlear implants. *Child Neuropsychology*, v. 19, n. 2, p. 127-142, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09297049.2011.639958>.

GALLISTEL, C. R.; GELMAN, R. Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, v. 44, p. 43-74, 1992. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90050-R](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90050-R).

GEE, J. P. *Good Video Games and Good Learning: Collected Essays on Video Games, Learning, and Literacy*. Peter Lang, 2007.

GEE, J. P. *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave/Macmillan, 2003.

GOTTARDIS, L.; NUNES, T.; LUNT, I. A synthesis of research on deaf and hearing children's mathematical achievement. *Deafness & Education International*, v. 13, n. 3, p. 131-150, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1179/1557069X11Y.0000000006>.

GROSS, J.; HUDSON, C.; PRICE, D. *The long-term costs of numeracy difficulties*. Every Child a Chance Trust/KPMG, 2009. Disponível em: https://www.numicon.co.nz/uploads/66441/files/Numicon_research_ECC_paper.pdf.

HIRSCH, S. K. *et al.* Basic numerical competences in large-scale assessment data: structure and long-term relevance. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 167, p. 32-48, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.015>.

HOLT, J. Classroom attributes and achievement test scores for deaf and hard of hearing students. *American Annals of the Deaf*, v. 139, p. 430-437, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1353/aad.2012.0274>.

KASER, J. *et al.* Authentic game-based contexts for learning. In: *Games, learning, and society*, Cambridge University Press, 2013. p. 129-156.

KIPLAGAT, P.; ROLE, E.; MAKEWA, L. N. Teacher commitment and mathematics performance in primary schools: A meeting point!. *International Journal of Development and Sustainability*, v. 1, n. 2, p. 286-304, 2012. Disponível em: <https://idsnet.com/ijds-v1n2-18.pdf>.

KRAJCSÍ, A.; FEDELE, M.; REYNVOET, B. The approximate number system cannot be the leading factor in the acquisition of the first symbolic numbers. *Cognitive Development*, v. 65, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2022.101285>.

LE CORRE, M.; CAREY, S. One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, v. 105, p. 395-438, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.10.005>.

LEVESQUE, E.; DUNCAN, J. Inclusive education for deaf students: Pass or fail. *Deafness & Education International*, v. 26, n. 2, p. 125-126, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14643154.2024.2341573>.

LEYBAERT, J.; VAN CUTSEM, M. N. Counting in Sign Language. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 81, n. 4, p. 482-501, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2660>.

MARCELINO, L.; SOUSA, C.; COSTA, C. Cognitive foundations of Mathematics learning in deaf students: A systematic literature review. In: *Proceedings of EDULEARN19*, 2019. p. 5914-5923. Disponível em: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1425>.

MARCELINO, L.; SOUSA, Ó.; LOPES, A. Predictive relation between early numerical competencies and mathematics achievement in first grade Portuguese children. *Frontiers in Psychology*, v. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.011103>.

MARSCHARK, M. *et al.* Evidence-based practice in educating deaf and hard-of-hearing children: Teaching to their cognitive strengths and needs. *European Journal of Special Needs Education*, v. 26, n. 1, p. 3-16, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08856257.2011.543540>.

MEIRINHOS, M.; SILVA, A.; DESSBESEL, R. Modelos de integração curricular das tecnologias digitais em contextos de aprendizagem. In: PIREZ, M. *et al.* (Eds.). *IV Encontro Internacional de Formação na Docência (INCTE)*, 2019. p. 102-112. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/15084>.

NUNES, T. *et al.* Deaf children's informal knowledge of multiplicative reasoning. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 14, n. 2, p. 260-77, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/deafed/enn040>.

PIAZZA, M. Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, 2010. Dis-



ponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.008>. Space Adventure: *Defend the Planet* (2021). In GBL4deaf. <https://gbl4deaf.itch.io/spaceadventure-en>

