

Aplicativo Mobile para Auxílio na Verificação de Habilidades Matemáticas em Crianças com Deficiência Intelectual

Stephanie Silva Vieira Gomes¹, Rosilane Ribeiro da Mota¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Informática – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

stephanievgomes@gmail.com, rosilane@pucminas.br

Abstract. *Intellectual disability (ID) is a disorder that limits cognitive functions, impacting the learning process. Children with ID have more difficulty, when compared to typical children, with the fundamentals of mathematics. To mitigate such adversities, studies highlight the importance of a personalized approach, since each person presents a different way of learning. Thus, this work built an application to help verify mathematical skills in children with ID, contributing to the identification of individualized approaches that can help this public in the evolution of mathematical knowledge.*

Keywords: *Intellectual Disability, Children, Math, Mobile App*

Resumo. *A deficiência intelectual (DI) é um transtorno que limita as funções cognitivas, causando impactos no processo de aprendizagem. Crianças com DI têm mais dificuldade em fundamentos da matemática se comparadas com crianças típicas. Para amenizar tais adversidades, estudos destacam a importância de uma abordagem personalizada, uma vez que cada pessoa apresenta uma forma diferente de aprender. Assim, este trabalho construiu um aplicativo para auxiliar na verificação de habilidades matemáticas em crianças com DI, contribuindo na identificação de abordagens individualizadas que possam ajudar esse público na evolução do conhecimento matemático.*

Palavras-Chave: *Deficiência Intelectual, Crianças, Matemática, App Mobile*

1. Introdução

A deficiência intelectual (DI) é um transtorno caracterizado como uma série de déficits nas habilidades mentais, que afetam principalmente o funcionamento intelectual e adaptativo. Os indivíduos com esse transtorno podem apresentar dificuldades no aprendizado, comunicação, socialização e autonomia. Os sintomas têm início durante a infância e podem ser classificados como leve, moderado ou severo. Cerca de 1% da população mundial apresenta DI e desses, 85% têm o transtorno leve [APA 2013]. No Brasil, 1,2% da população possui o transtorno e desses 0,5% tem de 2 a 9 anos [IBGE 2020].

Dificuldades apresentadas pelos indivíduos com DI no processo de aprendizado podem ser atribuídas às limitações das funções cognitivas, que causam complicações como a interferência na obtenção de informações novas, problemas de memorização e lentidão para recuperar conhecimentos já solidificados [Freitas et al. 2016]. Crianças com esse transtorno apresentam mais adversidades na aquisição e desenvolvimento de conceitos matemáticos do que crianças típicas [Silva et al. 2015].

A fim de verificar meios para melhor condicionar o aprendizado das crianças com DI, foram desenvolvidos estudos focados em amenizar a defasagem dos conhecimentos matemáticos desse público. Um dos principais pontos destacados nos trabalhos foi a importância de conhecer qual a base de conhecimento existente, possibilitando direcionar intervenções personalizadas para cada criança.

Após busca por soluções já existentes, foi constatado que não há uma aplicação direcionada exclusivamente para a compreensão de quais conhecimentos matemáticos as crianças com DI possuem. A falta de instrumentos consolidados dificulta a identificação e direcionamento de abordagens assertivas para as crianças com DI.

Assim, o presente trabalho verificou ferramentas propostas para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem de matemática das crianças com DI, detectando soluções que pudessem ser aprimoradas. Com isso, esse estudo identificou a oportunidade de auxiliar na avaliação de habilidades matemáticas em crianças com DI, viabilizando a individualização das intervenções, ponto pouco explorado nos trabalhos realizados. Foi criado um aplicativo, baseado em instrumentos cientificamente testados, que detecta as competências matemáticas dos usuários, gerando um relatório que indica as habilidades a serem exploradas. Foi constatado que o estudo traz importantes contribuições, preenchendo a lacuna da avaliação dos conhecimentos matemáticos das crianças com DI.

O restante do artigo está organizado em: trabalhos relacionados, com o detalhamento de estudos já realizados; metodologia com os requisitos e instrumentos usados na construção da aplicação, além da descrição da implementação; seção de testes e resultados com os dados coletados e analisados, além da seção de conclusões e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Ao analisar trabalhos relacionados ao aprendizado de matemática por crianças com DI, foram identificados estudos que elencam métodos para que esse processo possa ser otimizado. Em seus estudos desenvolvidos, Vygotsky indicava a necessidade de conhecer o potencial de uma pessoa para que, a partir desse ponto, seja possível traçar os objetivos para passar do desenvolvimento real, o que o indivíduo já consegue realizar sem suporte, o e desenvolvimento potencial, o que pode ser evoluído [Guimarães et al. 2020].

Na cartilha Aprendizado de A a Z [Costa et al. 2016] é explorado como é possível ajudar crianças com DI a terem um melhor processo de aprendizagem. A cartilha afirma a importância de construir os métodos de ensino a partir das habilidades que a criança já possui, levando em conta também o perfil de cada uma.

Um estudo desenvolvido para analisar se o ensino inclusivo para crianças com DI têm impactos positivos na aprendizagem de matemática indicou que, após 1 ano de coleta, foi possível observar grupos que diferiram significativamente em seu progresso. Uma das conclusões foi a necessidade de adaptar as instruções matemáticas a cada base de conhecimento apresentada nos grupos, o que dificultou o trabalho dos professores. O estudo ressalta que uma solução capaz de ajudar os profissionais no ensino matemático individualizado ao perfil das crianças é de suma importância [Schnepel et al. 2020].

Os trabalhos mostram que um dos métodos para potencializar o aprendizado de matemática das crianças com DI, a noção dos conhecimentos já existentes, é pouco explorado. Esse estudo colabora com as pesquisas anteriores, verificando as habilidades

matemáticas do público alvo, dando base para abordagens personalizadas.

3. Metodologia

Para consolidar os requisitos da aplicação, foi realizado, em conjunto com especialistas da área de pedagogia e neuropsicologia, o mapeamento das habilidades matemáticas, objetivos de aprendizagem e seleção do nível de DI trabalhado, além do levantamento bibliográfico e análise de outras soluções.

3.1. Nível de Deficiência Intelectual

O nível de deficiência intelectual escolhido foi o leve e, ao focar em apenas um nível, foi possível criar uma aplicação capaz de ser utilizada de modo intuitivo pelos usuários, sem necessidade de auxílio constante de acompanhantes. Abranger todos os graus de DI exigiria uma adaptação de equipamentos e conteúdo para cada aspecto físico e intelectual apresentado naquele nível. Indivíduos que possuem DI leve apresentam lentidão nas áreas de desenvolvimento, mas conseguem viver com um suporte mínimo. A partir do nível moderado é necessário um suporte maior para realização das tarefas [Boat and Wu 2015].

3.2. Habilidades Matemáticas e Objetivos de Aprendizagem

Para estabelecer as habilidades matemáticas avaliadas e a definição dos objetivos de aprendizagem, foram utilizados dois instrumentos, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [BRASIL 2018] e o *checklist* do Modelo Denver de Intervenção Precoce (ESDM) [Rogers and Dawson 2014].

A BNCC é um documento do Ministério da Educação que regulamenta os marcos de aprendizagem a serem trabalhados nas escolas brasileiras públicas e particulares de educação infantil, ensino fundamental e médio. O *checklist* de Denver é um instrumento consolidado usado para avaliar as habilidades de crianças com autismo em vários domínios de desenvolvimento, estabelecendo objetivos de aprendizagem individuais.

Apesar do *checklist* de Denver ser usado para crianças com autismo, o mesmo é um método estruturado da evolução gradativa das habilidades e essa organização é uma referência para determinar marcos na evolução de crianças com DI, visto que muitas delas também apresentam a comorbidade de autismo [APA 2013]. Além disso, esse instrumento já foi testado clinicamente e os resultados obtidos foram satisfatórios para as crianças, responsáveis e especialistas envolvidos [Waddington et al. 2016].

Para verificar as habilidades matemáticas foi criado um questionário de avaliação que contém objetivos de aprendizagem. Neste estudo foi trabalhado a habilidade “Identificar e comparar as propriedades dos objetos, estabelecendo relações entre eles”, que está na faixa etária de 1 ano e 7 meses a 4 anos, conforme a BNCC. Essa habilidade é uma das que compõem a base do desenvolvimento matemático. Habilidades numéricas elementares são aquelas indispensáveis para o aprendizado de matemática e envolvem cálculos, estimativas, comparações e problemas aritméticos [Lorena et al. 2013].

Foi usado o *checklist* de Denver para mapear os objetivos de aprendizagem da habilidade escolhida. Como exemplo, o *checklist* indica alguns objetivos da habilidade de agrupar objetos: agrupar objetos idênticos e agrupar objetos semelhantes. Desse modo, foi possível subdividir a avaliação, facilitando a identificação dos déficits matemáticos.

O *checklist* contempla as idades de 1 até 4 anos, o que corresponde a faixa etária selecionada na BNCC. Cada objetivo de aprendizagem no *checklist* pode ser classificado como adquirido, parcialmente adquirido ou não adquirido e isso é definido observando o desempenho da criança, além da perspectiva dos responsáveis e especialistas envolvidos.

3.3. Construção do Questionário de Avaliação

Foram criadas duas versões do questionário de avaliação no aplicativo, a primeira para os responsáveis ou especialistas que acompanham a criança e a segunda para a criança. O objetivo foi separar os usuários, possibilitando adaptar o modo de apresentação das telas a cada perfil, além de conseguir maximizar o entendimento e engajamento de cada um deles. Obter a perspectiva dos dois perfis em relação às perguntas do questionário colaborou para a avaliação das respostas obtidas, tornando o resultado mais assertivo.

A Figura 1 mostra os objetivos de aprendizagem avaliados. Cada objetivo foi apresentado em forma de pergunta para o questionário do perfil responsável e especialista. Esse tipo de usuário teve 4 opções de resposta para cada pergunta, como indicado:

1. A criança realizou a atividade de modo consistente, com poucos erros ou inconsistências. Não precisou de apoio ou precisou de suporte mínimo.
2. A criança realizou a atividade de modo inconsistente, com uma quantidade de erros considerável. Precisou de apoio de outras pessoas ou dicas.
3. A criança não realizou a atividade mesmo com o apoio de outras pessoas ou dicas. Apresentou muitos erros ou nem conseguiu finalizar o proposto.
4. Não foi observado suficientemente a criança para se ter uma conclusão.

Tabela 1. Objetivos de Aprendizagem do Questionário

Objetivos de Aprendizagem
A criança consegue agrupar objetos idênticos.
A criança consegue agrupar objetos pela cor.
A criança consegue agrupar objetos pela forma.
A criança consegue agrupar objetos pelo tamanho.
A criança consegue agrupar objetos semelhantes por grupo.
A criança consegue agrupar objetos a partir de duas características.
A criança consegue agrupar objetos comuns em grupos funcionais.
A criança consegue identificar de 10 a 15 itens se dado 2 ou 3 atributos do objeto(tamanho,cor,forma).

No questionário direcionado às crianças foram criadas atividades gamificadas para representação de cada objetivo de aprendizagem. O modelo usado nas atividades:

1. Cada atividade tem um narrador para realizar a comunicação, incluindo comandos, dicas e feedbacks. Presença de uma imagem referência para comparação com as opções de resposta, todas em forma de desenho. Os desenhos foram baseados em palavras comumente utilizadas e julgadas adequadas para as crianças.
2. Cinco atividades para cada objetivo de aprendizagem, sendo duas atividades de treino e três de teste. A quantidade de atividades de treino foi definida pela escala Wechsler de Inteligência, que indica dois itens de treino para cada nova categoria de atividade [Cullum and Larrabee 2010]. As atividades de treino tem o objetivo de tornar concreto a ação esperada, avaliando se a criança compreendeu o comando emitido, com isso, esses itens não são computados na avaliação final.

3. Todas as atividades de treino e teste apresentam um *feedback* para a criança da sua resposta, reforçando os acertos e corrigindo os erros. O retorno para a criança visa motivar a mesma a continuar a realização das atividades seguintes.
4. Para cada objetivo de aprendizado é exibido uma explicação do conceito sendo avaliado. A explicação visa contextualizar as atividades em sequência.
5. Os comandos utilizam frases curtas, simples e diretas, baseadas em instruções sistemáticas, eficientes na comunicação com crianças com DI [Spooner et al. 2019].
6. A sequência de atividades é baseada no nível de dificuldade das mesmas, sendo o nível fácil, médio ou difícil. Se a criança errar todas as atividades de teste de um nível então não se avança para as atividades do próximo nível. De modo semelhante, se a criança errar as duas atividades de treino, independente do nível da atividade, ela não avança para as atividades de teste.
7. É disponibilizado um suporte para a criança se a mesma não conseguir realizar a ação esperada no tempo determinado. Esse suporte pode ser ajustado conforme as características da criança. Os tipos de suporte são o sonoro, emite um som para chamar a atenção da criança, o visual, efeitos visuais para chamar a atenção da criança ou o visual e sonoro, combinação dos outros dois tipos.
8. É possível interromper a realização do questionário, o responsável ou especialista acompanhando a criança deve resolver um desafio para realizar a pausa.

3.4. Geração do Relatório

Após a realização do questionário por parte dos responsáveis ou especialistas e pela criança é gerado um relatório a partir das respostas obtidas. As atividades realizadas pelas crianças são avaliadas pela porcentagem de erro, acerto, itens não realizados e utilização de suporte durante o questionário. Todos os itens mencionados estão presentes no relatório, além da descrição dos objetivos de aprendizagem verificados. O relatório não implica em um diagnóstico definitivo das habilidades da criança, sendo necessário avaliar cada contexto. O relatório fica armazenado na aplicação e o usuário tem a opção de salvar o documento no dispositivo em utilização e/ou compartilhá-lo com outras aplicações.

3.5. Implementação

A aplicação foi implementada através do *framework Flutter* e construída para dispositivos com versão superior ou igual à versão 6 do sistema operacional *Android*. A aplicação usou o banco de dados *SQLite* para armazenamento *offline* das informações e o *Firebase* para armazenamento *online*. Para utilizar a aplicação é necessário conexão com a internet.

A Figura 1 ilustra o diagrama de componentes e a arquitetura que o aplicativo está organizado. A camada de aplicação, subdividida em camada de apresentação, componentes amarelos, e camada da lógica de negócio, componentes vermelhos, é responsável pela gerência do estado dos dados e pela apresentação dos mesmos para o usuário através da interface. Já a camada de domínio é responsável por fazer a transformação dos dados providos pela camada de dados, responsável pela comunicação com os bancos de dados.

A camada de domínio faz a conversão dos dados para modelos específicos, estes consumidos pela camada da lógica de negócios para fazer o gerenciamento do estado da aplicação. Além disso, a camada de lógica de negócios reage aos comandos e entradas recebidas através da interface e, quando necessário, comunica-se com a camada de domínio

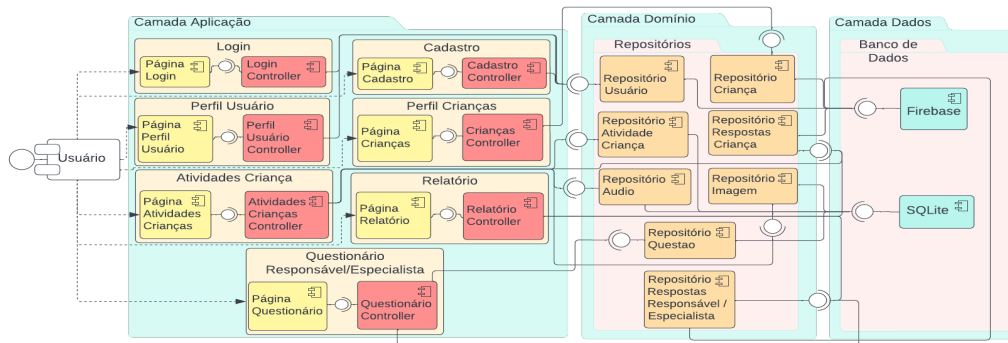


Figura 1. Diagrama de Componentes da Aplicação

para que mudanças sejam feitas baseadas no estado atual. A camada de apresentação captura as ações do usuário e atualiza os componentes da interface baseado no estado.

A Figura 2 ilustra os diagramas de casos de uso. O ator usuário é responsável por executar as ações de cadastro e login na aplicação, podendo acessar todas as funcionalidades existentes. Além disso, o usuário pode cadastrar, editar ou excluir crianças para realizarem o questionário de avaliação. Outras funcionalidades disponíveis para esse ator são a realização do questionário sobre as crianças que o mesmo inseriu, a visualização dos relatórios e das crianças que o mesmo cadastrou e a possibilidade de pausar ou retornar ao questionário que alguma das crianças cadastradas está realizando. O outro ator da aplicação, a criança, pode apenas realizar o questionário específico para a mesma.

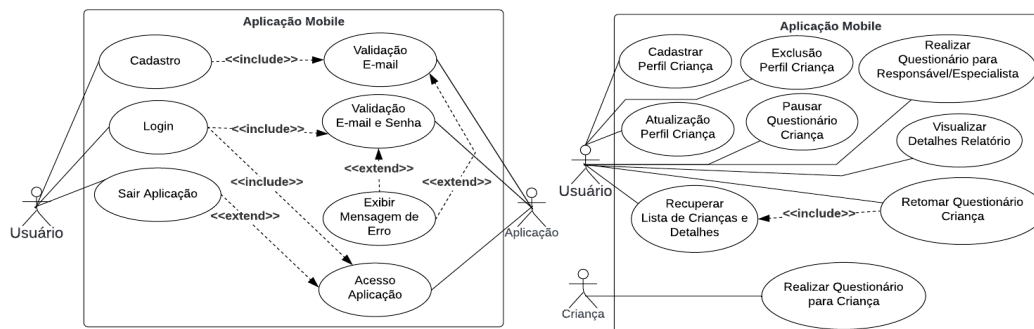


Figura 2. Diagramas de Casos de Uso

3.6. Validação do Aplicativo

Para validação dos requisitos e observação das interações entre os usuários e o aplicativo, foram realizados testes de usabilidade, sendo possível verificar ajustes necessários e o engajamento com a aplicação. Além disso, para averiguar se a solução contribui de fato no auxílio da verificação de habilidades matemáticas em crianças com DI, foi definido como método de avaliação a validação por especialistas, que, baseado em critérios estabelecidos, analisa diferentes aspectos da ferramenta e define se o aplicativo alcançou o objetivo proposto e possíveis pontos de melhora.

4. Testes e Resultados

Para realização dos testes com os usuários o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da PUC Minas. A participação das crianças foi autorizada por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concedido pelos responsáveis, e pelo Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, concedido pelas crianças.

4.1. Teste de Usabilidade

Foram realizados dois testes de usabilidade, o primeiro com três crianças típicas e duas crianças com suspeita de DI leve. No primeiro teste as crianças típicas tinham 4 anos, sendo dois meninos e uma menina, já as crianças com suspeita de DI, uma menina e um menino, tinham 3 e 4 anos.

No primeiro teste foi utilizado a 1ª versão do aplicativo, todas as funcionalidades propostas para as atividades das crianças foram testadas. Nessa versão toda a comunicação com a criança foi feita pelo aplicativo, o acompanhante da criança apenas observou as ações realizadas, sem nenhum tipo de intervenção ou suporte.

A Figura 3 destaca as telas da 1ª versão do aplicativo onde era possível escolher o narrador de preferência, observar a tela da explicação, onde um dos conceitos avaliados estava sendo abordado, além de realizar as atividades propostas. Adicionalmente, era permitido repetir a fala do narrador, pausar a atividade e ligar/desligar a trilha sonora.

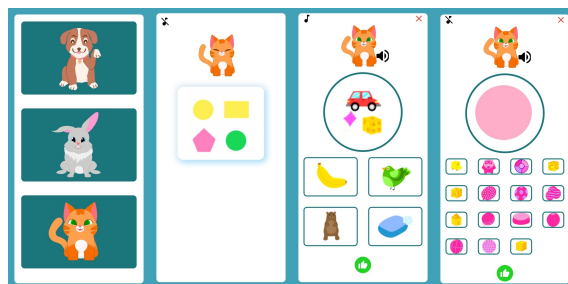


Figura 3. Primeira Versão do Aplicativo

Após a observação das interações das crianças com o aplicativo e da coleta de *feedbacks* sobre as atividades, foram levantados os seguintes pontos, conforme a lista:

1. Os botões de pausar a atividade, trilha sonora e o de avançar para a próxima atividade estão dificultando o toque das crianças devido ao seu tamanho.
2. A exibição das opções de resposta antes da fala do narrador encerrar atrapalha a compreensão da atividade e induz a criança a escolher pelo estímulo visual.
3. A exibição das opções de resposta antes da fala do narrador faz com que a criança clique repetidas vezes na resposta até que a mesma seja avaliada.
4. Nas telas de explicação a criança tenta clicar nos desenhos e se frustra quando não obtém nenhum tipo de retorno da aplicação. Esse foi um ponto que distraiu as crianças, não ajudando a entender o contexto sendo exibido.
5. O feedback de erro ou acerto motiva as crianças a continuar fazendo as atividades.
6. As crianças, de modo geral, gostaram da aplicação e dos desenhos.

A partir do primeiro teste foram feitas as seguintes alterações na aplicação:

1. O tamanho dos botões foi ajustado para melhor capturar o clique das crianças.

2. As opções de resposta são exibidas somente após o fim da fala do narrador.
3. As telas de explicação agora dependem do acompanhante da criança para que seja feita a apresentação dos conceitos e, para prosseguir para a próxima tela, deve-se pressionar um botão. Assim é possível ter um maior controle da interação com o aplicativo. Além disso, foi feita uma lista com possíveis falas para serem usadas durante as explicações, servindo de guia para o acompanhante da criança.

Após ajustar os requisitos e componentes da aplicação foi feito o segundo teste de usabilidade com duas crianças com diagnóstico de DI, ambos meninos com 11 anos. A diferença de idade entre as crianças dos dois testes não foi considerada para análise dos resultados, uma vez que a aplicação foi construída com o mesmo nível para faixas etárias distintas. A Figura 4 apresenta a tela de explicação, com a adição do botão de prosseguir e a tela das atividades, com o aumento no tamanho dos botões. Além disso, foi testado com especialistas as outras funcionalidades da aplicação descritas nos casos de uso.

A Figura 4 mostra também uma das perguntas presente no questionário feito pelos responsáveis e especialistas, além de ilustrar o relatório gerado, com a descrição dos objetivos de aprendizagem avaliados e o desempenho da criança em cada um.

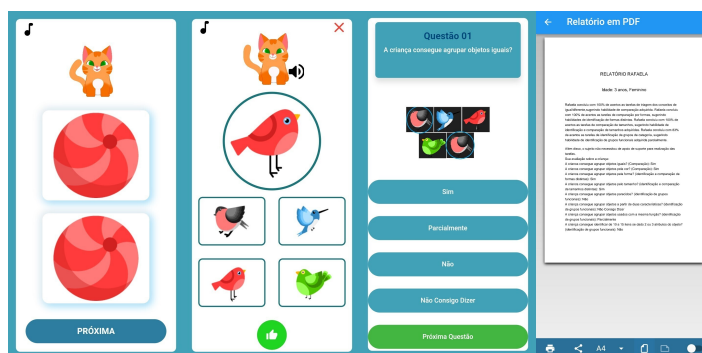


Figura 4. Segunda Versão do Aplicativo

Os seguintes pontos foram observados após o 2º teste de usabilidade:

1. A quantidade de atividades é grande e isso provoca a desatenção das crianças.
2. A velocidade do áudio está causando distração nas crianças.
3. As atividades que envolviam o conceito de tamanho utilizavam desenhos confusos que não permitiam uma comparação assertiva.
4. As atividades que era necessário a comparação por duas características utilizavam desenhos que avaliavam apenas um das características.
5. Segundo os especialistas, as telas voltadas a seu perfil são intuitivas, solicitam apenas informações necessárias com uma linguagem acessível e fácil de entender.
6. As modificações feitas para a 2ª versão foram úteis e contribuíram para uma melhor interação da criança com a aplicação.

As seguintes alterações foram realizadas após o 2º teste de usabilidade:

1. A quantidade de explicações foi diminuída, mantendo-se apenas as mais relevantes para contextualização de cada conceito desejado.
2. A velocidade do áudio foi adaptada para uma velocidade maior.
3. Os desenhos que não possibilitam a avaliação assertiva de um conceito foram modificados para desenhos mais intuitivos e de fácil compreensão.

4. As atividades que avaliam duas características tiveram seus desenhos adaptados para possibilitar a verificação de múltiplas características.

Ao realizar os testes de usabilidade foi possível observar algumas reações, uma das crianças no 2º teste após a finalização das atividades ficou extremamente feliz e como forma de agradecimento abraçou todos os integrantes do projeto que estavam presentes. Algumas das reações das crianças após o 1º teste de usabilidade foram: repetir as atividades, agradecer por participarem e falas do tipo: "Gostei" e "Achei Legal".

Foi observado com os testes de usabilidade que os usuários da aplicação, tanto as crianças quanto os especialistas, conseguiram usar as principais funcionalidades do aplicativo de maneira regular, com certas dificuldades com o fluxo e conteúdo das atividades. Foi possível identificar pontos de melhoria, contribuindo para a evolução da aplicação.

4.2. Validação por Especialistas

A validação por especialistas é um método de avaliação baseado em opiniões fundamentadas de pessoas com um histórico de qualificação em sua área de atuação que conseguem ter julgamentos sobre determinado instrumento. O processo consiste em coletar observações dos especialistas sobre distintos aspectos, visando identificar os pontos positivos e negativos do que está sendo validado [Escobar-Pérez and Martínez 2008].

Para a validação foram definidos critérios de avaliação para analisar três módulos principais do aplicativo: conteúdo, interação e tecnologia. A Figura 5 mostra as possíveis notas para cada critério. Os especialistas selecionados foram uma psicóloga com experiência com crianças com DI e uma pedagoga, que atua com *design* de aprendizado para ensino presencial e a distância. As Figuras 6 e 7 mostram cada módulo e seus critérios, a descrição do que está sendo avaliado e a nota média dos especialistas para cada critério.

- 1 Discordo totalmente
- 2 Discordo
- 3 Nem concordo nem discordo
- 4 Concordo
- 5 Concordo totalmente

Figura 5. Notas - Validação por Especialistas

A média das notas para os módulos de conteúdo, interação e tecnologia foi, respectivamente de 4,6; 4,4 e 4,8. Os pontos de melhoria citados têm relação a conformidade do conteúdo apresentado, além da necessidade de mais recursos estimulativos, fazendo com que a criança tenha mais atenção e interesse nas atividades.

Um dos especialistas avaliou que a aplicação impacta o processo de ensino-aprendizagem matemático das crianças com DI, sendo uma ferramenta bastante útil nas etapas de diagnóstico e indicação de intervenções. Foi destacado que o instrumento criado auxilia na identificação das competências a serem trabalhadas, contribuindo para que as habilidades matemáticas de cada criança possam ser exploradas de maneira individual.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi construído um aplicativo para ajudar na verificação de habilidades matemáticas em crianças com DI. Foi feito um levantamento de soluções já existentes, definição de objetivos de aprendizagem e habilidades utilizadas. A partir disso, foram feitos testes de usabilidade para verificar a interação dos usuários com a aplicação.

CONTEÚDO			INTERAÇÃO		
Critério	Descrição	Nota	Critério	Descrição	Nota
Pertinência do conteúdo	O aplicativo é adequado para o trabalho didático do conteúdo apresentando e outra aplicação não substitui o aplicativo no que tange o trabalho com o conteúdo proposto.	5	Facilidade de uso	As instruções do aplicativo são claras e objetivas, e há elementos para esclarecimento de dúvidas durante o uso. A linguagem utilizada é adequada e universal. O aplicativo permite ao usuário se localizar claramente, indicando o que já foi feito. Os ícones e botões estão adequados.	4
Correção do conteúdo	O aplicativo não apresenta erros conceituais e as imagens, sons, ícones, explicações e tutoriais usados não comprometem o entendimento do conteúdo.	4	Recursos motivacionais	O aplicativo apresenta estímulos, desafios e diferentes estratégias motivacionais capazes de despertar e manter o interesse da criança.	4
Estado da arte	O conteúdo exposto se encontra atualizado, e a metodologia se sustenta nos avanços das metodologias inerentes à área de conhecimento abordada.	5	Adequação das atividades pedagógicas	O aplicativo apresenta compatibilidade dos desafios, das simulações e de outras atividades com o nível de conhecimento esperado do usuário.	5
Adequação à situação de aprendizagem	O conteúdo está adequado ao nível da criança previsto como público alvo e o conteúdo está alinhado ao currículo oficial e bases legais da educação.	5	Interatividade social	O aplicativo não descarta a presença do especialista/responsável evidenciando momentos em que a sua ajuda seja necessária, possibilitando o seu papel de mediador do processo de aprendizagem.	5
Variedade de abordagens	O aplicativo disponibiliza alternativas de abordagem, como forma de possibilitar que um número maior de crianças possa utilizar a aplicação. O aplicativo disponibiliza alternativas de aprofundamento no conteúdo.	4	Papel do facilitador	O aplicativo disponibiliza orientação para o especialista/responsável, com explicitação dos objetivos, definição do público alvo, sugestões para a sua utilização em diferentes circunstâncias e ambientes, além de indicar bibliografia complementar e/ou outros recursos.	4
Conhecimentos prévios	O aplicativo parte dos conhecimentos prévios da criança e daqueles adquiridos durante o uso, como forma de viabilizar que a criança construa e reconstrua conceitos teóricos/práticos ao utilizá-lo.	5			

Figura 6. Critérios dos Módulos Conteúdo e Interação

TECNOLOGIA		
Critério	Descrição	Nota
Confiabilidade conceitual	O aplicativo apresenta implementação satisfatória do que foi especificado e foi implementado apenas o que têm pertinência com a proposta.	5
Manutenibilidade	O aplicativo possibilita passar por modificações depois de seu desenvolvimento.	5
Operacionalidade	É possível utilizar o aplicativo em diferentes configurações de equipamento, produzindo resultados em tempo hábil.	5
Avaliabilidade	É possível avaliar com facilidade que o aplicativo executa as funções para o qual foi desenvolvido.	5
Reutilizabilidade	O aplicativo pode ter suas funções reaproveitadas, total ou parcialmente, para um programa em outras aplicações.	5
Documentação	O aplicativo possui informações importantes para que o especialista/responsável pudesse ampliar as possibilidades de desempenhar melhor o seu papel durante a utilização do aplicativo, além de apresentar informações relativas aos equipamentos mínimos que permite que ele seja executado. A criança tem disponível um material atrativo de apresentação do aplicativo, a fim de motivá-lo a se interessar pelo seu objeto do conhecimento abordado.	4

Figura 7. Critérios do Módulo Tecnologia

Ao realizar os testes foram identificados pontos de melhoria e aspectos para evolução dos requisitos estabelecidos. Com a observação dos usuários interagindo com o aplicativo foi possível verificar também funcionalidades desenvolvidas que operaram de forma satisfatória. A etapa de testes foi fundamental para identificação de inconformidades na metodologia proposta, além de conhecer o comportamento do público alvo.

A validação por especialistas apontou aspectos a serem refinados, sobretudo os conteúdos dispostos e os mecanismos usados para engajar os usuários. Concluiu-se que a aplicação ajuda as crianças com DI no processo de ensino-aprendizagem da matemática, contribuindo nas etapas de diagnóstico e indicação de intervenções personalizadas.

Em trabalhos futuros, a etapa de testes deve possuir uma quantidade maior de participantes, aumentando a variedade de opiniões e de usuários analisados. Além disso, é possível coletar os dados da avaliação realizada e criar um roteiro personalizado de atividades estimuladoras, visando a necessidade de aprendizado de cada criança. É relevante acrescentar outras habilidades avaliadas, com cada uma representando um bloco de atividades, otimizando a identificação dos conhecimentos matemáticos das crianças.

Referências

- APA (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. American Psychiatric Association, 5 edition.
- Boat, T. and Wu, J. (2015). Committee to evaluate the supplemental security income disability program for children with mental disorders. *Mental Disorders and Disabilities Among Low-Income Children*.
- BRASIL (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação, Brasília.
- Costa, D., Malloy-Diniz, L. F., Miranda, D. M., and Nitida (2016). Aprendizagem de a a z: Deficiências intelectuais.
- Cullum, C. and Larrabee, G. (2010). Chapter 6 - wais-iv use in neuropsychological assessment. In *WAIS-IV Clinical Use and Interpretation*, Practical Resources for the Mental Health Professional, pages 167–187. Academic Press, San Diego.
- Escobar-Pérez, J. and Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1):27–36.
- Freitas, P., Nishiyama, P. B., Ribeiro, D. O., and de Freitas, L. M. (2016). Adaptações curriculares para crianças com deficiência intelectual moderada: contribuições da neuropsicologia do desenvolvimento. *Pedagogia em Ação*, 8(2).
- Guimarães, J., de Oliveira, G. S., Malusá, S., and Santos, A. O. (2020). Estudantes com deficiência intelectual: O processo de aprendizagem da matemática por meio da formulação e resolução de problemas. *Revista Valore*, 5(1):41–59.
- IBGE (2020). *Pesquisa nacional de saúde 2019: informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde: Brasil, grandes regiões e unidades da federação*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Lorena, A., Castro-Canegum, J., and Carmo, J. (2013). Habilidades numéricas básicas: Algumas contribuições da análise do comportamento. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 18:439–446.
- Rogers, S. and Dawson, G. (2014). Checklist curriculum do modelo denver de intervenção precoce para crianças pequenas com autismo.
- Schnepel, S., Krähenmann, H., Sermier Dessemontet, R., and Moser Opitz, E. (2020). The mathematical progress of students with an intellectual disability in inclusive classrooms: results of a longitudinal study. *Mathematics Education Research Journal*, 32:103–119.
- Silva, P., Riberio, F., and Santos, F. (2015). Cognição numérica em crianças com transtornos específicos de aprendizagem. *Temas em Psicologia*, 23:197 – 210.
- Spooner, F., Root, J. R., Saunders, A. F., and Browder, D. M. (2019). An updated evidence-based practice review on teaching mathematics to students with moderate and severe developmental disabilities. *Remedial and Special Education*, 40(3).
- Waddington, H., Meer, L., and Sigafos, J. (2016). Effectiveness of the early start denver model: a systematic review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 3(2):93–106.