



# CRESCER COM A MATEMÁTICA

## Relatório final

Licenciatura em Engenharia Informática  
Interação Pessoa Computador  
2020/2021



### DOCENTES

David Patrício Luna  
Francisco Godinho  
João Barroso  
Nuno Manuel da Fonte  
Tânia Rocha

## Índice

1. Identificação dos elementos do grupo .....	2
2. Descrição do tema e título da solução desenvolvida.....	2
3. Desenvolvimento da pesquisa e análise bibliográfica.....	2
4. Fator Diferenciação .....	4
5. Apresentação de <i>Keywords</i> .....	5
6. Requisitos e Especificações .....	5
Requisitos funcionais.....	5
Requisitos não funcionais .....	6
7. <i>Mockups</i> .....	7
8. Teste de Usabilidade .....	11
9. Teste de Acessibilidade .....	15
10. Conclusão .....	16
11. Referências Bibliográficas.....	17

## 1. Identificação dos elementos do grupo

- Ana Dias 69691 - al69691@utad.eu
- Ana Vale 68613 - al68613@utad.eu
- Diana Alves 68557 - al68557@utad.eu
- Diana Ferreira 68938 - al68938@utad.eu
- José Ribeiro 68686 - al68686@utad.eu
- Márcia Pires 68657 - al68657@utad.eu
- Rui Vaz 68565 - al68565@utad.eu

## 2. Descrição do tema e título da solução desenvolvida

**Título:** Crescer Com A Matemática

Discalculia é uma desordem neurológica específica que afeta a habilidade de uma pessoa de compreender e manipular números. Assim, pretendemos desenvolver uma aplicação que ajude na aprendizagem da matemática básica (aritmética simples), dedicada a crianças que frequentem o ensino básico (até ao 4º ano). Nesta aplicação incorporam-se problemas associados à matemática, e após resolução dos mesmos, jogos didáticos, que estimulam a memória, entre outros aspetos, que captam a atenção da criança.

## 3. Desenvolvimento da pesquisa e análise bibliográfica

Discalculia é uma desordem neurológica específica que afeta a habilidade de uma pessoa de compreender e manipular números. Assim, pretendemos desenvolver uma aplicação que ajude na aprendizagem da matemática básica (aritmética simples), dedicada a crianças que frequentem o ensino básico. Desse modo, após a pesquisa efetuada, conseguimos concluir que uma criança com discalculia pode apresentar vários sinais, tais como: dificuldade em reconhecer números; dificuldade para ligar símbolos numéricos (5) com as suas palavras correspondentes (cinco); dificuldade em reconhecer padrões e colocar as coisas em ordem. No entanto, a discalculia não só afeta a criança em ambiente escolar, como também fora dele, com dificuldade em, por exemplo: lembrar números como códigos postais, números de telefone; dificuldade com tudo o que envolva questões

de dinheiro; dificuldade em distinguir esquerda da direita; dificuldade em ler relógios e dizer o tempo.

A *Developmental Dyscalculia* (DD) em crianças é relativamente comum, com uma prevalência de 3 a 6% na população escolar e com altas taxas de comorbidades, como ADHD e dislexia [1] (“Uma importante correlação da incapacidade matemática é a incapacidade de leitura. Estima-se que 40% dos disléxicos também tenham uma incapacidade matemática” [5]).

Desse modo, as crianças com discalculia identificadas num estudo [6] demonstraram défices gerais no processamento de números, incluindo o acesso a informações numéricas verbais e semânticas, a contagem de pontos, a recitação de sequências de números e números de escrita. Apesar disso, as crianças com discalculia sem deficiência de leitura eram normais ou acima da média em tarefas que envolvem memória de trabalho fonológico, acesso a informações verbais não-numéricas, inteligência não verbal, capacidades linguísticas e capacidades psicomotoras.

Num outro estudo realizado, *Van der Sluis* e os seus colegas (2005) mostraram que as crianças com incapacidades aritméticas tiveram um pior desempenho numa tarefa que exige a memorização de informações visuais dinâmicas – estes resultados são consistentes com outras descobertas [4], onde é relatado um menor desempenho de crianças com incapacidades aritméticas no teste *Corsi Block Tapping* (jogo de memorização). Assim, os défices nos sistemas de memória de trabalho têm contribuído substancialmente para défices específicos na construção de representações cognitivas do número, na formação de conceitos e procedimentos e na recuperação de factos aritméticos em crianças com DD [2] [3].

Em outro estudo realizado [7], teve como objetivo avaliar as diferenças de escolha de estratégia e processamento de informação em crianças com e sem incapacidade matemática do primeiro e segundo ano. As estratégias e os seus tempos de solução associados, utilizados na resolução de problemas, foram registados numa base experimental e cada uma foi classificada de acordo com o modelo de escolhas de estratégia das associações. Com base no desempenho, indexado pelas notas dos testes de realização, a amostra de incapacidade de aprendizagem (LD) foi reclassificada num grupo melhorado com LD e num grupo de *LD-no-change* (grupo que não mostrou uma grande capacidade de contornar problemas). Não se verificam diferenças substantivas em

comparação com os grupos normais e melhorados com o LD. As características de desempenho do grupo *LD-no-change*, em comparação com os dois grupos restantes, incluíam erros frequentes de contagem e recuperação de memória, uso frequente de uma estratégia computacional imatura, más escolhas de estratégia e uma taxa variável de processamento de informação. Estas características de desempenho foram discutidas em termos do modelo de escolha de estratégia e em termos de potenciais défices de memória a longo prazo e de capacidade de memória de trabalho.

#### 4. Fator Diferenciação

	Socratic	Photomath	Mental Math Practice	Flow Free	Lumosity	NeuroNation ***	Prodigy Math Game	Know Abacus	Math & Logic - Brain Games: Preschoolers to Age 10
Fácil Uso	não	não	não	sim	não	não	-	sim	não
Problemas Matemáticos	sim	sim	sim	não	sim	não	-	sim	sim
Raciocínio Lógico	não	não	sim	sim	sim	não	-	não	sim
Memorização	não	não	não	não	não	sim	-	não	não
Atividades Quotidianas	não	não	não	não	não	sim	não	não	não
Linguagem em Português	sim	sim	não	sim*	sim	sim	não**	sim	sim

**Figura 1 - Tabela Comparação de Aplicações**

Legenda:

- \* Português do Brasil
- \*\* Não está disponível em Portugal
- \*\*\* Não adequado à faixa etária (até 4º ano)

Através da pesquisa efetuada, e através das aplicações que encontramos sobre este tema (Figura 1), concluímos que nenhuma cumpre todos os requisitos necessários para uma melhor aprendizagem do público-alvo e, consequentemente, obter um melhor partido da aplicação.

Deste modo, queremos criar uma aplicação de fácil uso, que não requeira supervisão de um adulto constante, no entanto requer um suporte do mesmo. Que tenha um vocabulário simples e de fácil compreensão em que uma criança consiga entender todo e qualquer problema sem dificuldade.

Como referido anteriormente, existem algumas situações onde a discalculia está associada com a dislexia, assim pretende-se também implementar uma função de leitura de modo a facilitar a interpretação do problema. Através da nossa pesquisa, apenas encontramos uma aplicação (*NeuroNation*) com essa funcionalidade, no entanto, esta não se adequa ao público-alvo.

Tendo em conta todos os factos referidos anteriormente, pretendemos implementar uma aplicação que seja portadora de todos os atributos referenciados na tabela (Figura 1).

## 5. Apresentação de *Keywords*

Discalculia, Ensino Básico, Matemática, Jogos, Memória, Atenção, Números, Dificuldade, Aprendizagem, Crianças, Cálculo, Disfunção Cognitiva, Jogabilidade. Developmental disorders, Developmental Learning Disability, Intraparietal sulcus (IPS), Mathematical Difficulty, Number Sense.

## 6. Requisitos e Especificações

### Requisitos funcionais

1. O sistema deverá permitir seleccionar a opção “Desafios na página inicial”;
  - 1.1. Depois de seleccionar “Desafios” deverá aparecer outra página na qual o utilizador pode escolher as seguintes opções: “1ºano de escolaridade”, “2ºano de escolaridade”, “3ºano de escolaridade”, “4ºano de escolaridade”;
  - 1.2. Após a seleção de um dos anos de escolaridade começa o desafio, constituído por 5 problemas matemáticos, de escolha múltipla relacionados com a matéria lecionada no ano;
  - 1.3. No fim de cada desafio é mostrado ao utilizador quantas perguntas acertou. Aqui terá a opção de refazer o desafio ou sair para a página inicial.
2. O sistema deverá permitir seleccionar a opção “Jogos didáticos” na página principal.
  - 2.1. Depois de seleccionar “Jogos didáticos” deverá aparecer uma página na qual o utilizador pode seleccionar o jogo didático que pretende jogar. As regras dependerão de cada jogo didático;

- 2.2. Depois de clicar em jogos didáticos aparecerá uma nova página com as seguintes opções: “Jogo da memória”, “Cálculo Rápido”, “Associação”.
- 2.3. Se o utilizador escolher a opção, este será levado para uma nova página onde tem que escolher a dificuldade do jogo, entre fácil, que reúne números entre o 1 e o 8, médio, com números entre o 1 e o 16, e por fim a dificuldade difícil, com números entre o 1 e o 20. Após a escolha, o utilizador é encaminhado para a respetiva página do jogo de acordo com a dificuldade escolhida. Cada dificuldade funciona com base no mesmo princípio, cada utilizador tem que encontrar os pares correspondentes de todos os números presentes, usando a memória como principal elemento e exercitando-a.
- 2.4. Se o utilizador escolher a opção Cálculo Rápido, será encaminhado para uma nova página que apresenta uma soma e quatro possíveis respostas, o tempo de jogo é limitado a 30 segundos, porém se o utilizador acertar 5 perguntas seguidas esse tempo será estendido, as somas também aumentam progressivamente de dificuldade cada vez que o utilizador acerta numa soma.
- 2.5. Se o utilizador escolher a opção Associação, irá para uma nova página onde responde a 10 perguntas em que terá que associar números cardinais escritos de forma numérica à sua forma textual e vice-versa. Para cada pergunta terá quatro opções de resposta, sendo algumas delas bastante similares à resposta certa e outras bastante diferentes. No final das 10 perguntas terá que submeter as respostas e será apresentado o resultado que obteve e uma classificação qualitativa motivadora.
3. O sistema deverá ter uma função em todas as páginas que permita passar o rato do computador por cima das palavras e que estas sejam ditas em voz alta (*text to speech*).

### Requisitos não funcionais

1. O sistema deverá estar em português;
2. O sistema deverá ser responsivo;
3. O sistema deverá conter apenas problemas matemáticos adequados à faixa etária do público-alvo;
4. O sistema deverá ter linguagem simples e direta.

## 7. Mockups



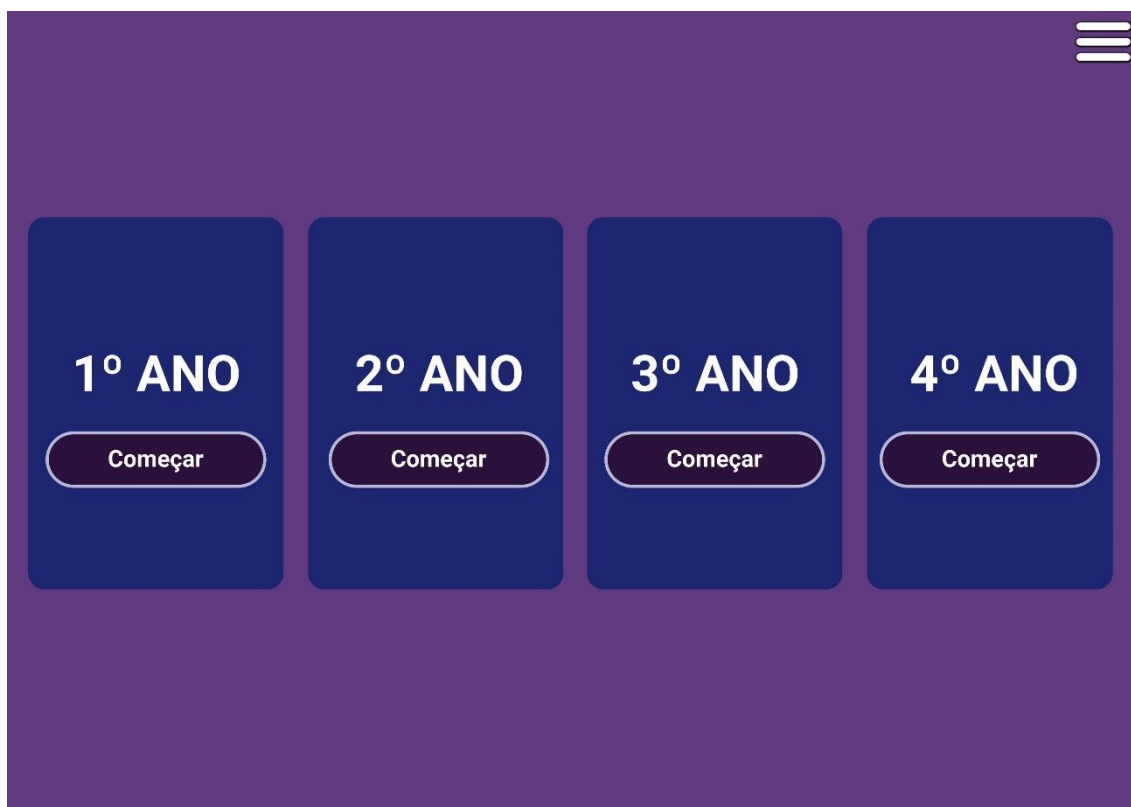
***Crescer com a matemática***

*Figura 2 - Logótipo "Crescer com a Matemática"*



*Figura 3 - Página Inicial*

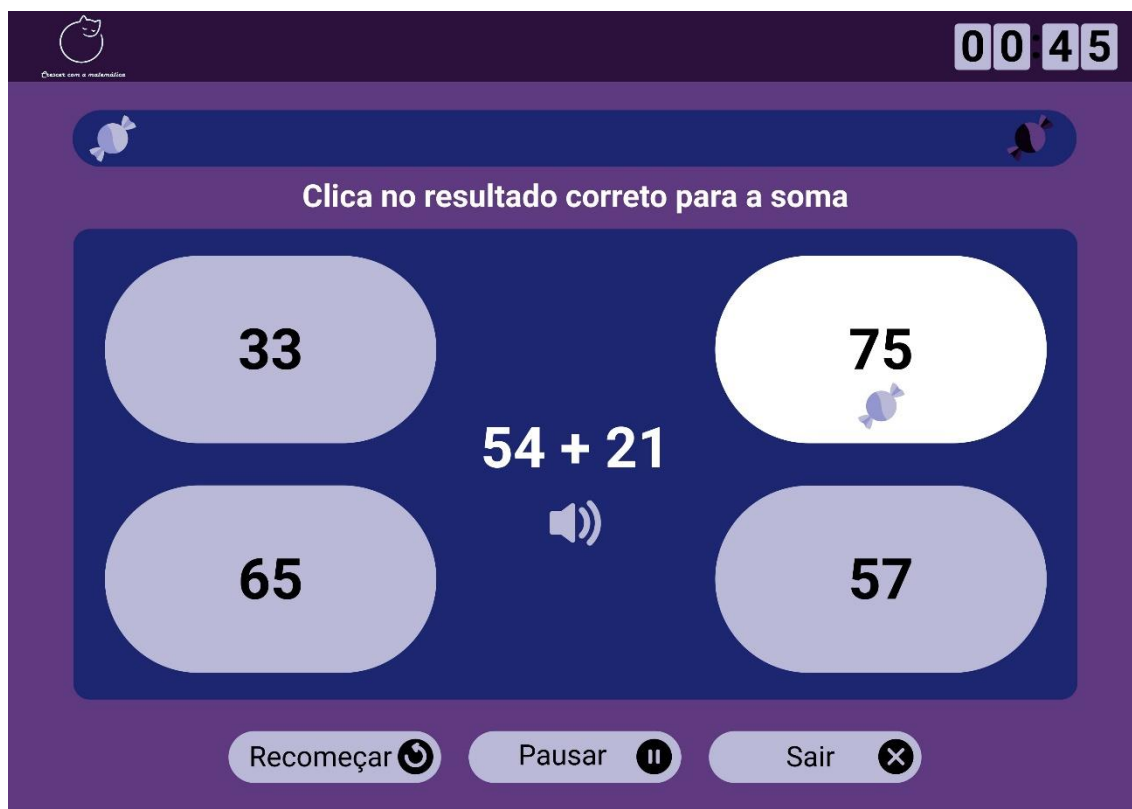




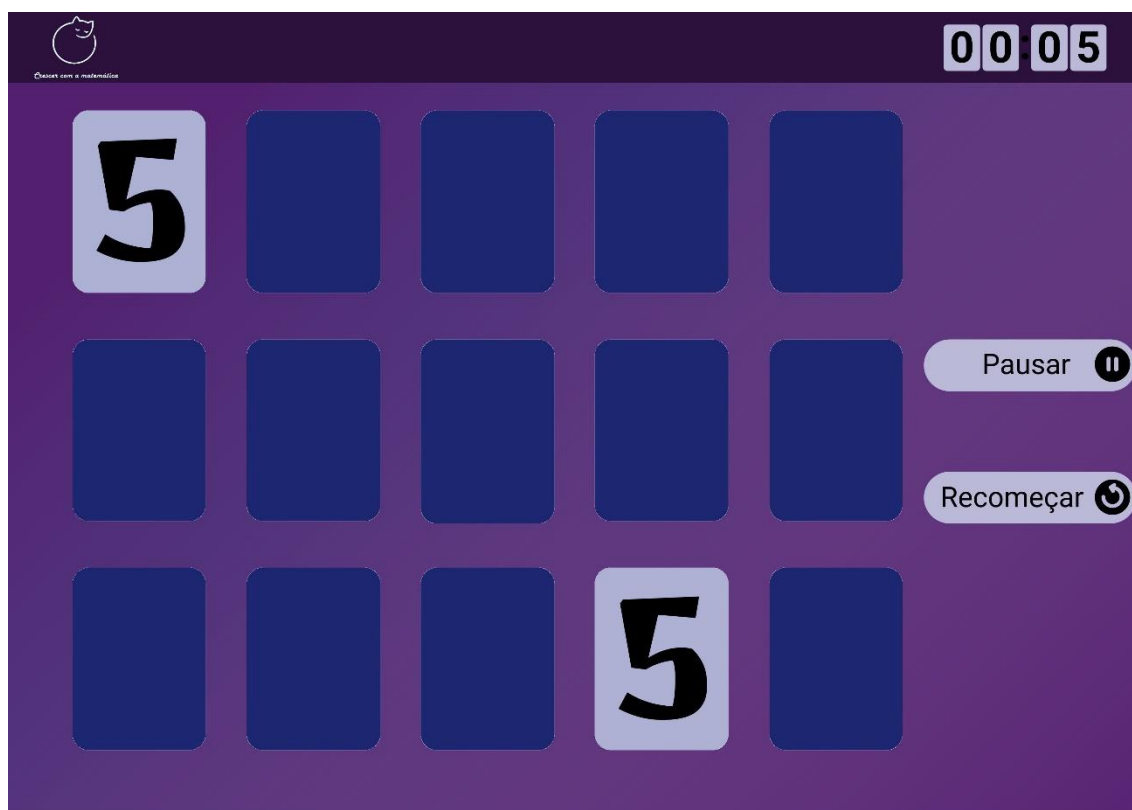
*Figura 4 – Menu de Seleção do Desafio*



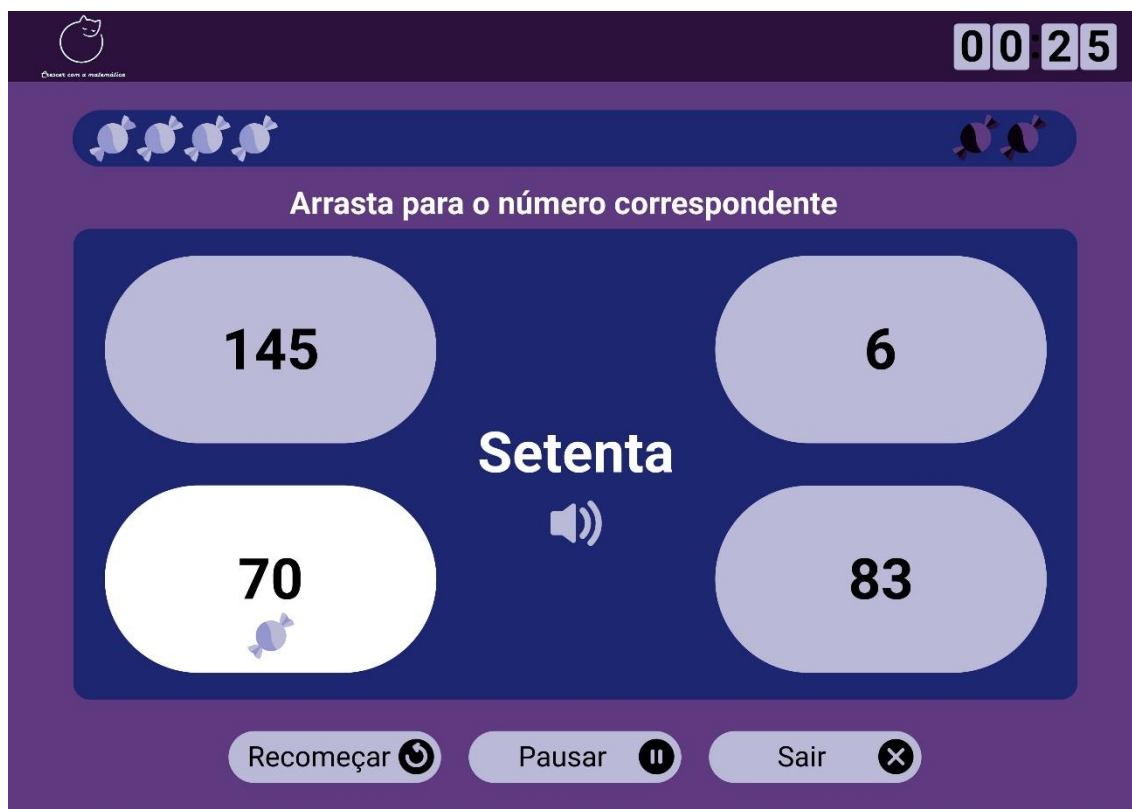
*Figura 5 – Menu de Seleção do Jogo*



*Figura 6 - Exemplo de Jogo Didático " Cálculo Rápido "*



*Figura 7 - Exemplo de Jogo Didático - " Jogo da Memória "*



*Figura 8 - Exemplo de Jogo Didático - "Associação"*



*Figura 9 - Página Final*

## 8. Teste de Usabilidade

Para a realização do teste de usabilidade foi contactado o Agrupamento de escolas Augusto Moreno localizado em Bragança. Assim, procedeu-se à testagem do protótipo funcional na escola primária de Santa Comba de Rossas. Na altura da realização do teste estavam presentes catorze alunos sendo dois do primeiro ano de escolaridade, seis do segundo, um do terceiro e cinco do quarto.

Devido ao constrangimento temporal de duas horas para catorze alunos decidiu-se testar maioritariamente a parte dos desafios da aplicação. Para isto, foi criado à priori um questionário simples com linguagem acessível às diferentes idades dos alunos:

Questionário de usabilidade – Crescer com a matemática

**Ano de escolaridade:** 1º Ano ☐ 2º Ano ☐ 3º Ano ☐ 4º Ano ☐

**Pré-teste:**

Já alguma vez usaste um computador para estudar? Sim ☐ Não ☐

Já alguma vez usaste uma aplicação para estudar matemática? Sim ☐ Não ☐

**Tarefas:**

Desafio 1 ☐ Desafio 2 ☐ Desafio 3 ☐ Desafio 4 ☐

J. Memória ☐ J. Associar ☐ J. Cálculo ☐

**Tempo de realização da tarefa:**

**Observações:**

**Pós-teste:**

Gostaste da aplicação? Sim ☐ Mais ou menos ☐ Não ☐

Achas a aplicação fácil usar? Sim ☐ Mais ou menos ☐ Não ☐

Conseguiste perceber todo o texto na aplicação? Sim ☐ Mais ou menos ☐ Não ☐

Achas que o uso da aplicação te ajudaria a perceber melhor matemática? Sim ☐ Mais ou menos ☐ Não ☐

Voltarias a usar a aplicação? Sim ☐ Mais ou menos ☐ Não ☐

**Que modificações sugerias?**

**Figura 10 - Questionário de Usabilidade**

Após a realização do teste foram compiladas as respostas a cada pergunta do qual surgiu as seguintes tabelas:

**Tabela 1 - Questões pré-teste**

Ano	Pré-teste: Já alguma vez usaste um computador para estudar?	Pré-Teste: Já alguma vez usaste um computador para estudar matemática?
1	Sim	Não
1	Não	Não
2	Sim	Não
2	Sim	Sim
2	Sim	Sim
2	Sim	Não
2	Sim	Não
3	Sim	Sim
4	Sim	Não
4	Sim	Não
4	Sim	Não
4	Sim	Não
4	Sim	Não

**Tabela 2 - Questões pós-teste**

Tarefa	Pós-teste: Gostaste da aplicação?	Pós-teste: Achas a aplicação fácil de usar?	Pós-teste: Conseguiste perceber todo o texto na aplicação?	Pós-teste: Achas que o uso da aplicação te ajudaria a perceber melhor matemática?	Pós-teste: Voltarias a usar a aplicação?
Desafio 1	Sim	Sim	Mais ou menos	Sim	Sim
Desafio 1	Sim	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Desafio 2	Mais ou menos	Não	Sim	Sim	Mais ou menos
Desafio 2	Sim	Sim	Mais ou menos	Sim	Sim
J. Memória	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 2	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
J. Cálculo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 3	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 4	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 4	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 4	Sim	Sim	Mais ou menos	Sim	Mais ou menos
Desafio 4	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desafio 4	Mais ou menos	Mais ou menos	Sim	Sim	Mais ou menos

### *Análise do pré-teste:*

Como é possível ver através da primeira tabela referente às questões pré-teste, apenas um dos alunos não tinha previamente usado um computador para estudar e a maioria não usou para o estudo específico de matemática. Assim, pudemos considerar que o uso do computador para a testagem não seria uma influência no lado negativo ao resultado obtido posteriormente.

### *Observações durante o teste:*

Durante a realização dos testes foi possível obter algumas observações:

- A maioria dos alunos teve dificuldades em perceber que era necessário clicar no botão “Próxima Questão” para passar para a seguinte pergunta;
- A maioria dos alunos teve dificuldade em identificar o botão “Submeter Respostas” como necessário para a submissão do desafio;
- Nem todas as questões para cada ano de escolaridade eram acessíveis sendo que um número significativo de alunos precisou de explicação para chegar à resposta;
- A maioria dos alunos completou o seu desafio entre os 4 e os 8 minutos.

### *Análise do pós-teste:*

Através da análise da tabela com as respostas do questionário pós-teste podemos verificar que, no geral, os alunos da escola primária de Santa Comba de Rossas acharam que a aplicação seria de grande ajuda para o estudo de matemática dentro e fora do contexto de sala de aula independentemente das dificuldades que possam ter sentido no seu primeiro uso.

### *Sugestões fornecidas pelos alunos:*

No fim de cada teste, achámos imperativo pedir aos alunos a sua sugestão para melhorar a aplicação. No geral, os alunos dos 1º, 2º e 4º anos de escolaridade disseram que as perguntas dos desafios eram demasiado difíceis para a matéria que tinham dado até à época e que seria bom ter algumas perguntas mais fáceis. O aluno do 3º ano de escolaridade achou que as perguntas do seu ano deviam ser mais diversificadas e houve um aluno do 4º ano de escolaridade que sugeriu deixar fazer alguns cálculos dentro da aplicação para facilitar o raciocínio para a resposta. Quanto ao Jogo do Cálculo o aluno sugeriu o aumento de tempo pois o limite de 30 segundos era muito pequeno.

### *Conclusões da equipa de trabalho quanto ao teste de usabilidade:*

Tendo em conta toda a informação recolhida na testagem do protótipo consideramos haver alguns erros de usabilidade, nomeadamente com os botões “Próxima Questão” e “Submeter Respostas” visto que, dos catorze alunos apenas um inferiu automaticamente o uso dos mesmos sem necessidade de ajuda. Este problema poderia ser resolvido mudando os botões para setinhas dentro da interface de resposta tornando os botões mais intuitivos ou então fazendo com que quando o aluno clica na resposta correta a aplicação passe imediatamente para a seguinte questão.

Quanto às páginas restantes (página inicial, página de escolha do desafio, etc.), todos os alunos compreenderam o conteúdo das mesmas não havendo nenhum problema em entender o uso dos botões e, portanto, podemos considerar que não existe nelas nenhum erro de usabilidade. No que diz respeito a cores e texto não houve nenhuma observação negativa por parte dos alunos sendo que, os que tiveram dificuldade com o texto na aplicação tinham, em geral, dificuldade na leitura. Este problema foi facilmente ultrapassado com o *text to speech* inserido na aplicação.

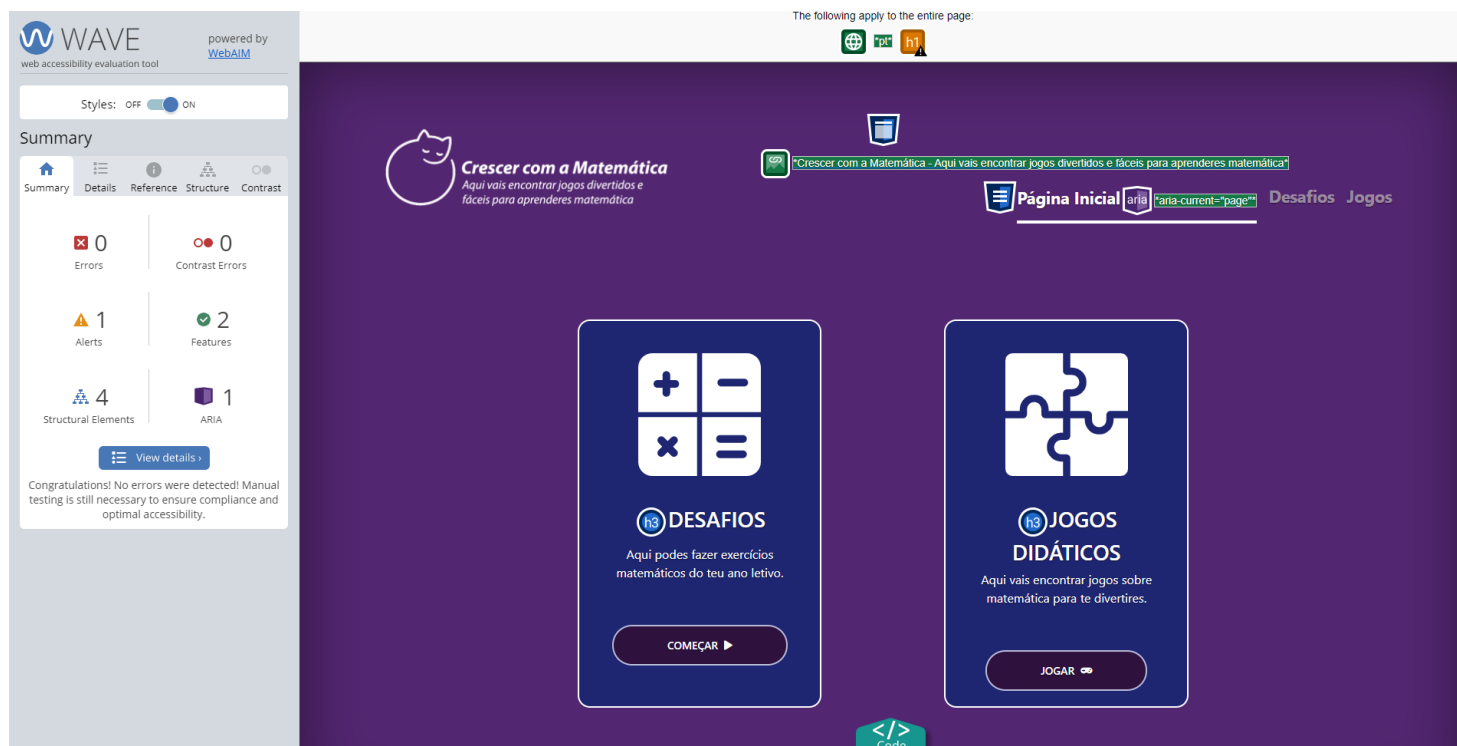
É também importante explicar as sugestões e *feedback* fornecidos pela docente da escola. Neste caso, a professora mostrou grande interesse pela aplicação e mesmo no seu uso durante períodos de aulas e para o estudo em casa. Salientou que muitos dos problemas encontrados no que diz respeito à dificuldade das perguntas em si provinham do facto do atraso e dificuldade na lecionação da matéria por causa do confinamento devido à COVID-19 durante os primeiros 4 meses do ano civil. Explicitou que, talvez, sendo feita a testagem no fim do ano letivo dos alunos (18 de julho de 2021), os problemas agora encontrados neste aspeto não seriam tão significativos.

Globalmente, a equipa de trabalho considera que com algumas pequenas alterações e uma futura testagem após o fim do ano letivo dos anos de escolaridade do ensino básico, a aplicação conseguiria um resultado excelente na sua usabilidade, visto que, desta vez, não ficou muito longe de o alcançar.

## 9. Teste de Acessibilidade

Em relação à acessibilidade, foram efetuados testes durante o desenvolvimento da aplicação através da utilização da plataforma *Wave (Web Accessibility Evaluation Tool)*. Esta tem um conjunto de ferramentas de avaliação que identificam erros e “warnings”, de modo que o produto final seja o mais acessível possível para indivíduos portadores de alguma incapacidade. Como dito anteriormente, foram efetuados vários testes e consoante a sua avaliação foram feitas alterações ao nível de programação de maneira a corrigir erros apresentados.

Como é demonstrado por exemplo na figura 11, os últimos testes efetuados no *Wave* à nossa aplicação confluída e funcional não apresentaram nenhum erro, no entanto são apresentados “warnings”. Como a resolução desses “warnings” não altera em nada o funcionamento da aplicação e o produto final já foi avaliado com eles no Teste de Usabilidade, decidimos não fazer alterações em termos de programação e por isso não foram resolvidos.



**Figura 11** – Exemplo Teste de Acessibilidade (Página principal da aplicação)



## 10. Conclusão

Embora não seja possível afirmar a ajuda da aplicação em crianças com discalculia por não ter sido possível fazer um teste de usabilidade nesse contexto, podemos dizer que a aplicação seria uma mais-valia no estudo individual ou supervisionado dos alunos no ensino básico.

Para trabalho futuro consideramos as correções dos problemas encontrados nos botões e um teste de usabilidade quando o ensino básico terminar o ano letivo e quando a COVID-19 estiver mais estabilizada e permita um ano escolar completamente presencial para minimizar os problemas encontrados por falta destas condições.

Quanto à acessibilidade, testada através do *Wave*, acreditamos que o resultado foi o melhor que podíamos esperar e que com um pouco mais de tempo seria possível tirar também os *warnings* encontrados conseguindo assim uma plataforma ainda mais acessível.

Quanto à usabilidade, embora tenha havido alguns problemas aquando da testagem do protótipo funcional, este cumpre as expectativas iniciais do grupo de trabalho e que com uns pequenos ajustes não teria problemas de usabilidade.

Concluimos assim, que realizámos o trabalho que nos propusemos implementar sem grandes percalços e que a aplicação que dele originou seria favorável aos alunos do ensino básico depois das alterações sugeridas.

## 11. Referências Bibliográficas

- [1] Koumoula, A., Tsironi, V., Stamouli, V., Bardani, I., Siapati, S., Annika, G., et al. (2004). An epidemiological study of number processing and mental calculation in Greek schoolchildren. *J Learn Disabil*.
- [2] Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *Eur Child Adolesc Psychiatry*.
- [3] Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychol Bull*.
- [4] McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *J Exp Child Psychol*.
- [5] Lewis, C., Hitch, G., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- and 10-year old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*.
- [6] De Smedt, B.; Gilmore, C.K. (2011). "Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties". *Journal of Experimental Child Psychology*.
- [7] Mussolin, C.; De Volder, A.; Grandin, C.; Schlögel, X.; Nassogne, M.C.; Noël, M.P. (2010). "Neural correlates of symbolic number comparison in developmental dyscalculia". *Journal of Cognitive Neuroscience*.
- [8] Singh M. (2019). "Top 10 must-have free apps for Dyscalculia", NumberDyslexia. Editado a 8 de janeiro de 2021.
- [9] Shalev, Ruth (2004). "Developmental Dyscalculia". *Journal of Child Neurology*.
- [10] Dinkel (2013). "Diagnosing Developmental Dyscalculia on the Basis of Reliable Single Case fMRI Methods: Promises and Limitations". *PLOS ONE*.
- [11] Landerl; Bevan, A; Butterworth, B (2004). "Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8–9-year-old students". *Cognition*.
- [12] Mozzocco; Myers (2003). *"Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years". Annals of Dyslexia*.
- [13] Callaway, Ewen (9 January 2013). *"Dyscalculia: Number games". Nature*.
- [14] De Smedt, B.; Gilmore, C.K. (2011). "Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties". *Journal of Experimental Child Psychology*.
- [15] Butterworth B. (2019) *Dyscalculia From Science to Education*. Routledge, New York.
- [16] Hannel G. (2013). *Dyscalculia Action plans for successful learning in mathematics second edition*. Routledge, New York.
- [17] Watson K. (2019). *Dyscalculia: Know the Signs*. Healthline.
- [18] Rizawati Rohizan (2020). *MathFun: A Mobile App for Dyscalculia Children*. IOP publishing.
- [19] Rouselle; Noël (2007). "Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing". *Cognition*
- [20] Rosselli, Monica; Matute, Esmeralda; Pinto, Noemi; Ardila, Alfredo (2006). "Memory Abilities in Children With Subtypes of Dyscalculia". *Developmental Neuropsychology*.

- [21] Pablo Torres-Carrión, C. S.-G.-D.-G. (2018). Educational Math Game for Stimulation of Children with Dyscalculia. Springer.
- [22] Klingberg, Torkel (2013), The Learning Brain: Memory and Brain Development in Children, Oxford University Press, p. 68.
- [23] Rotzer, S; Loenneker, T; Kucian, K; Martin, E; Klaver, P; von Aster, M (2009). "Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia". Neuropsychologia.
- [24] Rubinsten, O; Henik, A (February 2009). "Developmental dyscalculia: Heterogeneity might not mean different mechanisms". Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.).
- [25] Butterworth, B (2010). "Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia". Trends in Cognitive Sciences.
- [26] Butterworth, B; Varma, S; Laurillard, D (2011). "Dyscalculia: From brain to education". Science.
- [27] Geary, DC (1993). "Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components". Psychological Bulletin.
- [28] Geary, DC (1990). "A componential analysis of an early learning deficit in mathematics". Journal of Experimental Child Psychology.
- [29] McLean, JF; Hitch, GJ (1999). "Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties". Journal of Experimental Child Psychology.
- [30] Szucs, D; Devine, A; Soltesz, F; Nobes, A; Gabriel, F (2013). "Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment". Cortex.
- [31] Monuteaux, MC; Faraone, SV; Herzig, K; Navsaria, N; et al. (2005). "ADHD and dyscalculia: Evidence for independent familial transmission". J Learn Disabil.
- [32] A. Anning; A. Edwards (1999). Promoting Children's Learning from Birth to Five: Developing the New Early Years Professional. Maidenhead, UK: Open University Press.
- [33] Räsänen P, Salminen J, Wilson AJ, Aunio P, Dehaene S (2009). "*Computer-assisted intervention for children with low numeracy skills*". *Cognitive Development*.
- [34] Käser, Tanja; Baschera, Gian-Marco; Kohn, Juliane; Kucian, Karin; Richtmann, Verena; Grond, Ursina; Gross, Markus; von Aster, Michael (1 January 2013). "*Design and evaluation of the computer-based training program Calcularis for enhancing numerical cognition*". *Frontiers in Psychology*.
- [35] Rauscher, Larissa; Kohn, Juliane; Käser, Tanja; Mayer, Verena; Kucian, Karin; McCaskey, Ursina; Esser, Günter; von Aster, Michael (1 January 2016). "*Evaluation of a Computer-Based Training Program for Enhancing Arithmetic Skills and Spatial Number Representation in Primary School Children*". *Frontiers in Psychology*.
- [36] Käser, T.; Busetto, A. G.; Solenthaler, B.; Baschera, G.-M.; Kohn, J.; Kucian, K.; von Aster, M.; Gross, M. (2013). "*Modelling and Optimizing Mathematics Learning in Children*". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.
- [37] Cohen Kadosh, R; Soskic, S; Iuculano, T; Kanai, R; Walsh, V (2010). "*Modulating neuronal activity produces specific and long-lasting changes in numerical competence*". *Current Biology*.

- [38] Butterworth B, Varma S, Laurillard D (2011). "Dyscalculia: from brain to education". *Science*. 332: 1049–1053
- [39] Wilson AJ, Revkin SK, Cohen D, Cohen L, Dehaene S (2006). "An open trial assessment of "The Number Race", an adaptive computer game for remediation of dyscalculia". *Behavioral and Brain Functions* 2: 20.
- [40] Butterworth B, Laurillard D (2010). "Low numeracy and dyscalculia: identification and intervention". *ZDM*. 42: 527–539.
- [41] Kucian K, Grond U, Rotzer S, Henzi B, Schönmann C, Plangger F, Gälli M, Martin E, von Aster M (2011). "Mental number line training in children with developmental dyscalculia". *NeuroImage*. 57: 782–795.
- [42] Cezarotto, M. A., & Battaiola, A. L. (2017). “Avaliação de jogabilidade em jogos para crianças com discalculia: proposta de heurísticas”. *Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica* (Vol. 16).