

Uma Arquitetura de STI baseada nas Experiências de Aprendizagem Mediadas para o Ensino de Trigonometria

Fabiann Matthaus Barbosa^{1,2}, José Francisco de Magalhães Netto¹,
Arcanjo Miguel Mota Lopes¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Av. General Rodrigo Otávio, Coroado, Manaus – AM – Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)
– Campus Lábrea

Rua 22 de Outubro - Vila Falcão, Lábrea – AM – Brasil

{fabian.barbosa, jnetto, amml}@icompu.ufam.edu.br

Abstract. *This research work aims to present an architectural model of an Intelligent Tutor System (STI) to assist in teaching, activities and tutorial interventions for the mastery of Basic Trigonometry resolution. In order to focus on mediation and on addressing learning problems related to problem solving, Feuerstein's Mediated Learning Experiences (EAM) was used. As a validation of the results, questionnaires were applied to Mathematics teachers using the SUS usability technique (System Usability Scale) in order to evaluate the User Experience (UX) in the use of the system.*

Resumo. *Este trabalho de pesquisa tem como objetivo apresentar um modelo de arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente (STI) para auxiliar no ensino, atividades e intervenções tutoriais para o domínio da resolução de Trigonometria Básica. A fim de oferecer foco na mediação e no atendimento aos problemas de aprendizagem, relacionados a resolução de problemas, foi utilizado as Experiências de Aprendizagem Mediadas (EAM) de Feuerstein. Como validação dos resultados foram aplicados questionários com docentes de Matemática utilizando a técnica de usabilidade SUS (Escala de Usabilidade do Sistema) com o intuito de avaliar a Experiência do Usuário (UX) na utilização do sistema.*

1. Introdução

No cenário educacional, as mudanças ocasionadas pela pandemia da Covid-19 proporcionaram um período de desafios com uma brusca ruptura no ensino e aprendizagem [Lichand and Christen 2020]. Neste processo, muitos educadores buscaram adaptar suas aulas para recursos que pudessem ser utilizados em meios digitais e neste aspecto adotar diferentes estratégias a fim de conseguir ministrar suas aulas a distância. Os planos e métodos de ensino foram reformulados e muitas disciplinas foram afetadas com essa mudança [Anggraini and Mahmudi 2020].

Esta pesquisa visa contribuir para o campo da Matemática, em particular no ensino e aprendizagem de Trigonometria, sendo um tema central para compreender tópicos em Física, Arquitetura e muitos ramos da Engenharia [Weber 2005, p. 91]. O objetivo principal dessa área da Matemática é resolver os triângulos, encontrando ângulos e lados do

formato. Pesquisas como [Weber 2005], [Orhun 2004] e [Chigonga 2016] mostram que no processo de ensino da Trigonometria é comum identificar dificuldades dos alunos em diversos conceitos básicos, tais como: operações básicas de aritmética, razão, proporção, equações, geometria plana e gráficos.

A utilização da Inteligência Artificial (IA) aplicada a Educação, propõem alternativas computacionais que podem auxiliar no ensino, um exemplo, é o uso de Sistemas Tutores Inteligentes - STI (ou *Intelligent Tutoring Systems* – ITS), que unem técnicas de IA com teorias pedagógicas para auxiliar o aprendiz em um determinado domínio [Woolf 2009]. Entretanto, tradicionalmente os STI são projetados como ferramentas de aprendizagem, de forma que a presença do docente não é necessária. Na maioria dos casos, a base de conteúdo de um STI é composta por atividades e problemas a serem resolvidos pelo aluno com o auxílio apenas do agente inteligente.

Diante do cenário exposto, esta pesquisa tem como proposta apresentar um STI, denominado Curumim, como ferramenta na concepção dos conhecimentos em Trigonometria, inserindo o professor como agente ativo neste processo. Dessa forma, a pesquisa irá explorar o potencial da Teoria das EAM [Feuerstein 1997], pois oferece suporte pedagógico focado na mediação e no atendimento aos problemas de aprendizagem.

A metodologia utilizada para fundamentar e desenvolver este trabalho foi uma pesquisa bibliográfica envolvendo temas relacionados a este estudo, como Sistemas Tutores Inteligentes para Matemática e Agentes Inteligentes para o ensino de Trigonometria. A abordagem do STI desenvolvido foi elaborado com base em trabalhos relacionados e possíveis lacunas na literatura. Esta pesquisa teve sua avaliação inicial a partir de um estudo de caso com 12 (doze) professores do ensino fundamental e médio. Dessa forma, foram feitos testes de usabilidade e UX por meio da técnica SUS, aplicando questionários para compreender o grau de satisfação relacionado à proposta.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção II apresenta a base teórica para aplicação deste estudo, a Seção III descreve os trabalhos relacionados, a Seção IV apresenta a descrição do trabalho. A Seção V descreve o teste de usabilidade e a Seção VI mostra os resultados e discussões obtidos e a Seção VII as conclusões e trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) [Brasil 2000] destacam a importância do ensino da Trigonometria e a utilização de recursos pedagógicos com vistas ao aprimoramento do aprendizado matemático.

2.1. Fundamentos Básicos da Trigonometria

Conforme o triângulo ABC retângulo em A cujo segmento de retas \overline{AB} e \overline{AC} são concorrentes nos pontos B e C e \overline{BC} e \overline{AC} concorrem no ponto C formando assim os ângulos α e β respectivamente e que os segmentos de retas \overline{AB} , \overline{AC} e \overline{BC} são os lados do triângulo retângulo e que \overline{AB} e \overline{AC} são chamados catetos (“perpendicular”) e que recebem nomes especiais de acordo com a posição do ângulo de análise que representaremos por b e c . Já o lado \overline{BC} , oposto ao ângulo reto é chamado de hipotenusa, que significa: o que se entende embaixo como mostra a Figura 1 abaixo.

A Lei dos Senos, afirma que os lados de um triângulo são relativos aos senos dos ângulos opostos e a constante proporcionalidade é o diâmetro da circunferência circuns-

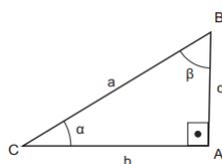


Figura 1. Triângulo retângulo

crita ao triângulo. Também conhecida como Teorema dos Cossenos, a Lei dos cossenos enfatiza as medidas dos lados de um triângulo, um ângulo e suas relações. Alguns exercícios necessitam localizar a medida de um dos lados de um triângulo, o conceito de Lei de Cossenos se aplica a fim de descobrir a medida do ângulo oposto a esse e dos outros dois lados.

2.2. Teoria das Experiências de Aprendizagem Mediadas

O Psicológico Reuven Feuerstein, que estudou com profundidade a teoria socioconstrutivista de Vygotsky elaborou em seus estudos o conceito da Teoria das Experiências de Aprendizagem Mediadas.

Feuerstein afirma que o ser humano pode aprender de duas maneiras. A primeira é a experiência direta de aprendizado, ou seja, a relação do aprendiz com ambiente, já a outra é a EAM, que configura a presença e a atividade de um indivíduo para organizar, interpretar e elaborar aquilo que foi experimentado [Feuerstein 1997]. Para o autor, o mediador tem que inserir-se, entre o estímulo e o aprendiz, isto é, gerando de forma intencional situações que visem estimular o aluno.

A EAM relata três conceitos fundamentais que devem ser o objeto de atenção deliberada por parte do mediador: Intencionalidade/Reciprocidade, Significado e Transcendência. O primeiro parâmetro citado descreve que o mediador deliberadamente interage com o sujeito, selecionando e interpretando no processo de construção do conhecimento. A reciprocidade, implica na permuta, ou seja, a abertura do mediador para as respostas do sujeito, de tal forma que o sujeito possa sentir que está cooperando e envolvido no processo de aprendizagem.

O Significado refere-se ao valor, à energia atribuída à atividade, aos objetos e aos eventos, tornando-os relevantes para a realidade do sujeito. O terceiro critério, é a Transcendência, que busca promover a aquisição de princípios ou estratégias que possam ser generalizados para outras situações.

3. Trabalhos Relacionados

O MAZK [Vidotto et al. 2017] é um tutor inteligente para o ensino e aprendizagem de diversos temas. Neste ambiente a identificação dos níveis de conhecimento do usuário, assim como o critério de dificuldades dos exercícios, são ajustados automaticamente conforme a interação do aluno com o tutor. No entanto a plataforma, ainda necessita de uma maior interação com o usuário tendo em vista a falta de um agente de conversação para auxiliar os alunos na construção do conhecimento.

O PAT2Math [Jaques et al. 2013] é um sistema baseado em Multiagente que visa ensinar equações de 1º e 2º graus com uma variável para alunos do ensino fundamental por

meio da solução passo a passo. O ambiente aplica técnicas instrucionais motivacionais aos alunos por meio de um Agente Pedagógico Animado. No entanto, o sistema não guarda os erros para mostrá-los aos alunos e tutores a longo prazo.

O STI LEIA [Lopes et al. 2019] foi desenvolvido para apoiar o ensino e a aprendizagem que evoluem soluções de equações de primeiro grau. O sistema oferece um ambiente para acompanhar o processo de solução de equações e orientação passo a passo e identificar problemas específicos e fornecer feedback em cada etapa apoiado por um Assistente Virtual, que explica conceitos básicos relacionados ao assunto. Porém, esse ambiente não apresenta as ações que o professor pode tomar a partir das dificuldades dos alunos.

A Tabela 1 resume as principais funcionalidades suportadas pelos STIs mencionados.

Tabela 1. Funcionalidades Suportadas nas Aplicações

Funcionalidades	MAZK	PATH2MATH	LEIA	CURUMIM
Inserção do Professor no Sistema	X	X		X
Consulta dos Conteúdos	X		X	X
Avaliação de Conhecimentos	X	X	X	X
Utilização de Assistente Virtual		X	X	X

Na maior parte dos trabalhos é apontada a dificuldade na interação do sistema com o usuário, o que ainda necessita de adaptação dos sistemas de conversação, assim como, o professor/tutor humano não participa das interações de forma direta nos sistemas apresentados.

As pesquisas citadas contribuíram e motivaram para o desenvolvimento desta proposta, visto que os resultados servem de base para a implementação de um sistema que tem buscado atender às necessidades encontradas focando no engajamento dos estudantes, de modo a apoiar e aprimorar o conhecimento e as habilidades no processo de aprendizagem focando na resolução de problemas envolvendo Trigonometria.

Na próxima seção, temos uma descrição detalhada do ambiente de desenvolvimento apresentando uma visão geral da plataforma e suas funcionalidades.

4. Descrição do Trabalho

4.1. Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema, Figura 2, é composta por três agentes, cada qual com sua função específica. Segue a descrição de cada um dos agentes propostos e os seus respectivos papéis.

- **Agente de Conversação:** Realiza a interação com o estudante, mediante o acionamento do mesmo, respondendo aos questionamentos e fornecendo as informações necessárias para o aluno.
- **Agente Mediador:** Responsável pela interface de comunicação do aluno com o ambiente, envia dados e consulta informações sobre aluno, requisita e envia conteúdos e questões para mostrar na interface do aluno.

- **Agente de Diagnóstico:** Recebedor, atualizador e emissor de dados do aluno, armazenando essas informações na base de dados do Módulo do Aprendiz que contém todos os dados relevantes sobre o aluno, além de enviar as ações do estudante para o módulo monitoramento.

Os agentes Mediador e de Diagnóstico são também responsáveis por observar o desenvolvimento real do estudante propondo os conceitos baseados na EAM. O Agente Mediador solicita dados e recebe do Agente de Diagnóstico conforme o perfil do aluno.

O Agente de Diagnóstico implementa o conceito de Significado e Transcedência, visando transformar habilidades potenciais em habilidades reais e buscando expandir a capacidade de desenvolvimento do aluno no tópico estudado. Dessa maneira, o Agente Mediador irá intervir na interação entre o estudante com os conceitos de EAM. Uma função também do Agente de Diagnóstico é analisar o comportamento e desempenho do aluno referente ao uso do sistema e enviar para o professor. O Módulo de Monitoramento identificará o último acesso do aluno no sistema e informar sobre a realização de evento específico (ex: existem atividades para serem corrigidas).

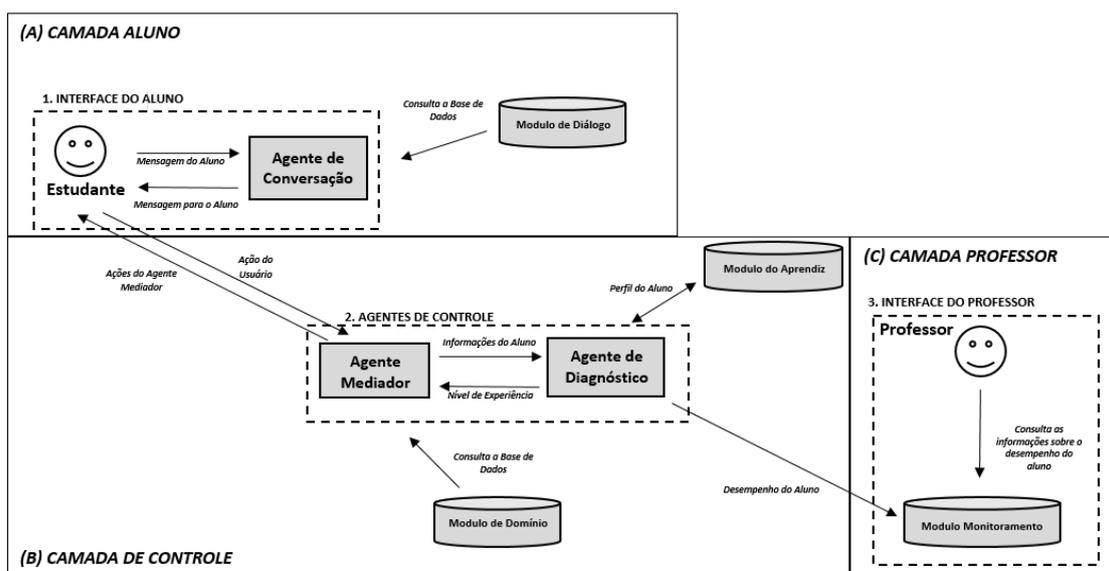


Figura 2. Arquitetura do STI Curumim

O STI Curumim foi dividido em três camadas. A camada Aluno é responsável pela interação do estudante com o agente de conversação (A); a camada Controle possui módulos que gerenciam a interface de comunicação, com toda a infraestrutura presente entre a camada Aluno e Professor (B); e a camada Professor onde gerencia pelo módulo de monitoramento o desenvolvimento do aluno no conteúdo (C). Dessa maneira o ciclo de tutoria é iniciado percorrendo cada uma das camadas como mostra a Figura 3.

O Ciclo de Tutoria é descrito no seguinte cenário: o tutor verifica o nível do aluno e apresenta o conteúdo; após isso o aluno resolve o desafio com questões relacionada ao conteúdo estudado anteriormente. Após o desafio, o resultado da pontuação do aluno será exibida enviando para o professor o feedback e alertas de questões que o aluno teve dificuldade em responder. Caso o aluno seja aprovado no desafio o sistema verifica se o aluno tem pontuação suficiente para avançar de nível, entretanto se o aluno não for aprovado no

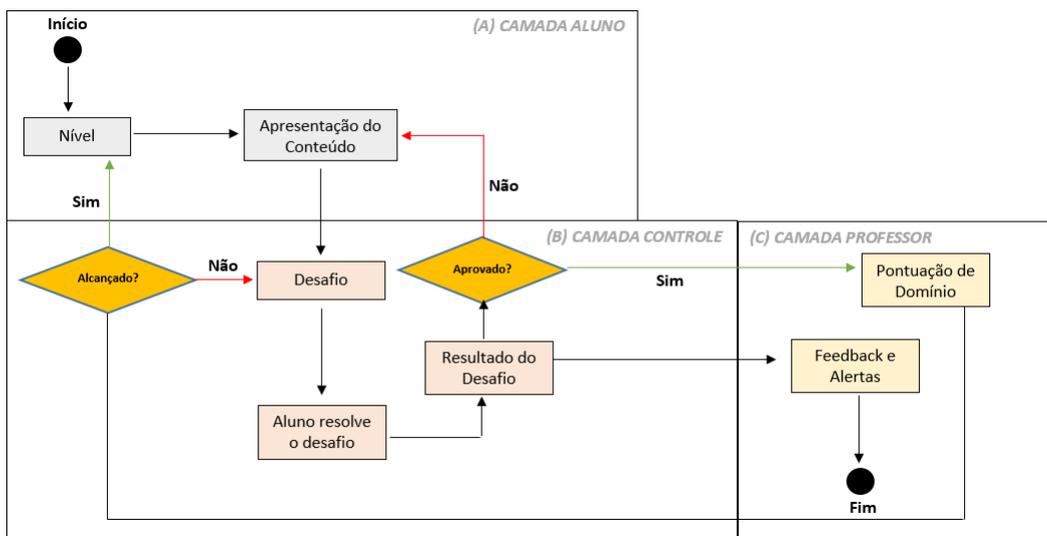


Figura 3. Ciclo de Tutoria do STI Curumim

desafio, será mostrado novamente o conteúdo para que possa repetir as operações.

4.2. Visão Geral da Plataforma

O STI CURUMIM foi desenvolvido com o intuito de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Trigonometria, incentivando os alunos a exercitarem seus conhecimentos mesmo estando geograficamente distantes da sala de aula. O sistema é executado em qualquer plataforma de sistema operacional com dispositivo conectado à Internet.

O ambiente web conta com dois módulos, professor e aluno. No ambiente do professor, é apresentada uma lista com todos os alunos inscritos na classe, além de gráficos com o desempenho e progresso da turma. O professor tem a opção de selecionar cada aluno de forma individual e visualizar o desempenho, progresso e nível de experiência, nesta mesma tela será mostrada a data do último acesso do estudante na plataforma. A Figura 4 apresenta a tela inicial do módulo professor.

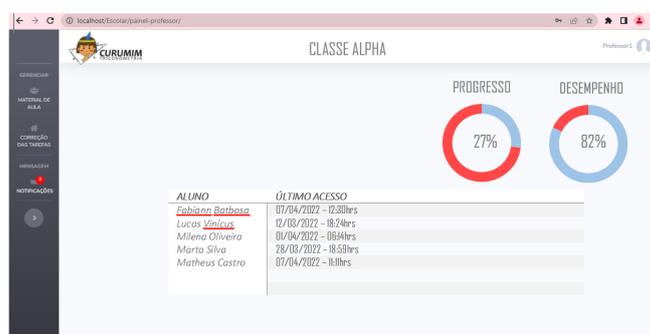


Figura 4. Tela Inicial do Professor

O ambiente do aluno, é dividido em tópicos que é ativado conforme o progresso e desempenho do estudante. Cada tópico é dividido em: Materiais de Estudo, Revisão do Tópico e Desafio. O aluno ainda terá um Assistente Virtual como o intuito de interagir com o aluno tirando dúvidas e questionamentos sobre os tópicos abordados. Caso a

dúvida persista o estudante também poderá entrar em contato com o professor enviando seus questionamentos.

4.3. Estratégias de Ensino

As Estratégias de Ensino presentes no STI CURUMIM são responsáveis por ajustar o nível da questão ao nível de conhecimento do estudante, assim como escolher o momento de troca do nível de dificuldade. Para isso está sendo utilizado avaliação somativa para cada uma das questões resolvidas. A avaliação somativa acontece no final do processo de ensino. Serve para ver o que o aluno aprendeu depois de todo conteúdo trabalhado em sala. São atribuídas notas que serão divulgadas posteriormente.

O nível de conhecimento do estudante é computacionalmente ajustado por meio da análise do número de respostas corretas e incorretas de cada aprendiz. Além do citado, o STI apresenta um sistema de nível de experiência consoante aos dados de desempenho de cada aluno.

As Estratégias de Ensino sugerem políticas para novas questões, sendo escolhidas conforme o desempenho atual do estudante [Ford 1987]. As novas questões são escolhidas pelo critério de facilidade e acumulativas, ou seja, aquelas que são pré-requisitos para outras questões. A Figura 5 abaixo mostra uma das estratégias de ensino do STI Curumim.

<p>Estratégia de Ensino (Domínio do Conhecimento)</p> <p>Se</p> <p>A) O grau de dificuldade das questões é fácil, médio ou difícil, e</p> <p>B) A resolução do aluno está correta e</p> <p>C) O aluno resolve 80% fácil, médio ou difícil de todas as questões do banco de dados</p> <p>Então</p> <p>Aluno pronto para ir para o próximo tópico</p>
--

Figura 5. Estratégia de Ensino que o aluno está pronto para o próximo tópico

Em cada desafio o aluno respondendo 80% dos problemas de forma correta, significa que o estudante já possui domínio dos conceitos referente aquele tópico e portanto está apto para ir para o próximo tópico.

4.4. Base de Conhecimento

Cada uma das questões compostas em cada desafio é oferecida com base nas Estratégias de Ensino durante a interação com a Interface. A base tem um total de 30 questões por tópico divididas em 10 de nível básico, 10 do nível intermediário e 10 do nível avançado. Essa base está sendo alimentada conforme o andamento da pesquisa.

Os níveis de dificuldade e as questões foram definidas com base no número de etapas da qual podem ser resolvidas como, por exemplo, no nível básico as questões podem ser solucionadas com apenas três etapas no máximo. No nível intermediário, as questões podem ser resolvidas em até cinco passos e no nível avançado, questões que

são resolvidas com mais de cinco etapas. Além do número de etapas, os níveis estão relacionados aos conceitos básicos do domínio de Trigonometria e relação com outros conteúdos da Matemática.

5. Escala de Usabilidade do Sistema

A Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) é um teste que pode ser usado para avaliar a usabilidade de uma variedade de produtos ou serviços. O SUS é uma das ferramentas mais utilizadas para medir a percepção de usabilidade de um sistema ou produto [Finstad 2010]. O método SUS é bastante popular para laboratórios e testes de usabilidade não moderados, pois fornece *insights* sobre o que os usuários pensam sobre a usabilidade do produto ou site testado [Sauro and Lewis 2012].

Portanto, para a coleta de dados, foi utilizado o questionário SUS, composto por 10 itens, com 5 opções de resposta. O participante, ao responder o questionário, marca sua resposta em uma escala *Likert* que varia de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente). As afirmações dos 10 itens da escala buscam mapear a usabilidade de um sistema alternando significados positivos e negativos. A Tabela 2 apresenta os itens do questionário SUS.

Tabela 2. Questionário SUS

ITEM	DESCRIÇÃO
1	Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.
2	Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.
3	Eu achei o sistema fácil de usar.
4	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.
5	Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.
6	Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
7	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.
8	Eu achei o sistema atrapalhado de usar.
9	Eu me senti confiante ao usar o sistema.
10	Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

Para obter um resultado válido em testes de usabilidade, é necessária uma amostra entre 12 e 14 usuários [Tullis and Albert 2008]. Assim, o público-alvo selecionado para a coleta de dados estatísticos neste estudo incluiu 12 professores de Matemática, sendo 5 doutores, 4 mestres e 3 com especialização. Os procedimentos utilizados para a coleta de dados foram divididos em quatro etapas, todas supervisionadas pela pesquisadora. Os detalhes das atividades são apresentados a seguir:

1. Orientados pelo pesquisador, os professores acessaram a plataforma, podendo navegar e explicar todas as configurações de acesso ao ambiente de aprendizagem.
2. O pesquisador realizou alguns exemplos de etapas e atividades práticas que poderiam ser utilizadas no sistema.

3. Também foram explanados conceitos teóricos sobre avaliação de usabilidade de software, bem como a finalidade e funcionamento da ferramenta System Usability Scale (SUS).
4. Aplicação do Questionário – Nesta etapa, a pesquisadora apresentou as dez questões do questionário SUS, mostrando o funcionamento da escala likert.

Após o preenchimento do questionário, foi realizada a seleção e tabulação das informações de acordo com a metodologia do sistema SUS. A análise consiste em um sistema de pontuação, conforme mostrado abaixo.

O SUS produz um único número que representa uma medida composta da usabilidade geral do sistema avaliado chamado *Score*. Qualquer *Score* igual ou superior a 68 pontos é considerado um produto ou serviço adequado, porém se o score for inferior a este valor, o sistema avaliado não está atendendo satisfatoriamente aos requisitos de usabilidade.

[Bangor et al. 2008], sugerem em seus estudos o uso de uma escala de classificação de adjetivos ao invés de uma escala numérica como alternativa para entender o significado absoluto de uma pontuação do SUS. Esta escala é semelhante à classificação escolar tradicional, ou seja: A= 90-100; B=80-89; C= 70-89 e assim sucessivamente até a letra F, cada letra relacionada ao grau de satisfação de usabilidade do sistema avaliado.

Conforme [Brook 1996], os *scores* dos itens individuais do SUS não são significativos por si só, visando medir apenas a medida global de satisfação com o sistema. No entanto, estudos recentes mostram que o instrumento permite a avaliação individual dos itens de usabilidade e o aprendizado de uso [Bangor et al. 2008]. O autor afirma em sua pesquisa que os atributos de usabilidade definidos por [Nielsen 1993] podem ser observados nos seguintes itens do questionário SUS, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos de Usabilidade versus Itens – SUS

Atributos de Usabilidade	Itens – SUS
Facilidade na Aprendizagem	3, 4, 7 e 10
Eficiência	5, 6 e 8
Facilidade de Memorização	2
Minimização de erros	6
Satisfação	1, 4 e 9

Os dados obtidos foram analisados e apresentados global e individualmente (por item) para melhor compreensão dos pontos que se destacaram, buscando correlações, com o objetivo de responder ao problema de pesquisa. A análise dos dados coletados e os resultados alcançados são apresentados no próximo capítulo.

6. Resultados e Discussões

A avaliação de Usabilidade do ambiente, realizada pelos participantes por meio da Escala de Usabilidade do Sistema, revelou que o resultado global (Score) é de 82,50 pontos, bem acima da média global obtida nos estudos de [Sauro and Lewis 2012], mostrado em Tabela 4.

Tabela 4. Avaliação de Usabilidade do Ambiente

SUS: System Usability Score Calculation											
USERS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	SUS SCORE
U1	4	2	3	2	5	3	5	1	5	1	82,5
U2	4	2	5	2	3	1	5	1	5	2	85,0
U3	4	1	5	2	3	1	5	1	5	1	90,0
U4	3	1	5	1	3	1	5	1	4	2	85,0
U5	3	3	5	1	5	2	5	1	5	1	87,5
U6	5	1	4	1	5	4	5	2	5	2	85,0
U7	5	1	5	3	5	2	5	1	5	2	90,0
U8	3	1	5	1	5	1	5	1	4	1	92,5
U9	5	2	5	3	4	2	4	1	5	2	82,5
U10	4	1	5	1	3	2	5	1	4	1	87,5
Q - Questions										Average SUS Score: 82,50	

Conforme apontado nos estudos de [Bangor et al. 2008], a avaliação de usabilidade do sistema CURUMIM pode ser considerada excelente, pois em sua classificação adjetiva recebeu um 'B' = entre 80 e 89 pontos. Para avaliar atributos de usabilidade como facilidade de aprendizado, eficiência e satisfação do usuário, foi verificado o índice de pontuação individual de cada questão do SUS.

- **Facilidade de Aprendizagem:** este critério pode ser observado nas questões 3, 5, 7 e 10 do questionário SUS. A média referente ao agrupamento desses itens foi de 92,00. Essa média recebe um 'A' na classificação do adjetivo, portanto conclui-se que os usuários tiveram muita facilidade para aprender a usar o ambiente.
- **Eficiência:** a eficiência está representada nas questões 5, 6 e 8, tais questões totalizaram uma média de 80,00 pontos. Pode-se observar que, embora essa pontuação esteja um pouco abaixo dos demais itens, está de acordo com os padrões de usabilidade referenciados na avaliação de usabilidade, com 'B' na escala de adjetivos.
- **Satisfação do Usuário:** os critérios correspondentes à satisfação do usuário em relação ao sistema estão referenciados nos itens: 1, 4 e 9, a pontuação média dessas questões foi de 86,00 pontos. De acordo com a escala de adjetivos, essa pontuação é categorizada como 'B'. A média obtida está acima dos 68 pontos definidos pelo SUS Score, portanto, os usuários estão satisfeitos com a usabilidade do sistema CURUMIM.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

A pesquisa científica proposta visa gerar uma contribuição no ensino e aprendizagem de Matemática por meio de um Sistema Tutor Inteligente, para o processo de aprendizagem da área de Informática na Educação Trigonometria.

A avaliação de usabilidade do Ambiente CURUMIM, realizada com os professores por meio do SUS, apresentou pontuação (Score) de 82,50 e classificação adjetiva "B". Esses resultados demonstram que o sistema atende aos principais critérios de usabilidade, como facilidade de aprendizado, eficiência e satisfação do usuário. Após os resultados dessas avaliações, houve a necessidade de melhorar alguns aspectos relevantes para a eficiência do sistema.

Portanto, para trabalhos futuros, será realizada uma aplicação em sala de aula a fim de obter resultados em relação ao uso da ferramenta e ao desenvolvimento do co-

nhecimento matemático em problemas de trigonometria pelos alunos. Por fim, a partir das citações anteriores, demonstrou-se que esta pesquisa atingiu plenamente os objetivos propostos, agregando valores e conhecimentos no campo acadêmico.

Referências

- Anggraini, T. W. and Mahmudi, A. (2020). *Exploring The Students' Adversity Quotient in Online Mathematics Learning During The Covid-19 Pandemic*. JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education, 6rd ed. edition.
- Bangor, A., Kortun, P. T., and Miller, J. T. (2008). The system usability scale(sus): an empirical evaluation. *International Journal of Human-Computer Interaction*.
- Brasil (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino Médio*. Ministério da Educação, Brasília, secretaria de educação média e tecnológica edition.
- Brook, J. (1996). A "quick and dirty" usability scale. *Usability Evaluation in Industry*.
- Chigonga, B. (2016). Learners' errors when solving trigonometric equations and suggested interventions from grade 12 mathematics teachers. *Unisa Press*.
- Feuerstein, R. (1997). The ontogeny of cognitive modifiability – applied aspects of mediated learning experience and instrumental enrichment. *Jerusalém: ICELP HWCRI*.
- Finstad, K. (2010). The usability metric for user experience. *Intel Corporation*.
- Ford, L. (1987). Teaching strategies and tactics in intelligent computer aided instruction. artificial intelligence review. *Springer*, v.1:201–215.
- Jaques, P., Seffrin, H., Rubi, G., Morais, F., Cássio, G., Bittencourt, I. I., and Seiji, I. (2013). Rule-based expert systems to support step-by-step guidance in algebraic problem solving: The case of the tutor pat2math. *Expert Syst. Appl.*, page 5456–5465.
- Lichand, G. and Christen, J. (2020). *Using Nudges to Prevent Student Dropouts in the Pandemic*. University of Zurich, Department of Economics, department of economics edition.
- Lopes, A., Mourão, A., and J., M. N. (2019). Analisando a aprendizagem da matemática por meio da ferramenta fuzzy. *Congresso Brasileiro de Informática na Educação*.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. MA: Academic Press. Boston.
- Orhun, N. (2004). Students' mistakes and misconceptions on teaching of trigonometry. *Journal of Curriculum Studies*, 32:797–820.
- Sauro, J. and Lewis, J. (2012). Quantifying the user experience practical statistics for user research.
- Tullis, T. and Albert, W. (2008). Measuring the user experience.
- Vidotto, K. N., Pozzebon, E., and Lopes, L. (2017). Ambiente inteligente de aprendizagem com alunos do ensino fundamental ii na disciplina de ciências. *Congresso Brasileiro de Informática na Educação*.
- Weber, K. (2005). Students' understanding of trigonometric functions. *Mathematics Education Research Journal*, 17:91–112.
- Woolf, B. P. (2009). Building intelligent interactive tutors: student-centered strategies for revolutionizing e-learning.