

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
ADSON ROBERTO PONTES DAMASCENO

STUART: UM SISTEMA DE TUTORIA INTELIGENTE ARTIFICIAL PARA
AUMENTAR A ESCALABILIDADE DOS CURSOS A DISTÂNCIA

FORTALEZA – CEARÁ
2020

ADSON ROBERTO PONTES DAMASCENO

STUART: UM SISTEMA DE TUTORIA INTELIGENTE ARTIFICIAL PARA AUMENTAR
A ESCALABILIDADE DOS CURSOS A DISTÂNCIA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof. PhD. Francisco Carlos de Mattos Brito Oliveira

Co-Orientador: Prof. PhD. Paulo Henrique Mendes Maia

FORTALEZA – CEARÁ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Estadual do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Damasceno, Adson Roberto Pontes.

STUART: Um Sistema de Tutoria Inteligente Artificial para aumentar a escalabilidade dos cursos a distância [recurso eletrônico] / Adson Roberto Pontes Damasceno. - 2020.

109 f. : il.

Dissertação (MESTRADO ACADÊMICO) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Mestrado Acadêmico Em Ciência da Computação, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Carlos de Mattos Brito Oliveira.

Coorientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Mendes Maia.

1. Sistema de tutoria inteligente. 2. Educação a distância. 3. PCD. 4. Interação humano-computador. 5. Inteligência artificial. I. Título.

ADSON ROBERTO PONTES DAMASCENO

STUART: UM SISTEMA DE TUTORIA INTELIGENTE ARTIFICIAL PARA AUMENTAR
A ESCALABILIDADE DOS CURSOS A DISTÂNCIA

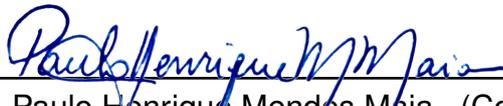
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

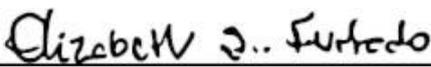
Aprovada em: 08/12/2020

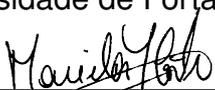
BANCA EXAMINADORA

 Assinado de forma digital por
FRANCISCO CARLOS DE MATTOS
BRITO OLIVEIRA:08741470850
Dados: 2020.12.21 13:56:05 -03'00'

Prof. PhD. Francisco Carlos de Mattos Brito Oliveira (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE


Prof. PhD. Paulo Henrique Mendes Maia (Co-Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE


Prof^a. PhD. Maria Elizabeth Sucupira Furtado
Universidade de Fortaleza – Unifor


Prof^a. Dra. Mariela Inés Cortés
Universidade Estadual do Ceará – UECE

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Dedico em especial este trabalho à minha esposa pelos ensinamentos, amor, compreensão e orações durante minha caminhada;

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida e que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, José Anchieta Damasceno e Maria Adamir Pontes Damasceno e toda família pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À minha esposa, Thayanne França da Silva Damasceno, pela paciência, companheirismo e apoio incondicional nesta jornada.

Ao meu orientador, professor Fran, pelas palavras de apoio nos momentos difíceis, por ter acreditado em mim e ter compartilhado seus conhecimentos durante minha jornada.

Ao meu Co-orientador, professor Paulo Henrique Mendes Maia, por partilhar seu tempo, conversas e ensinamentos visando o melhor para este trabalho.

Às professoras Maria Elizabeth Sucupira Furtado e Mariela Inés Cortés, pela disponibilidade de aceitar o convite para participar da banca deste trabalho.

Aos meus amigos e companheiros do MACC.

A esta universidade e todo o corpo docente do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, pela seriedade e dedicação ao trabalho.

Agradeço a todos do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Dell - LEAD, por todo apoio e motivação para seguir essa caminhada. Em especial: Eudênia Magalhães, Lidiane Silva, Bruno Queiroz, Eder Soares, Joelma Silveira, Raquel Farias, Rachel Bessa, Cassandra Ribeiro, Nelson Lima, Daniel Coutinho, Matheus Chagas, Alan Rabelo, Pedro Muniz, Pedro Ribeiro, Paulo Machado, Edivaldo Castro, Marina Rodrigues, Flávio Alves, Anderson Severo, Ítalo Ferreira, Herculano Santos, Almir Rodrigues, Rômulo Ferrer, Danrley Galdino, Kaiara Fonteles, Iago Gomes, Paulo Lacerda, Gabriel Veras, Sâmya Dourado, Levi Cavalcante, Bianca Tiane, Sabrina Mariano, Nina Vital, Maikon Igor, Renata Franco, Sofia Nicolau, Igor Pereira e equipe de acessibilidade, Gildarley e equipe de suporte de TI, Ellie Freitas, Tearle Pinheiro, Lázaro e equipe pedagógica e de tutores, Randson Gomes e equipe de tradutores, equipe administrativa, equipe de produção de conteúdo, equipe de testes, participantes do experimento e todos colaboradores deficientes visuais, auditivos e baixa visão.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

“Não to mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

(Josué 1:9)

RESUMO

Contexto: A plataforma *Dell Accessible Learning* (DAL), assim como outros cursos de educação a distância em ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) empregam tutores para apoio pedagógico, monitoramento dos alunos e detecção de possíveis desistências. No entanto, quando os cursos têm um número maior de alunos, pode haver uma sobrecarga de trabalho nos tutores humanos, afetando sua qualidade de trabalho. Para mitigar esse problema, os tutores inteligentes artificiais podem ser usados não apenas para aumentar a capacidade de atender às necessidades dos alunos, mas também para melhorar o monitoramento de seu desempenho. É possível aumentar a escalabilidade dos cursos *on-line* usando um tutor artificial inteligente. Além disso, os tutores muitas vezes não são capazes de atender às necessidades dos alunos com deficiência, o que pode ser alcançado usando um tutor inteligente artificial.

Objetivo: Analisar a viabilidade de um tutor inteligente para atender às principais demandas de tutoria feitas pelos alunos da plataforma DAL. **Método:** Desenvolveu-se um artefato chamado STUART (Sistema Tutor Artificial) que monitora a DAL e interage com os alunos, fornecendo automatização, inteligência e suporte ao processo de ensino e aprendizagem. O STUART foi programado de forma reativa e proativa para atender às principais demandas dos alunos, com base no corpus de cenários de interações dos cursos anteriores. Quatorze participantes participaram de duas aulas de um curso a distância, com e sem STUART, onde foram coletados dados de interação. **Resultados:** Para 76% dos participantes, o STUART ajudou a resolver os problemas mais frequentes de nível pedagógico, técnico e de conteúdo. Encontrou-se empiricamente, com uma taxa de confiança de 95% ($\alpha = 0.05$), através da aplicação do teste Wilcoxon ($p\text{-value} = 0.000624$) e aplicação do teste T de Student ($p\text{-value} = 0,024994$) menores que o valor de α , que o STUART traz uma redução significativa na taxa de assistência prestada por tutores humanos e no tempo de atendimento. Isso resultou na preferência do STUART em relação ao tutor humano para 85% dos estudantes. O SUS (avaliação de usabilidade) obteve 86.

Keywords: Sistema de tutoria inteligente. Sistema de gerenciamento de aprendizagem. Educação a distância. Pessoas com deficiência. Interação humano-computador. Inteligência artificial

ABSTRACT

Context: The Dell Accessible Learning (DAL) platform and other distance education courses in Virtual Learning Environments (AVA) employ tutors for pedagogical support, monitor students, and detect possible dropouts. However, when courses have a higher number of students, there can be a work overload on human tutors, impacting their work quality. To mitigate this problem, artificial smart tutors can be used not only to increase the capacity to attend to students' needs but also to improve the monitoring of their performance. Increasing the scalability of online courses can be achieved using an intelligent tutor artificial. Furthermore, tutors are often not capable of meeting the needs of students with disabilities, which could be achieved by using an artificial smart tutor. **Goal:** Analyze the viability of an intelligent tutor in meeting students' main tutoring demands on the DAL platform. **Method:** We have developed an artifact named STUART (Artificial Tutor System) which monitors the DAL and interacts with students, providing automatization, intelligence, and support to the process of teaching and learning. STUART has been programmed reactively and proactively to meet students' main demands, based on the corpus of interactions scenarios on previous courses. Fourteen participants attended two classes of a Distance Education Course, with and without STUART, where interaction data were collected. **Results:** For 76% of the participants STUART helped to solve the more frequent problems in the pedagogical, technical, and content levels. It was found empirically, as a 95% confidence tax ($\alpha = 0.05$), through the Wilcoxon test application ($p\text{-value} = 0.000624$) and the Student's T-test application ($p\text{-value} = 0.024994$) less than a value of , that STUART shows a significant reduction in the taxa of assistance provided by human tutors and no time of care. That resulted in the preference of STUART in relation to the human tutor for 85% of the students. SUS (usability assessment) scored 86.

Keywords: Intelligent tutoring systems. Learning management system. Distance education. People with disabilities. Human-computer interaction. Artificial intelligence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura analítica da pesquisa com a metodologia aplicada . . .	22
Figura 2 – Plataforma de SGA de ensino a distância <i>Dell Accessible Learning</i>	23
Figura 3 – Arquitetura tradicional de um STI	26
Figura 4 – Fases do Mapeamento Sistemático	38
Figura 5 – Processo do protocolo do mapeamento sistemático da literatura	39
Figura 6 – <i>String</i> de busca <i>Scopus</i>	42
Figura 7 – Fluxo de identificação, seleção e inclusão dos estudos do mapeamento	43
Figura 8 – Quantidade de conteúdo contido na amostra	45
Figura 9 – Quantidade x tipo de estudo avaliativo	45
Figura 10 – Escola da Malta <i>homepage</i> com uma mensagem do tutor inteligente	49
Figura 11 – Interface do usuário INTUITEL	53
Figura 12 – Visão do aluno na interface da tela usando <i>Moodle</i>	54
Figura 13 – Infográfico de funcionamento do STUART	57
Figura 14 – Arquitetura DAL e STUART	60
Figura 15 – STUART apto a responder as perguntas frequentes.	61
Figura 16 – STUART sanando dúvidas de conteúdo do curso.	62
Figura 17 – STUART enviando recomendações de acordo com o perfil do aluno.	64
Figura 18 – STUART acessível por áudio e tradução em Libras.	66
Figura 19 – STUART com <i>feedback</i> nos OAs	66
Figura 20 – Procedimento de Avaliação	67
Figura 21 – Logística experimento STUART	80
Figura 22 – Auxílios para problemas de nível pedagógico	83
Figura 23 – Auxílios para problemas de nível conteúdo	84
Figura 24 – Auxílios para problemas de nível técnico	84
Figura 25 – Ambiente do experimento apresentando o <i>chat</i> na barra lateral	88
Figura 26 – Ambiente ilustrando interação do aluno com STUART e Tutor .	89
Figura 27 – STUART solucionando demanda de nível técnico	90

Figura 28 – Nuvem de palavras para Influência do STUART no aprendizado	91
Figura 29 – Nuvem de palavras com críticas e elogios para o STUART . . .	92
Figura 30 – Ambiente com STUART dando boas vindas ao aluno	103
Figura 31 – STUART sanando dúvida do aluno	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão	42
Tabela 2 – Finalidade de uso dos STIs	46
Tabela 3 – Caracterização por grupos das técnicas implementadas em STIs . .	47
Tabela 4 – Funcionalidades X Resultados esperados	58
Tabela 5 – Resultado do SUS - Perfil Cego	72
Tabela 6 – Resultado do SUS - Perfil Surdo	72
Tabela 7 – Resultado do SUS - Perfil Baixa Visão	72
Tabela 8 – Percentual de atendimento do STUART	84
Tabela 9 – Teste Wilcoxon nº de auxílios tutor Grupo 01 e 02	86
Tabela 10 – Teste T de Student tempo de realização tarefas Grupo 01 e 02 . . .	86
Tabela 11 – Resultado do SUS	87
Tabela 12 – Resumo das hipóteses de pesquisa e suas validações	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
DAL	<i>Dell Accessible Learning</i>
DrQA	<i>Reading Wikipedia to Answer Open-Domain Questions</i>
EaD	Ensino a Distância
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interação Humano-Computador
IJAIED	<i>International Journal of Artificial Intelligence in Education</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>
LEAD	Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Dell
MOOC	<i>Massive Open Online Courses</i>
MRC	<i>Machine Reading Comprehension</i>
NVDA	<i>NonVisual Desktop Access</i>
OA	Objeto de Aprendizagem
OWL	<i>Ontology Web Language</i>
PcD	Pessoas com Deficiência
PLN	Processamento de Linguagem Natural
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
SLOM	<i>Semantic Learning Object Model</i>
SQuAD	<i>Stanford Question Answering Dataset</i>
STI	Sistemas Tutoriais Inteligentes
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TF-IDF	Term Frequency – Inverse Document Frequency
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problemática	17
1.2	Hipótese	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	Organização do trabalho	20
2	METODOLOGIA	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1	Sistema de gestão de aprendizagem (SGA)	23
3.2	Educação a distância e o papel do tutor humano no <i>e-learning</i>	24
3.3	Sistema tutorial inteligente	25
3.4	Acessibilidade	27
3.5	Lead	27
3.6	Processamento de linguagem natural	29
3.7	Aprendizado de máquina	31
3.8	Agente conversacional	32
3.9	Plataforma <i>dialogflow</i>	33
3.10	Interação humano-computador	34
3.10.1	Composição de uma conversa	35
3.10.2	Níveis de discurso e estratégias desenvolvidas para alcançar um objetivo comum.	35
3.10.3	Teoria da atividade	36
4	REVISÃO DA LITERATURA	37
5	TRABALHOS RELACIONADOS	49
5.1	Edututor: an intelligent tutor system for a learning management system	49
5.2	Intuitel: intelligent tutoring interface for technology enhanced learning in a course of computer network design	51
5.3	An intelligent lms model based on intelligent tutoring systems	53

5.4	Comparativo do stuart com os trabalhos relacionados	55
6	STUART, O TUTOR INTELIGENTE	57
6.1	Plataforma <i>dell accessible learning</i>	59
6.2	Arquitetura dal e stuart	59
6.3	Funcionalidades principais da 1ª fase deste estudo	60
6.3.1	<i>Chatbot</i> para responder a perguntas frequentes.	60
6.3.2	<i>Chatbot</i> pesquisando respostas de conteúdo didático.	62
6.4	Funcionalidades principais da 2ª fase deste estudo	63
6.4.1	<i>Chatbot</i> enviando recomendações diárias.	63
6.4.2	<i>Chatbot</i> com funcionalidade acessível.	65
6.5	Teste de acessibilidade e usabilidade	66
7	EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO DO STUART	73
7.1	Objetivo geral	73
7.2	Objetivos específicos	73
7.3	Desenho do experimento	73
7.4	Ameaças a validade	81
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	82
9	CONSIDERACOES FINAIS	93
9.1	Conclusão	93
9.2	Limitações	94
9.3	Trabalhos futuros	94
9.4	Publicações	94
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICES	101
	APÊNDICE A – Termo de Ética Livre e Esclarecido	102
	APÊNDICE B – Tarefas do experimento	103
	APÊNDICE C – Relato de experiência	104
	APÊNDICE D – Depoimentos dos participantes	105
	ANEXOS	106
	ANEXO A – SUS	107
	ANEXO B – SUS - Deficiente Visual	108
	ANEXO C – SUS - Deficiente Auditivo	109

ANEXO D – SUS - Deficiente Baixa Visão	110
--	-----

1 INTRODUÇÃO

Na plataforma *Dell Accessible Learning* (DAL) e cursos a distância, que geralmente são mediados por Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), os tutores desempenham um papel fundamental devido à realização de várias atividades, como apoio pedagógico, monitoramento da interação e desempenho do aluno, além de detecção, prevenção e redução de abandono (BARKER, 2002) (DENIS et al., 2004), ajudando os alunos a concluírem seu curso com sucesso (LENTELL, 2004) (SIMPSON; SHARMA, 2002). No entanto, quando um grande número de alunos participa de cursos, os tutores humanos podem ser sobrecarregados, o que pode ter um impacto negativo em seu trabalho.

Para mitigar isso, é importante implementar técnicas que melhorem o processo de aprendizado dos alunos, sem aumentar (ou preferencialmente diminuir) a carga de trabalho dos tutores (FOX; MACKEOGH, 2003). De acordo com Hobert e Wolff (2019), nesse campo, os Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI) surgem como uma alternativa importante não apenas para aumentar a capacidade de atender às necessidades dos alunos em geral, mas também para melhorar seu desempenho. Além disso, essa abordagem pode ajudar a atender às especificidades do aprendiz remoto considerando os diferentes perfis de deficiências.

Um Tutor Inteligente é um exemplo desse sistema. De acordo com Rosatelli (2000), STI, micro-mundos e ambientes de aprendizado interativo são algumas das aplicações mais comuns no campo da Inteligência Artificial (IA). O STI é uma ferramenta que mostra grande potencial em sua aplicabilidade prática, mas também no impacto pedagógico que ele pode ter no Ensino a Distância (EaD). Em tal modalidade educacional, na qual alunos e professores estão distantes um do outro (fisicamente ou no espaço), é possível ver claramente a necessidade e os benefícios de um sistema integrado capaz de fornecer suporte no processo de ensino e aprendizagem, além de ajudar com dificuldades e perguntas dos alunos.

Existem estudos sobre vários aspectos do impacto de tutores inteligentes em cursos *on-line*. Rodrigues et al. (2012), por exemplo, concentram-se em interações automatizadas usando *pop-ups*. Verdú et al. (2014) abordam as recomendações para Objeto de Aprendizagem (OA) encaminhando uma lista dos objetos mais apropriados e Palomino et al. (2014) lidam com o uso de agentes com *feedback* personalizado para

cada aluno. No entanto, nenhum deles se concentra em um *chatbot* para responder às perguntas dos alunos e diminuir a sobrecarga do tutor humano em cursos *on-line*.

Sendo assim este trabalho buscou nesta primeira fase de pesquisa, analisar a viabilidade de um Tutor Inteligente no atendimento das principais demandas de tutoria por parte dos alunos na DAL, investigando a possibilidade de um maior alcance sobre eles, o que deve aumentar a escalabilidade do curso. Está previsto para uma segunda rodada experimental, avaliar o tratamento das funcionalidades para Pessoas com Deficiência (PcD) e recomendações pedagógicas diárias durante a aplicação de um curso na íntegra. Por esse motivo, foi desenvolvido um tutor inteligente, chamado STUART (Sistema Tutor Artificial), que usa Processamento de Linguagem Natural (PLN), técnicas de aprendizado de máquina e interage com as ferramentas de aprendizado da DAL para enviar recomendações pedagógicas proativamente de acordo com o perfil do aluno e responder a perguntas pedagógicas, demandas técnicas e de conteúdo dos alunos, buscando reduzir atividades que exijam recursos pedagógicos e tutoria humana. No contexto da Interação Humano-Computador (IHC), a construção de um Tutor Inteligente desempenha um papel vital no processo de ensino à distância, tendo em vista tanto a avaliação do usuário final quanto a usabilidade das soluções de software propostas.

1.1 Problemática

Os cursos a distância em ambientes virtuais de aprendizagem empregam tutores para apoio pedagógico, monitoramento de alunos e detecção de possíveis desistências. No entanto, quando os cursos têm um número maior de alunos, pode haver uma sobrecarga de trabalho nos tutores humanos, afetando sua qualidade de trabalho. Esta pesquisa investiga uma alternativa para mitigar esse problema através de um tutor inteligente artificial a fim de aumentar a capacidade de atender às necessidades dos alunos, melhorar o monitoramento destes e consequentemente aumentar a escalabilidade dos cursos *on-line*.

1.2 Hipótese

Esta pesquisa busca validar as seguintes hipóteses relacionadas à redução de atividades humanas de tutoria e acompanhamento pedagógico através da inserção de um tutor inteligente artificial.

Hipótese geral

O STUART pode trabalhar como substituto aceitável do tutor humano.

Hipóteses específicas

- **Hipótese 1.** Com STUART, o aluno resolve os problemas mais frequentes de nível técnico, pedagógico e de conteúdo didático.

Sub hipótese 1.1 STUART atende de forma transacional dúvidas de nível pedagógico;

Sub hipótese 1.2 STUART atende de forma transacional dúvidas de tutoria relacionado a conteúdo do curso;

Sub hipótese 1.3 STUART atende de forma transacional dúvidas de nível técnico relacionadas a plataforma.

- **Hipótese 2.** O STUART reduz número de interações do tutor humano com o aluno e consegue resolver em menos tempo;
- **Hipótese 3.** O STUART é mais acionado ao tutor humano nas interações transacionais de resolução dos problemas mais frequentes.

1.3 Objetivos

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os específicos.

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a viabilidade de um tutor inteligente artificial no atendimento das principais demandas de tutoria por parte dos alunos na DAL, investigando a possibilidade de um maior alcance sobre eles, o que deve aumentar a escalabilidade do curso.

1.3.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

1. Investigar o *corpus* de interação dos alunos com a DAL e com tutores;
2. Projetar e desenvolver um assistente conversacional e um sistema de recomendação para auxiliar os alunos com suas dúvidas e recomendações personalizadas;
3. Verificar aceitação do sistema de *chatbot*;
4. Comparar quantitativamente as interações dos alunos com STUART e com tutores humanos;
5. Verificar a preferência dos alunos pelo Tutor ou STUART em interações transacionais de resoluções dos problemas mais frequentes.

1.4 Organização do trabalho

O Capítulo 2 descreve a metodologia para desenvolver a solução e responder as questões de pesquisa. No Capítulo 3, são abordadas definições que fundamentaram este estudo. No Capítulo 4 é apresentada uma revisão da literatura no intuito de conhecer estudos sobre STI percebendo a finalidade com que têm sido implementados e identificando as principais técnicas de implementação. O Capítulo 5 apresenta três trabalhos identificados como mais próximos da presente pesquisa. Em seguida, no Capítulo 6 é apresentado o STUART. Inicialmente é retratado a investigação do *corpus*, logo a seguir, aspectos referentes à arquitetura e ao final, as principais funcionalidades. O Capítulo 7 traz o desenho do experimento realizado a fim de se chegar aos resultados. Os dados coletados foram submetidos a testes estatísticos e os resultados obtidos são apresentados no Capítulo 8, juntamente com uma análise quantitativa e qualitativa baseada nos depoimentos dos participantes. Por fim, no Capítulo 9, são apresentadas as considerações finais acerca dos resultados encontrados, juntamente com a descrição dos objetivos atingidos e conclusão das hipóteses. O capítulo é finalizado com limitações do trabalho e recomendações para novas pesquisas.

2 METODOLOGIA

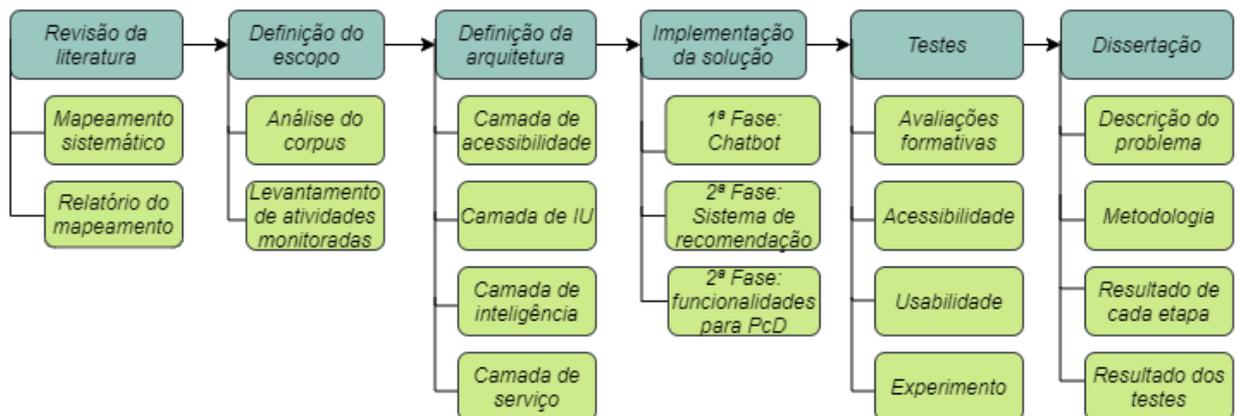
A seguinte metodologia foi adotada para o desenvolvimento desta pesquisa:

1. **Revisão da literatura:** coleta e análise de dados sobre o objeto de desenvolvimento (Tutor Inteligente) e público-alvo beneficiário (preferencialmente Pessoas com Deficiência (PcD)). Nessa etapa, foram investigados o estado da arte sobre com que finalidade tem sido implementado os tutores inteligentes e quais recursos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem sido utilizados. Com isso, foi construído um quadro de referência a partir do *corpus* de interação de alunos da plataforma DAL;
2. **Definição do escopo:** A partir da investigação do *corpus* de uma série histórica de interação dos alunos com a plataforma foram definidas as principais funcionalidades para atender as demandas mais frequentes (demandas pedagógicas, técnicas e de conteúdo) dos alunos. Essa definição, levou em consideração as atividades monitoradas pela equipe pedagógica e de tutores da DAL. A definição deste escopo originou a construção do artefato computacional para testar as hipóteses;
3. **Definição da arquitetura:** A partir da definição do escopo foi modelada a arquitetura com um desdobramento de modelos clássicos de STIs para um modelo reformulado, com a utilização de técnicas de PLN e aprendizado de máquina para incorporar a lógica e funcionamento dos cursos, *chat* e objetos de aprendizagem da plataforma. A partir disso, definiu-se uma arquitetura dividida em 4 camadas: Acessibilidade, Interface do Usuário, Inteligência e Serviço;
4. **Implementação da solução:** A partir da definição da arquitetura, partiu-se para a implementação da solução, contemplando as escolhas de técnicas, linguagens, definição dos algoritmos, manipulação de regras de negócio, interatividade e implementação de componentes de IA (como PLN e aprendizado de máquina) para responder às perguntas dos alunos relacionadas a demandas pedagógicas, técnicas e de conteúdo. Essa implementação é o núcleo do desenvolvimento do Tutor Inteligente. A partir daqui, foi realizado prioritariamente o desenvolvimento do *chatbot* na primeira fase desta pesquisa para testar as hipóteses levantadas. Além disso, foi desenvolvido o sistema de recomendação (que envia proativamente recomendações pedagógicas via *chatbot*), e funcionalidades para atender

PcDs preparando o ambiente para a 2ª rodada experimental, visto que o STUART está inserido em uma plataforma de ensino acessível.

5. **Testes:** Na sequência, foram realizados os testes e avaliações do tipo formativa, de acessibilidade e de usabilidade. Ao final, foi realizado experimento com quatorze participantes sem deficiência realizando duas aulas de um curso a distância, com e sem STUART, onde foram coletados dados de interação a fim de validar as hipóteses levantadas para a primeira fase desta pesquisa;
6. **Dissertação:** Por fim, foi produzida a dissertação com o detalhamento desta pesquisa, documentando a descrição do problema, a metodologia utilizada, os resultados de cada etapa e dos testes. A Figura 1 ilustra a estrutura analítica desta pesquisa e como esse processo metodológico é aplicado em cada etapa.

Figura 1 – Estrutura analítica da pesquisa com a metodologia aplicada



Fonte – Elaborado pelo autor

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico deste estudo.

3.1 Sistema de gestão de aprendizagem (SGA)

De acordo com Aparicio e Bacao (2013), sistema de gerenciamento de aprendizagem é o sistema de computador usado para gerenciar o curso *on-line*, distribuir material de aprendizado e permitir a colaboração entre aluno e professor. O uso do processo de aprendizado feito pelo SGA pode gerenciar quase qualquer aspecto do material de aprendizagem, começar com o registro até ser usado como repositório de resultados dos exames e permitir que o aluno acesse a tarefa por meio de mídia digital e seja necessário um professor conectado ao aluno a qualquer momento.

De acordo com Nishtar e Rahman (2006), um SGA é um aplicativo de software que automatiza a administração, rastreamento e relatórios de eventos de treinamento em sala de aula e *on-line*, permitindo uma análise detalhada da eficácia do seu investimento em treinamento. Por fim, é por isso que uma organização compra um SGA, para fornecer informações que influenciam a tomada de decisões e otimizam o investimento em treinamento. A Figura 2 ilustra um SGA, a plataforma DAL.

Figura 2 – Plataforma de SGA de ensino a distância *Dell Accessible Learning*



Fonte – *Dell Accessible Learning*

De acordo com Rodrigues et al. (2012), é importante garantir que o *e-learning* não seja apenas mais uma ferramenta para a entrega de informações não organizadas. Com base nisso, é crucial reconhecer a importância das metodologias de

ensino a distância. A existência de sistemas que monitoram o progresso da aprendizagem de alunos nos AVAs é essencial.

De acordo com Almeida (2011), o AVA relaciona-se a sistemas computacionais, destinados ao suporte de atividades mediadas pelas TIC, podendo integrar diferentes mídias e recursos, apresentando as informações de forma organizada, possibilitando interações entre pessoas e objetos de aprendizagem, visando atingir determinados objetivos.

O mundo social e do trabalho precisa cada vez mais de pessoas que possam conviver e produzir coletivamente. O formato de comunicação nos AVAs constitui um fator decisivo para mudar os paradigmas comunicacional e educacional (MACIEL, 2018). Dessa forma, é importante discutir sobre acessibilidade digital e propriedades pedagógicas possíveis que favorecem o desafio de aprender bem e diminuir a curva de aprendizagem. Complementando, Nishar e Rahman (2006), afirmam que um SGA é uma solução estratégica de alto nível para planejar, fornecer e gerenciar todos os eventos de aprendizado de uma organização, incluindo cursos *on-line*, sala de aula virtual e educação a distância.

3.2 Educação a distância e o papel do tutor humano no *e-learning*

De acordo com Abbad (2014), no mundo inteiro a EaD é uma modalidade voltada à aprendizagem de adultos. Essa modalidade está associada aos princípios de aprendizagem aberta, aprendizagem ao longo de toda vida ou educação permanente.

O *e-learning* têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento e expansão dos sistemas de educação *on-line*. Além disso, muitas universidades têm estado envolvidas na criação e desenvolvimento de ferramentas *on-line*. Na Europa, elas promovem e apoiam a iniciativa de Cursos Online Maciços Abertos (do inglês, *Massive Open Online Courses* (MOOC))(WIAK et al., 2012).

Durante a última década, uma atenção especial tem sido dada na integração de tecnologias de Internet a serem implementadas no processo de ensino e aprendizagem no ensino. Tecnologias de educação pela *web* estão sendo amplamente aplicadas para o ensino e aprendizagem levando a um grande número de utilizadores. A aprendizagem à distância em casos especiais está se tornando cada vez mais importante do que a aprendizagem tradicional. Além disso, o número de instituições onde este

sistema é aplicado com êxito está crescendo constantemente (WIAK et al., 2012).

Os tutores humanos *on-line* desempenham um papel crítico no *e-learning*. De acordo com McPherson e Nunes (2004), os tutores humanos *on-line* são os principais agentes responsáveis pela condução dos cursos e pelo apoio aos alunos. Em seu trabalho, eles discutem quatro tipos principais de papéis (educacional, social, gerencial e técnico) e propõem abordagens mediadas por computador para apoiar e facilitar o aprendizado, usando uma combinação de habilidades que abrangem informações e conhecimentos de TI, bem como conhecimentos nos usos educacionais de recursos de aprendizagem *on-line*, ambientes e tecnologias de comunicação. Portanto, o processo de tutoria *on-line* é provavelmente o fator de sucesso mais importante na aceitação do *e-learning* pelo aluno.

De acordo com Barker (2002), essa abordagem para apoiar o aprendizado dos alunos consome muito mais tempo do que o ensino presencial convencional. Bernath and Rubin (2011), relatam como o grande volume de atividades *on-line* pode ser excessivo para o professor e o aluno e por que a carga de trabalho do corpo docente *on-line* é frequentemente relatada como maior do que no ensino presencial. Claramente, é necessário investigar como a carga de trabalho envolvida no ensino *on-line* pode ser reduzida através do *design* apropriado de novas estratégias pedagógicas e ferramentas de automação que reduzirão as demandas de tempo envolvidas.

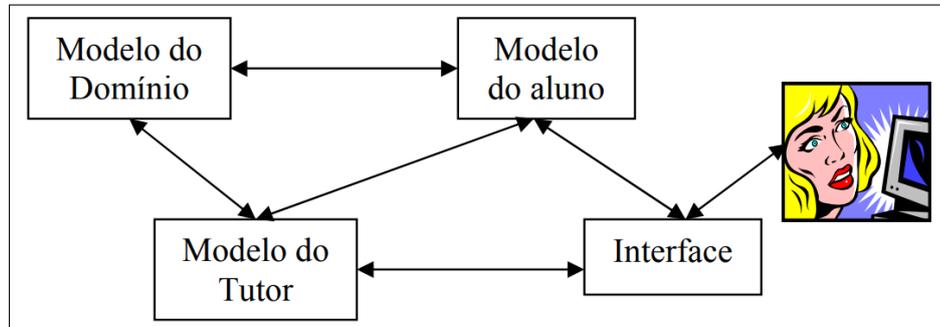
3.3 Sistema tutorial inteligente

Sistema tutorial inteligente é o campo interdisciplinar que investiga como desenvolver sistemas educacionais que fornecem instruções personalizadas para as necessidades dos alunos, como fazem muitos tutores (CONATI, 2009). Segundo Conati (2009), a pesquisa em STI está preocupada com a construção de ambientes que possibilitem um aprendizado mais eficiente. Os STI representam separadamente o modelo do domínio e pedagógico. O aluno é caracterizado por meio de um modelo, com o objetivo de obter um ensino individualizado, fazendo uso de uma interface de comunicação de boa usabilidade, favorecendo a interação tutor-aluno.

Segundo Gavidia e Andrade (2003), o principal objetivo de um STI é proporcionar um ensino adaptado a cada aluno, tentando se aproximar ao comportamento de um professor humano na sala de aula. Esses sistemas se baseiam em uma arquitetura

tura composta basicamente por quatro componentes. A Figura 3 ilustra todos estes componentes e a relação entre eles.

Figura 3 – Arquitetura tradicional de um STI



Fonte – (GAVIDIA; ANDRADE, 2003)

No modelo do aluno são modeladas as características individuais do aluno. Já o modelo do tutor possui o conhecimento sobre as estratégias e táticas para selecioná-las em função das características do aluno. O modelo do domínio detém o conhecimento sobre a matéria no formato de regras de produção, estereótipos, etc. E por fim, o modelo de interface intermedia a interação entre o tutor e o aluno. De acordo com Lima e Rosatelli (2003) um STI pode ser altamente eficaz para melhorar o desempenho e a motivação dos estudantes.

Reforçando essa característica de um STI, Santos et al. (2001) apresenta que um STI incorpora técnicas de IA em seu projeto de desenvolvimento e atua como um auxílio no processo de ensino-aprendizagem. Aliado a esse estudo, Frigo et al. (2004), concluíram que a tecnologia dos agentes tornou o STI mais adaptado às necessidades individuais e às características de cada aluno. Nesta direção, a convergência das abordagens STI e SGA podem potencializar o processo de aprendizagem, tornando o SGA um ambiente de aprendizagem inteligente (PEREIRA et al., 2007).

No Brasil, a EaD está sendo adotada na educação, nos programas de qualificação e formação profissional e na educação corporativa. Escolas de governo na Europa, no Canadá e no Brasil estão adotando a educação a distância, em todas as suas formas, na oferta de cursos para servidores públicos e comunidade (ABBAD, 2007). Os AVAs podem auxiliar a EaD na resolução de problemas das pessoas, sobretudo os PcDs, como por exemplo, a dificuldade de deslocamento e ao fato de que estão geograficamente dispersos. Portanto, os AVAs geram benefício pois possibilitam

chegar até onde eles estiverem.

3.4 Acessibilidade

De acordo com Manzini (2005) uma das interpretações que distingue acesso de acessibilidade é que o primeiro termo reflete um desejo de mudança e a busca a algum objetivo. O termo acesso significa a necessidade de luta para alcançar um objetivo. Parece estar também relacionado à questão da atitude em relação à exclusão.

O termo acessibilidade reflete algo mais concreto. O conceito de acessibilidade se sedimenta em situações que podem ser vivenciadas nas condições concretas da vida cotidiana, ou seja, a acessibilidade é algo que pode ser observado, implementado, medido, legislado e avaliado. Dessa forma, pode-se criar condições de acessibilidade para que as pessoas possam ter acesso a determinadas situações ou lugares (MANZINI, 2005).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define acessibilidade, por meio da norma NBR 9050, como a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaços, mobiliários, equipamentos urbanos e elementos. A mesma norma define o termo acessível como espaço, edificação, mobiliário, equipamento urbano ou elemento que possa ser alcançado, acionado, utilizado e vivenciado por qualquer pessoa, inclusive aquelas com mobilidade reduzida. O termo acessível implica tanto acessibilidade física como de comunicação (ACESSIBILIDADE, 2004).

Segundo Nascimento et al. (2017), há um aplicativo Aprendizado Acessível, que é a plataforma do Portal DAL, um ambiente *on-line* de EaD acessível para PcDs, que foi desenvolvido pelo LEAD em parceria com a UECE e com o Instituto de Estudos.

3.5 Lead

O Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Dell (LEAD) foi criado pela multinacional Dell Computadores, em Fortaleza, através da parceria com a UECE, para pesquisar e desenvolver soluções de ensino a distância que aumentem as oportunidades de empregabilidade de pessoas com deficiência no Brasil (NASCIMENTO et al., 2017).

O LEAD é formado por uma equipe multidisciplinar, composta por pesquisadores, analistas de sistemas, analistas de testes de software, desenvolvedores, especialistas em acessibilidade, tradutores e intérpretes de Libras, pessoas com deficiência que realizam todos os testes de software, entre outros profissionais, que compartilham o mesmo objetivo: mudar a realidade social e econômica do Brasil através de uma educação acessível para todos (NASCIMENTO et al., 2017).

Como resultado do trabalho do LEAD, foi criada a plataforma de ensino a distância, *Dell Accessible Learning* (DAL), com diversos cursos profissionalizantes e ferramentas que facilitam a aprendizagem do aluno e tornam o ensino acessível para pessoas com deficiência física, auditiva e baixa visão (EMPLOYABILITY, 2016). Novas ferramentas estão sendo pesquisadas e desenvolvidas para ampliar cada vez mais a acessibilidade da plataforma e dos seus conteúdos para outros perfis de deficiência, como por exemplo, para pessoas com cegueira e pessoas com tetraplegia.

De acordo com Nascimento (2017) por meio da plataforma são disponibilizados diversos cursos de capacitação profissional em Tecnologia da Informação, entre outras áreas, como Desenvolvimento de Software Java Básico, Desenvolvimento de Software Java Intermediário, Desenvolvimento de Software Java Avançado, Desenvolvimento de aplicativos Android, Administração de Banco de Dados Oracle, Gerenciamento de Projetos, Atendimento ao Cliente, entre outros, todos certificados pela UECE.

Há uma iniciativa no LEAD para desenvolvimento de ferramentas para promoção da inclusão e autonomia na aprendizagem. Nesse contexto, a construção da tecnologia Tutor Inteligente para atuar em aplicações de educação busca inserir na plataforma DAL tecnologias de IA. Russel e Norvig (2004) defendem que uma abordagem centrada nos seres humanos deve ser uma ciência empírica, envolvendo hipóteses e confirmação experimental.

Ele sugeriu um teste baseado na impossibilidade de distinguir entre entidades inteligentes, os seres humanos, em que estes ao conversarem com o computador não saberiam identificar se conversavam com humano ou máquina. Continuando, ele afirma que, programar um computador para passar no teste exige muito trabalho e dentre as capacidades que o computador precisa ter são: PLN e aprendizado de máquina.

3.6 Processamento de linguagem natural

De acordo com Bird et al. (2009) um PLN é um termo amplo para abranger a manipulação computacional de uma linguagem natural. Nesse contexto, linguagem natural se refere à linguagem usada na comunicação diária das pessoas como o inglês, espanhol, ou, no caso dessa pesquisa, o português do Brasil. Em um extremo, pode ser tão simples quanto contar frequências de palavras para comparar diferentes estilos de escrita. No outro extremo, o PLN envolve "compreensão" de expressões humanas completas, pelo menos até o ponto de ser capaz de dar respostas úteis a elas.

De acordo com Turban et al. (2010), PLN refere-se ao processamento da linguagem humana e sua forma de interação entre homem e máquina, independentemente do idioma em que esteja descrito. Complementando a definição de Turban et al. (2010), Andrade (2018) define um PLN como uma área interdisciplinar na qual se incluem a Informática, Matemática, Ciência da Informação, Psicologia e Linguística. Estudam-se a representação e interpretação automática do dado não estruturado, ou melhor explicando, da informação falada ou escrita por humanos.

Essa é uma área em que os pesquisadores são orientados na busca por entendimento de como humanos geram, fazem uso e compartilham informação, direcionando seus esforços para a construção de softwares que possam manipular a linguagem natural o mais próximo da interpretação humana. O PLN consiste de uma gama de técnicas computacionais, teoricamente motivadas, para análise do discurso humano (CAMBRIA; WHITE, 2014). De acordo com Young et al. (2018) o PLN permite que os computadores executem uma ampla gama de tarefas relacionadas com a linguagem natural em todos os níveis, desde a análise e até a sistemas de tradução de diálogos.

Neste trabalho fica evidente o uso do PLN através do uso do *chatbot* em que o agente STUART usa a tecnologia para processar as dúvidas enviadas pelos alunos em linguagem natural. Este trabalho ainda evidencia o uso do PLN, quando o STUART solicita ao modelo *Machine Reading Comprehension* (MRC) a produção de uma resposta apropriada para as dúvidas relacionadas ao conteúdo didático. O modelo faz uso do Term Frequency – Inverse Document Frequency (TF-IDF). Essa é uma técnica muito usada em processamento de linguagem natural. Essa técnica usa a frequência dos termos como uma maneira de dizer se aquele texto é relevante.

Sendo assim, ao considerar as três documentos abaixo:

"O rato roeu a roupa do rei de roma e o rato morreu."

"A vaca da fazenda morde o rato."

"Aqui não tem rato."

A frequência do termos diz respeito a quantidade de vezes que um termo aparece em um documento. Então para cada palavra será calculado a quantidade de vezes que ela ocorre, por exemplo o termo "o". Dessa forma, quanto menos um termo aparece mais este termo é importante. Por exemplo, o termo "e" aparece bastante em um texto e não é tão importante.

O *Document-Frequency* diz respeito a frequência que uma palavra aparece nos documentos. Ao analisar os documentos acima, encontra-se nos três a palavra "rato" obtendo uma frequência muito alta. Ou seja, como o termo aparece em todos os documentos, ele não é tão importante, a exemplo do termo "e". Isso significa que o termo "rato" não será usado como parâmetro para encontrar o documento mais provável para a resposta da pergunta.

Por exemplo, ao pesquisar por "rato", todos os documentos retornariam a mesma coisa. Neste caso, só mudaria a frequência do termo, visto que no primeiro documento o termo "rato" aparece duas vezes. A importância do termo é igual à frequência do termo multiplicado pela inversa da frequência do documento $TF * (1/DF)$. Essa fórmula sugere que se a frequência do termo for muito alta, a importância do termo será o contrário, no caso a importância será considerada baixa.

Quanto maior o TF, maior a frequência do termo no texto e maior será a possibilidade de determinado texto fazer sentido. Sendo assim, no exemplo abaixo:

"Ratos são bichos do meio do mato."

"Ciência da Computação é uma área do mundo"

"Paris é cheia de ratos."

Se pesquisar por "O que são ratos? ", o segundo documento será excluído da análise, visto que não contém o termo "rato", pois em TF/DF, o TF obterá valor "zero". O TF-IDF gera uma matriz de documentos, onde a primeira coluna tem as palavras para cada documento. Ao final o TF-IDF terá uma pontuação que servirá de base para escolher o documento mais provável que conterà a resposta da pergunta de conteúdo enviada pelo aluno.

3.7 **Aprendizado de máquina**

De acordo com Holmes et al. (2019) , o aprendizado de máquina consiste em fazer os computadores agirem sem receber cada passo com antecedência. Em vez de os algoritmos serem programados exatamente para o que fazer, em termos gerais, eles têm a capacidade de aprender o que fazer. Ao invés de comandos diretos que levam a resultados diretos, o aprendizado de máquina envolve grandes quantidades de dados de entrada para prever novos resultados.

Os algoritmos de aprendizado de máquina analisam os dados para identificar padrões e criar um modelo que é usado para prever valores futuros (por exemplo, ao identificar padrões em dados históricos de estoques, a IA prevê futuros movimentos de estoque) (HOLMES et al., 2019). Em outras palavras, o aprendizado de máquina pode ser considerado um processo de três etapas (analisar dados, construir um modelo, realizar uma ação) que é continuamente iterado (os resultados da ação geram novos dados, que por sua vez, altera o modelo, que por sua vez causa uma nova ação). É nesse sentido que a máquina está aprendendo.

Segundo Holmes et al. (2019) muitas aplicações recentes que empregam técnicas de PLN são possíveis pela evolução do aprendizado de máquina, permitindo que tecnologias simulem conversas entre computadores e seres humanos em linguagem natural: é o caso dos agentes conversacionais.

O aprendizado de máquina fica evidente neste estudo por meio do uso agente STUART do *Dialogflow*. Quando o agente é treinado, o *Dialogflow* usa os dados de treinamento para criar um modelo de aprendizado de máquina específico para ele. Normalmente, é fornecido dados de treinamento inserindo diretamente frases

de treinamento para *intents*. Também é possível usar a ferramenta de treinamento para analisar, importar e exportar dados reais de conversas e melhorar os dados de treinamento. O aprendizado de máquina auxilia a expandir o domínio do agente sobre as possíveis formas do aluno enviar perguntas para uma mesma dúvida. Além disso fica evidente o uso do aprendizado de máquina com o modelo *Reading Wikipedia to Answer Open-Domain Questions* (DrQA) que usa o *Stanford Question Answering Dataset* (SQuAD) utilizando aprendizado de máquina para treinar uma Rede Neural Recorrente, uma arquitetura multicamadas que usa uma rede de neurônios. O modelo encontrará possíveis respostas e a melhor resposta, selecionando a última como a resposta a ser enviada.

3.8 Agente conversacional

No que se refere à customização de AVAs para torná-los mais interativos, há estudos que descrevem sobre o uso de agentes conversacionais. Os agentes conversacionais são ferramentas tecnológicas que permitem simular conversas com seres humanos em linguagem natural. Eles são utilizados como entidades para instruir o estudante durante o aprendizado de conteúdos específicos (BADA; MENEZES, 2012).

Além disso, conforme Konzen et al. (2012), os agentes conversacionais objetivam compreender as necessidades dos usuários, utilizando recursos textuais ou sonoros para manter uma conversa. Desse modo, um agente possui uma base de conhecimento constituída por perguntas e respostas sobre um assunto, o qual o agente possui domínio. Por meio de perguntas realizadas pelo estudante, o agente consegue manter uma conversa com o usuário, representando um tutor pedagógico que provê suporte ao ensino de conteúdos (HERPICH et al., 2016).

Um agente conversacional também é conhecido como *chatterbot* ou *chatbot* e é definido como uma ferramenta responsável por designar uma conversa com um ou mais humanos (AL-ZUBAIDE; ISSA, 2011). Somando ao que foi apresentado no trabalho de Al-Zubaide e Issa (2011), Galitsky (2019) argumenta que um chatbot é um sistema de computador que provê uma interface entre usuários humanos e um software utilizando a fala ou escrita em linguagem natural.

Chatbots estão sendo cada vez mais utilizados em contextos educacionais para diversos fins. Por exemplo, os alunos que fazem perguntas iniciais sobre os cursos

podem encontrar-se conversando com um robô cujo trabalho é direcioná-los para as informações desejadas. Em algumas situações, eles também podem ser usados para apoiar diretamente o aprendizado (HOLMES et al., 2019). Há plataformas que auxiliam o processo de criação de *chatbots*. Para escolha da plataforma, realizou-se análise considerando escalabilidade, desempenho e ampla integração com outros canais e serviços, destacando dessa forma, o *Dialogflow*.

3.9 Plataforma *dialogflow*

O *Dialogflow* é uma plataforma que incorpora os conhecimentos e produtos de aprendizado de máquina do Google. É uma plataforma de PLN que facilita o design e a integração de uma interface do usuário conversacional com apps para dispositivos móveis, aplicativos da *Web*, *bots*, sistemas interativos de resposta de voz e etc (DIALOGFLOW, 2019). No ambiente da plataforma *Dialogflow*, é necessário entender quatro conceitos muito importantes para a construção de agentes de conversação: *intents*, *entities*, *context* e *fulfillment*.

Um agente *Dialogflow* é capaz de processar a entrada do usuário em uma informação estruturada para que se possa retornar uma resposta apropriada. Para isso é necessário utilizar estruturas chamadas de *Intents* que definem como mapear as entradas do usuário em respostas apropriadas. Uma *intent* é composta pelos componentes:

- **Frases de treinamento:** Define frases de exemplo do que os usuários podem dizer. O *Dialogflow* usa essas frases de treinamento e as expande para muitas outras frases semelhantes para criar um modelo de linguagem que corresponda às entradas do usuário. Por meio de treinamento e aprendizado de máquina, o *Dialogflow* cria um modelo de linguagem para melhor corresponder às entradas do usuário.
- **Ações e parâmetros:** Para melhorar o modelo de linguagem de uma intenção, pode-se anotar suas frases de treinamento com entidades ou categorias de dados que se deseja que o *Dialogflow* corresponda. Isso permite dizer à ferramenta que se deseja um tipo específico de entrada e não apenas corresponder à entrada literal do usuário. O *Dialogflow* extrai entidades correspondidas como parâmetros das frases de treinamento.

- **Respostas:** Define uma resposta de texto, fala ou visual ao usuário, o que geralmente avisa os usuários de maneira que eles saibam o que dizer em seguida ou que a conversa está terminando.

Para definir como as conversas funcionam, é necessário criar no agente de conversação *intents* que realizarão o mapeamento das entradas do usuário para as respostas. Em cada *intent*, são definidos exemplos de enunciados que podem acioná-la, o que extrair do enunciado e como responder. No *Dialogflow*, o fluxo básico da conversa envolve as seguintes etapas: 1. O usuário fornece a entrada; 2. O agente do *Dialogflow* analisa essa entrada; 3. O agente retorna uma resposta para o usuário.

Acrescentando a essa forma de interação do agente com o usuário, Galitsky (2019) afirma que um *chatbot* pode ou não imitar uma conversa humana. A interação com um *chatbot* pode se dar de diversas maneiras. Seja por texto escrito ou falado, geralmente a interação parte do usuário que espera que o robô o entenda e lhe forneça uma resposta satisfatória, mesmo que essa resposta seja um redirecionamento a uma página ou a exibição de um texto padrão. *Chatbots* fornecem um novo meio para os usuários interagirem com os provedores de serviços e estão emergindo como uma área cada vez mais importante para a comunidade de IHC.

3.10 Interação humano-computador

Segundo Sharp et. al. (2001) , dentro da Computação, outras áreas auxiliam a concepção de uma solução interativa com alta qualidade de uso, como a Engenharia de Software, Inteligência Artificial e Trabalho Cooperativo Apoiado por Computador. Por exemplo, nesta pesquisa técnicas de IA são utilizadas como meio, utilizando interfaces em linguagem natural e adaptações da interface ao contexto de uso. Embora IHC utilize conhecimentos e técnicas de diferentes áreas dentro e fora da Computação, ela se distingue delas por focar o uso de sistemas interativos.

Pesquisas têm sido desenvolvidas para entender o que constrói uma conversa. Em seu trabalho, por meio de entrevistas semiestruturadas, Clark et al. (2019) argumenta que as pessoas identificaram claramente os papéis sociais e transacionais da conversa, com foco quase universal nos objetivos transacionais ao discutir as conversas com os agentes. No entanto, eles foram operacionalizados de maneira muito diferente, sendo discutidos em quase termos puramente funcionais para conversas

com agentes.

3.10.1 Composição de uma conversa

A conversa falada humana serve a muitos propósitos. Eles são amplamente classificados como transacionais (baseados em tarefas) ou sociais (interacionais). (BROWN et al., 1983)(EGGINS; SLADE, 2005) (SCHNEIDER, 1988). De acordo com Clark et al. (2019) a conversa falada é definida como: "qualquer troca falada interativa entre duas ou mais pessoas".

A conversa transacional busca uma meta prática, muitas vezes cumprida durante o curso de uma interação. Nestes tipos de trocas, os dois interlocutores sabem qual é o objetivo do diálogo. Eles têm diferentes funções claramente definidas, e o sucesso é medido pela consecução do objetivo da transação (CLARK et al., 2019). Segundo Cheepen (1988) embora a conversa transacional e social sirva a propósitos diferentes, elas geralmente se sobrepõem à conversa natural.

3.10.2 Níveis de discurso e estratégias desenvolvidas para alcançar um objetivo comum.

No trabalho de (MCNEILL, 2008), o discurso é codificado em termos de "cadeias de coreferência" que pertencem a pelo menos um dos três níveis: *objeto*, *meta* e *paralelo*. De acordo com Quek e Oliveira (2013), as referências no nível *objeto* estão relacionadas à substância da discussão (como obter informações sobre a duração do curso, por exemplo). As declarações no nível *meta* se referem ao próprio processo conversacional ou à solução a ser encontrada para atingir um determinado objetivo, e existem para regular enunciados no nível do objeto. Qualquer referência feita no nível *para* diz respeito à experiência pessoal direta das pessoas envolvidas na conversa ou das pessoas ou objetos presentes no ambiente em que o discurso ocorre. Além de codificada, uma troca entre dois ou mais interlocutores é composta do que podemos chamar de "turnos conversacionais", que tendem a aumentar em número se a coreferência entre os falantes (em qualquer nível do discurso) não for alcançada, ou se um comum objetivo não é alcançado.

3.10.3 Teoria da atividade

A teoria nos fornece uma linguagem e um conjunto de noções teóricas para entender as ações individuais como situadas em um contexto social e histórico mais complexo (ENGESTRÖM, 1987), (HASAN, 2013), (LEONTJEV, 1981). Outra das noções de Vygotsky que é empregada é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que ele apresentou em seu *Mind in Society* (1934) para explorar a relação entre educação e desenvolvimento. A ZDP está associada à lacuna entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial (ou possível) da aprendizagem dos indivíduos, sendo a zona entre o que o aluno pode fazer sem ajuda e o que ele só pode fazer com ajuda de alguém mais experiente (como um professor).

4 REVISÃO DA LITERATURA

Conhecendo os conceitos de STI, SGA e EaD, torna-se relevante a sua relação, uma vez que são apontadas as possibilidades dos Sistemas Tutoriais Inteligentes utilizados em Sistemas de Gestão de Aprendizagem no contexto do Ensino a Distância. Dado que é possível que os STIs propiciem suporte às atividades de aprendizagem, é possível também estendê-lo para o EaD. Isso porque qualquer sistema integrado de Educação a Distância necessita avaliar, ao longo de todo o processo de ensino/aprendizado, a evolução do aluno e suas possíveis dificuldades. A integração de mecanismos inteligentes, tais como os STIs, aos sistemas de EaD podem contribuir para esta necessidade num futuro próximo.

Neste sentido, esta revisão teve como objetivo a identificação e análise dos estudos disponíveis na literatura e as tendências das pesquisas sobre STIs, SGAs e EaD. Através de resultados de um mapeamento sistemático é possível identificar lacunas em determinada área, capazes de sugerir pesquisas futuras e prover um guia para posicionar adequadamente novas atividades de pesquisa (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007); (PETERSEN et al., 2008);(KITCHENHAM et al., 2011).

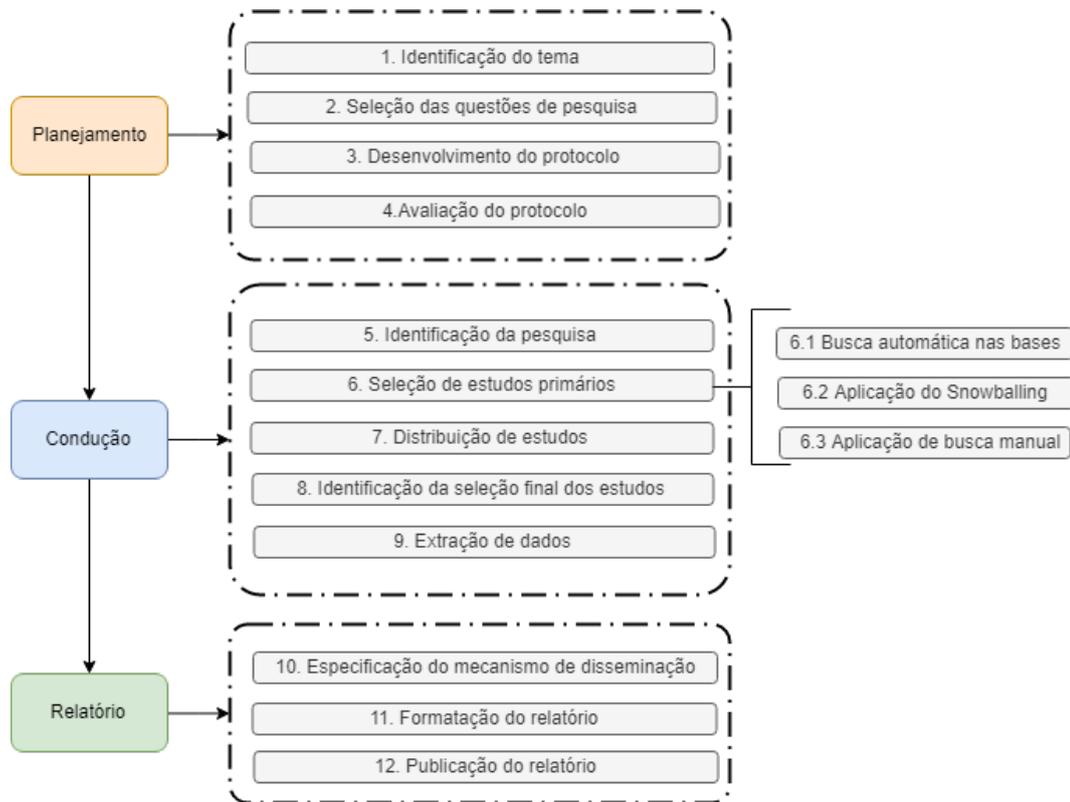
Método

O método utilizado nesta revisão foi o mapeamento sistemático de literatura, utilizando as etapas propostas por Mendes et al.(2008): identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa; desenvolvimento da questão norteadora; estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão de estudos para a busca na literatura; definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados e categorização dos estudos; avaliação dos estudos incluídos no mapeamento sistemático; interpretação dos resultados e apresentação do mapeamento.

Complementando as etapas propostas em (MENDES et al., 2008), o trabalho de Kitchenham et al. (2011) descreve o processo de um mapeamento sistemático da literatura incluindo três fases principais: planejamento do mapeamento; condução do mapeamento e entrega de um relatório do mapeamento. A equipe que realizou o mapeamento foi composta de três pesquisadores e dois professores doutores que revisaram o protocolo. A Figura 4 ilustra como abordou-se as três fases deste mapeamento sistemático.

De acordo com Kitchenham e Charters (2007) , o mapeamento sistemático é

Figura 4 – Fases do Mapeamento Sistemático



Fonte – Elaborado pelo autor

um estudo secundário que tem como objetivo identificar e classificar o conteúdo relacionado com um tópico de pesquisa. Durante o processo do mapeamento sistemático da literatura, utilizou-se a ferramenta “StArt¹”, 2019, versão 3.4, como suporte para criar o protocolo, aplicar os filtros, selecionar os artigos e mostrar os resultados. Organizou-se todas as referências no software Mendeley².

Cada uma dessas fases possui uma metodologia qualitativa, objetivando oferecer uma melhor especificação e evolução no desenvolvimento do mapeamento sistemático da literatura. Segundo Wohlin et al. (2013), o objetivo de um estudo secundário é prover aos pesquisadores uma visão geral de uma área de pesquisa e ajudar a identificar lacunas nessa área.

Os dados foram coletados durante o mês de maio de 2019. A busca dos artigos se deu por meio das bases de dados: *Scopus*, *Web of Science*, *SpringerLink* e *Engineering Village*. As palavras-chave utilizadas foram: “*Intelligent Tutoring System ou Smart Tutoring System*”, “*Learning Management System*”, “*Distance Learning ou*

¹ <https://tinyurl.com/y6efo3h9>

² <https://tinyurl.com/y64yqm7n>

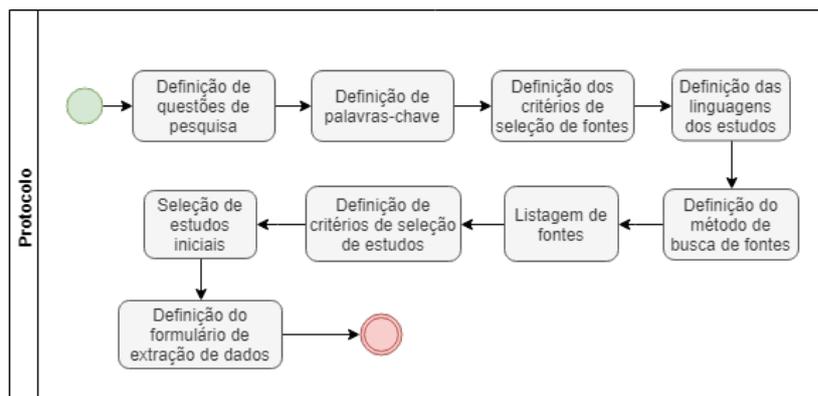
Distance Education”.

As seguir é apresentado o planejamento (os critérios de seleção do estudo, as fontes de pesquisa selecionadas) e a fase de condução (o processo de busca, os campos do formulário de extração de dados). Todo o processo foi armazenado e está disponível no *link*³.

- **Planejamento: definição do protocolo**

Na fase de planejamento, definiu-se um protocolo de mapeamento que especifica as questões de pesquisa a serem abordadas e os métodos que serão utilizados para realizar o mapeamento (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). A Figura 5 apresenta o processo do protocolo do mapeamento sistemático da literatura. O processo atende às diretrizes de Kitchenham e Charters (2007) .

Figura 5 – Processo do protocolo do mapeamento sistemático da literatura



Fonte – Elaborado pelo autor

O objetivo geral deste mapeamento é analisar o estado da arte e as oportunidades de estudo relacionadas à implementação de Sistemas Tutoriais Inteligentes para Sistemas de Gestão de Aprendizagem no contexto do Ensino a Distância. Duas questões de pesquisa foram definidas como norteadoras deste mapeamento:

1. **RQ1:** Com que finalidade os STIs tem sido utilizados?
2. **RQ2:** Quais são os recursos de tecnologia da informação existentes para implementação de Sistemas Tutoriais Inteligentes para Sistemas de Gestão de Aprendizagem de Ensino a Distância?

As questões de pesquisa foram estruturadas seguindo o conjunto de critérios PICOC, derivados da Medicina (PAI et al., 2004): “P” para população, paciente ou

³ <https://tinyurl.com/y5rkatjb>

problema; “I” para intervenção; “C” para comparação, controle ou comparador; “O” para resultados, do inglês *Outcomes*; “C” para contexto do estudo. Neste estudo, as questões de pesquisa foram baseadas na seguinte estrutura do critério PICOC, onde cada tópico é relacionado como segue:

- **População:** Publicações relacionadas a Tutores Inteligentes;
- **Intervenção:** Recursos tecnológicos para implementação de STI;
- **Controle:** Não se aplica;
- **Resultados (*Outcomes*):** Identificação de iniciativas relacionadas com STI.

Definição de critérios de seleção de fontes

As bibliotecas digitais escolhidas inicialmente como fontes foram: *Biblioteca Digital ACM; Engineering Village; IEEE Xplore; Scopus; ScienceDirect; Springer Link; Web of Science*; Google Acadêmico, que inclui as principais conferências e periódicos da Ciência da Computação.

As bases escolhidas são as principais bases de pesquisa para artigos científicos na área de pesquisa ou as bases que as indexam. O *Scopus* indexa a Biblioteca Digital ACM e o *IEEE Xplore*, e é baseado no mesmo banco de dados do *ScienceDirect*. Então, escolheu-se o *Scopus* que é considerado o mecanismo de busca mais eficaz (BURNHAM, 2006).

O *Scopus* e a *Web of Science* não possuem o mesmo banco de dados (TOBER, 2011), portanto, foram mantidos esses dois na lista final de fontes. Manteve-se o *Engineering Village*, porque, dentre seus doze bancos de dados de documentos de engenharia, encontrou-se dois, *Ei Compendex e Inspec*, que cobrem o conteúdo desta pesquisa.

De acordo com Harzing e Alakangas (2016), apesar do *Google Scholar* ser declarado como uma alternativa equiparável ao *Scopus*, ele não é considerado um banco de dados, é considerado apenas como um mecanismo de pesquisa. Assim, a lista de fontes para o mapeamento sistemático da literatura é composta por *Scopus, Springer, Web of Science e Engineering Village*.

No intuito de realizar a busca manual, pesquisou-se no *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IAIED)*, que aborda uma variedade de tópicos relacionados com a aplicação de técnicas e conceitos de inteligência artificial ao design de sistemas que apoiam a aprendizagem. A pesquisa nesta revista não faz uso da

string utilizada na busca automática nas bases de dados escolhidas, o que torna necessário fazer o uso de procedimentos específicos. Para o caso da busca na revista, adotou-se, por exemplo, como critério de busca, estudos do período entre 2014 e 2019, considerando serem estes os estudos mais relevantes, logo se buscou manualmente por estudos envolvendo a temática.

Estudos de Seleção Inicial

Para a seleção inicial dos estudos, esforços foram gastos na aplicação de uma *string* de pesquisa em cada base de dados. Antes da versão final da *string*, simulou-se diversas outras *strings* na busca da encontrar a melhor solução e resultados com os principais artigos da área, alcançando uma ampla gama de documentos possíveis nos critérios de busca.

A lógica adotada na construção da *string* seguiu-se a adaptação de um conjunto de palavras e termos referentes ao tema da pesquisa e que caracterizam o tema investigado sendo eficazes para busca de estudos relacionados a este tema.

(palavra-chave OR sinônimo OR sinônimo OR ...) AND (palavra-chave OR sinônimo OR sinônimo OR ...) AND (palavra-chave OR sinônimo OR sinônimo OR ...)

Os sinônimos utilizados foram:

- *Distance Education OR Distance Learning;*
- *Tutor OR Tutoring OR Tutored;*
- *Learning Management System OR Manage;*
- *Intelligent OR Intelligence OR Smart.*

A *string* foi aplicada nos metadados de artigos, que incluem resumo, termos de índice e dados de citações bibliográficas. A pesquisa nas fontes foi aplicada usando a *string* de busca e os dois critérios iniciais: ser publicado depois de 2013 e ser escrito em inglês ou português. Com base no objetivo do mapeamento, definiu-se a *string* de pesquisa, conforme mostrado na Figura 6.

Critérios de seleção do estudo

Os critérios de pesquisa foram definidos com o objetivo de identificar para qual finalidade os sistemas tutoriais têm sido utilizados e quais recursos tecnológicos existem para implementação destes sistemas inteligentes. Os critérios de inclusão e exclusão estão de acordo com o objetivo do mapeamento. Esses requisitos atendem principalmente a primeira questão de pesquisa, mas também visam ter uma visão mais

Figura 6 – *String* de busca *Scopus*

```
( TITLE-ABS-KEY ( "intelligen* tutor* system*" OR "
smart tutor* system*" OR *tutor* ) AND
TITLE-ABS-KEY ( "distance education" OR " distance
learning" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Learning manage*
system*" ) ) AND PUBYEAR > 2013
```

Fonte – Base de Dados *Scopus*

ampla dos recursos tecnológicos da área.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram:

- Artigos publicados em português, inglês;
- Artigos na íntegra que retratam a temática referente ao mapeamento sistemático;
- Artigos publicados e indexados nas referidas bases de dados selecionadas.

O período considerado para inclusão foi entre 2014 e 2019. Os estudos encontrados em mais de uma base de dados foram considerados somente uma vez. Os dados foram coletados durante os meses de maio a junho de 2019. A Tabela 1 apresenta os critérios de seleção de inclusão (I) e exclusão (E). Para ser incluído, além de seguir os critérios de inclusão, um artigo científico deve não contemplar qualquer critério de exclusão.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão

Código	Inclusão	Código	Exclusão
I.1	Estudo tem tecnologia para implementação de STIs	E.1	Título e <i>abstract</i> estão fora do critério de busca
I.2	O estudo apresenta soluções para SGA	E.2	O estudo publicado antes de 2014
I.3	O estudo está no contexto de EaD	E.3	O estudo não ser escrito em português ou inglês
I.4	O estudo avalia a tecnologia proposta	E.4	O documento é um livro, um resumo do congresso, um resumo estendido, um cartaz, uma comunicação oral, anais de uma conferência, um seminário, uma plenária de pesquisa, um dicionário ou enciclopédia, slides
-	-	E.5	O artigo completo não foi encontrado

Fonte – Elaborado pelo autor

Para a extração e análise dos dados dos estudos selecionados, utilizou-se um instrumento fundamentado no modelo criado por Ursi e Gavão (2006) . Este modelo foi adaptado para atender ao objetivo do estudo e abrangeu os **Dados Gerais:** (i) Título

do artigo; (ii) Autores; (iii) País; (iv) Ano de publicação; (v) Objetivo do estudo; (vi) Resultado; (vii) Conclusões. **Dados Específicos:** (i) Tipo de avaliação, (ii) Tipo de contribuição, (iii) Técnicas relatadas. **Dados Pesquisa:** (i) Quantidade de Citações, (ii) Discute Sistemas Tutoriais Inteligentes/SGA/EaD.

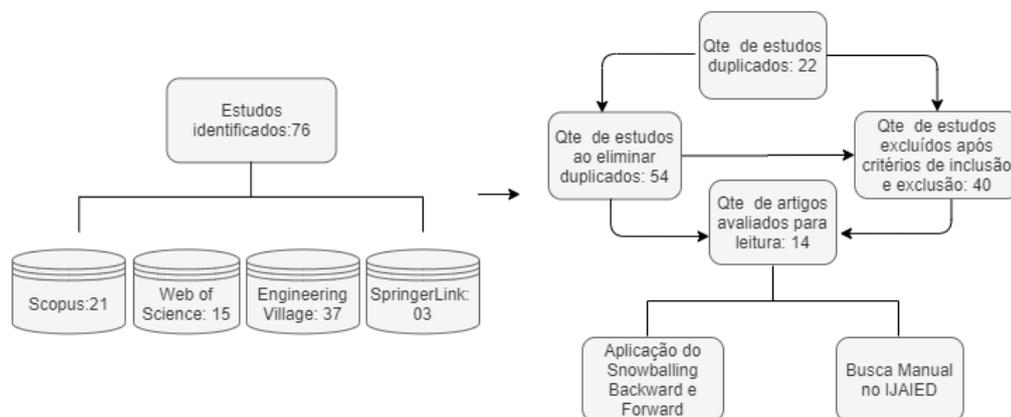
• Condução do mapeamento

Na fase de condução, primeiramente, identificou-se e selecionou-se os estudos. Para identificar, foi realizada uma pesquisa manual nas quatro bases científicas: *Scopus*, *SpringerLink*, *Engineering Village* e *Web of Science*, conforme mencionado na seção anterior.

Processo de Pesquisa

A fase de condução começou com a busca inicial nas bases científicas propostas, utilizando a *string* de busca construída nas fases anteriores. Foram recuperados 76 documentos. A Figura 7 representa os filtros aplicados após a busca.

Figura 7 – Fluxo de identificação, seleção e inclusão dos estudos do mapeamento



Fonte – Elaborado pelo autor

O primeiro filtro excluiu os artigos duplicados. O segundo filtro identificou quais artigos entraram e saíram do escopo, considerando seus títulos e resumos e aplicando critérios de inclusão e exclusão. Em seguida, no terceiro filtro, avaliou-se cada artigo recuperado, que em sua totalidade somam 14 documentos. Em face dos artigos finais selecionados, fez-se uma abordagem de *Snowballing Backward e Forward* nos 14 documentos apurados para uma busca oportunista de outros artigos relevantes. *Snowballing* é uma busca manual usando a lista referência e citações (também conhecida como bola de neve para trás e para frente) (WOHLIN, 2014).

Assim, realizou-se outra interação entre a lista de *Snowballing* para selecionar os artigos, lendo em primeiro lugar o título, o resumo e depois todo o texto. O primeiro filtro do *Snowball Backward* excluiu os artigos duplicados. O segundo filtro identificou qual artigo entrou e saiu do escopo lendo seus títulos e resumos e aplicando critérios de inclusão e exclusão. Em seguida, no terceiro filtro, avaliou-se cada artigo recuperando em sua totalidade 10 documentos. Analogamente para o *Snowballing Forward*, foram excluídos dois artigos duplicados e 29 artigos pelos critérios de inclusão e exclusão, totalizando três artigos elegíveis para leitura.

Por fim, realizou-se uma busca manual no IJAIED, por ser um *Journal* referência no assunto abordado. Considerou-se buscar os estudos dos últimos cinco anos, visto que seriam os mais relevantes. Recuperou-se 11 documentos. Contudo, dois foram descartados por estarem fora do escopo deste Mapeamento sistemático, totalizando nove estudos ao final.

Depois da identificação dos artigos selecionados, totalizando 36 estudos, extraíu-se todos os dados necessários para alcançar o objetivo. A organização dos dados gerou a síntese de dados, mostrada nos resultados.

• **Resultados e Discussões**

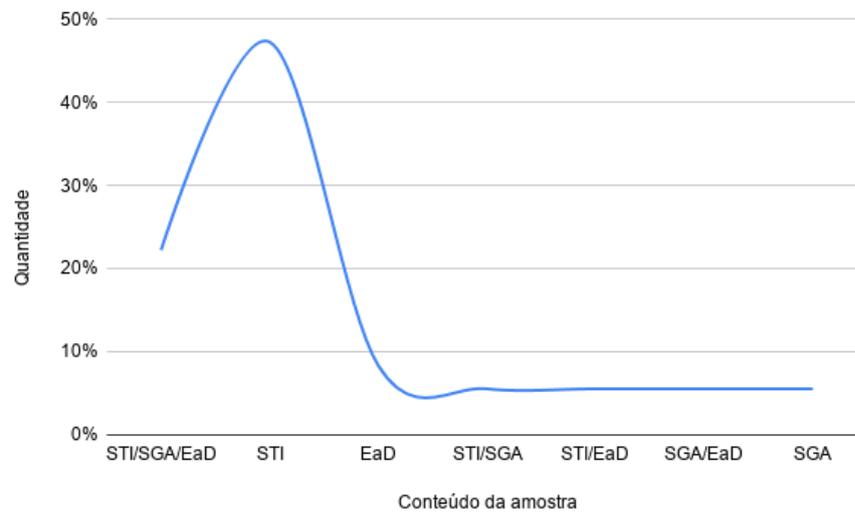
A identificação e classificação dos artigos teve por objetivo responder as questões de pesquisa, além de servir como base para análise e reflexões acerca do que tem sido abordado na literatura. A amostra é constituída de 36 artigos conforme é ilustrado na Figura 8.

Para avaliar os estudos, percebe-se que existe uma predominância na utilização de experimentos para validar as contribuições dos artigos selecionados. A Figura 9 ilustra a quantidade distribuída para cada tipo de avaliação.

Em relação ao ano de publicação, foi evidenciado a porcentagem do número de produções, ficando em 16,7% em 2018, 11% em 2017, 16,7% em 2016, 22% em 2015, 11% em 2014, 5,5% em 2011, 11% em 2010 e 5,5% em 2004. Quanto ao país das publicações, 27,77% procedem dos Estados Unidos, 16,66% da Espanha, 13,88% da Grécia, 11,11% do Brasil, 5,55% de Portugal, 8,33% da Turquia, 5,55% do Canadá e por fim 2,77% em cada um dos seguintes: República da Sérvia, México, Romênia, Taiwan e da Coreia do Sul.

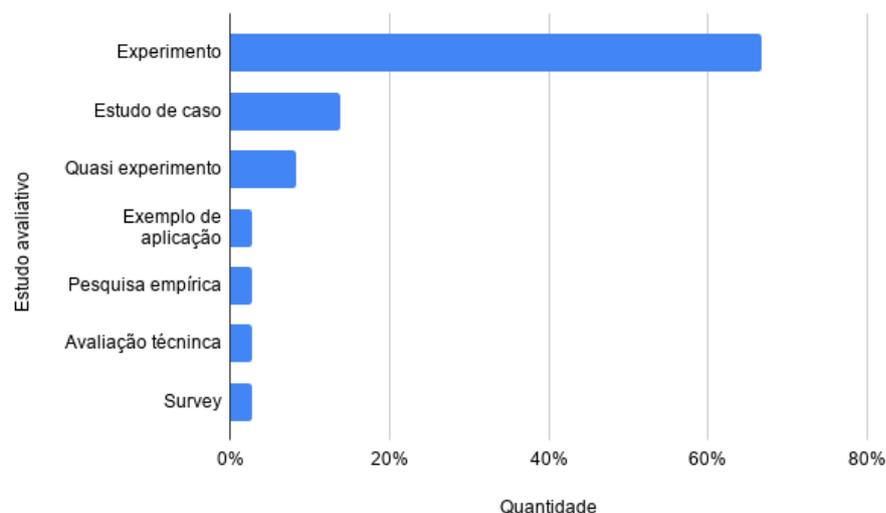
A fim de responder a questão de pesquisa **RQ1**: "Com que finalidade os STIs

Figura 8 – Quantidade de conteúdo contido na amostra



Fonte – Elaborado pelo autor

Figura 9 – Quantidade x tipo de estudo avaliativo



Fonte – Elaborado pelo autor

têm sido utilizados?” é apresentada a Tabela 2. De acordo com a Tabela 2, é possível visualizar a quantidade de aplicações por finalidades, de acordo com os objetivos colocados pelos autores dos estudos, respondendo desta forma a questão de pesquisa RQ1. Destacam-se os grupos 1, 2, 3 e 4 como os que apresentam maior percentual dentre todas as finalidades retornadas dos artigos selecionados. Isso corrobora para a sua eficácia, já que apresentam métodos mais fáceis de serem implementados. O que, por sua vez, contrasta-se do grupo 7, que apresenta a predição de estado emocional

dos alunos e indução das emoções deles, o que é complexo para se alcançar.

Tabela 2 – Finalidade de uso dos STIs

Grupo	Finalidade	Percentual
1	Proporcionar aprendizagem personalizada para os alunos individuais	36,11%
2	Identificar estilos de aprendizagem	19,44%
3	Analisar dados do aluno visando prever evasão	11,11%
4	Promover o engajamento efetivo dos alunos da modalidade a distância	11,11%
5	Agregar os LMS benefícios ao ITS e vice-versa	5,55%
6	Detectar e extrair conceitos de aprendizagem a partir de um determinado conteúdo educacional	5,55%
7	Prever o estado emocional ideal do aluno e induzir emoções nele	5,55%
8	Identificar automaticamente os comportamentos fora de tarefa de um aluno para capturar a variabilidade do comportamento do interador	5,55%

Fonte – Elaborado pelo autor

Além disso, a partir da extração dos dados dos estudos selecionados, foi possível acompanhar como estes sistemas inteligentes tem contribuído ao serem implementados no processo de ensino-aprendizagem, apontando o maior percentual para Ensino (33,3%) e o restante dividido entre Sistemas (20%), Técnicas (7,7%) e outros (38,5%).

Os 36 artigos selecionados, foram analisados e caracterizados de acordo com o contexto do estudo e divididos em 12 grupos que são apresentados na Tabela 3, respondendo desta forma a questão de pesquisa **RQ2**: “Quais são os recursos de tecnologia da informação existentes para implementação de STIs para SGA de EaD?”. Na Tabela 3, são apresentados os 12 grupos categorizados, a quantidade percentual de artigos e quais as técnicas que têm sido utilizadas na implementação de STI.

O grupo 1 apresenta o maior percentual, isso se dá por conta dos autores dos estudos que compõem esse grupo alegarem a implementação de STIs. Contudo, da extração dos dados desse grupo, observa-se que não foram usadas técnicas de IA para implementação dos STIs. Com isso, destaca-se quatro grandes grupos, os grupos

Tabela 3 – Caracterização por grupos das técnicas implementadas em STIs

Grupo	Técnica	Percentual
1	STI	27,77%
2	Algoritmos Heurísticos/Genéticos/ <i>Naive Bayes/ Haar featurebased</i>	22,22%
3	Análise de Aprendizagem	19,44%
4	Sistemas Multiagentes (SMA)	16,66%
5	Análise de Regressão	13,88%
6	Mineração de Dados	8,33%
7	Ontologia/ <i>Ontology Web Language (OWL)/ Semantic Learning Object Model (SLOM)</i>	8,33%
8	Bloco de Conhecimento	5,55%
9	Rede Neural	2,77%
10	Raciocínio Baseado em Casos (RBC)	2,77%
11	Sistemas <i>Fuzzy</i>	2,77%
12	Árvore de Decisão	2,77%

Fonte – Elaborado pelo autor

2, 3, 4 e 5 que apresentam as técnicas mais utilizadas pelos estudos selecionados na implementação de STIs para SGAs no contexto do EaD.

Além disso, da extração do formulário de dados aplicados nos estudos, conseguiu-se dados sobre o uso de técnicas de aprendizagem de máquina na implementação desses sistemas e nota-se um crescimento desta técnica ao longo dos anos. Isso se dá por conta dos recursos ter evoluído, permitindo implementações mais robustas. Os dados reportados dos estudos são de 19,44% que usaram técnicas de aprendizagem de máquina. 83,33% não usaram esta técnica. Embora a diferença seja grande para este estudo, os números da série histórica apresentam um crescimento do uso dessa técnica nos sistemas com tecnologias de IA.

Os achados deste mapeamento sistemático evidenciam que a abordagem das temáticas sistemas tutoriais inteligentes, sistemas de gestão de aprendizagem e educação a distância permitem a discussão de alguns aspectos. Dentre esses aspectos, pode-se citar: os principais sistemas educacionais que se utilizam de tecnologias de

IA são os STIs, os SGAs, a Robótica Educacional Inteligente e os MOOC, no que se refere a *Learning Analytics* (LA). Entretanto, cada uma dessas aplicações faz uso de tecnologias de IA de formas distintas, sendo os dois primeiros sistemas, os alvos deste mapeamento.

Como ameaças desse mapeamento sistemático pode ser considerado o curto período para análise e extração dos dados dos estudos e a quantidade pequena de pesquisadores e revisores envolvidos no processo.

Considerações Finais

Esta seção apresentou um mapeamento sistemático da literatura, no qual foram analisados 36 artigos envolvendo STI, SGA e EaD em sua pesquisa. O objetivo deste mapeamento foi responder às seguintes questões: **RQ1)** Com que finalidade os STIs têm sido utilizados? **RQ2)** Quais são os recursos de tecnologia da informação existentes para implementação de STIs para SGA de EaD?

O primeiro questionamento foi respondido, apontando como principais finalidades de implementação dos STIs: a identificação de estilos de aprendizagem; análise dos dados dos alunos visando prever a evasão dos mesmos; proporcionar aprendizagem personalizada para os alunos individuais e promover o engajamento dos alunos nos cursos a distância.

Respondendo ao segundo questionamento, os trabalhos foram categorizados em 12 grupos. Quatro grupos, destacaram-se como principais técnicas: análise de aprendizagem, sistemas multiagentes, análise de regressão e algoritmos heurísticos/genéticos/*naive bayes*.

Com isso, o mapeamento auxiliou com identificação dos trabalhos que envolvem STI, SGA e EaD no contexto educacional. Além disso, a categorização dos estudos por grupos, ajudou a obter as informações de áreas pouco exploradas e as mais utilizadas, conforme foi apresentado na Tabela 2 e quais as técnicas têm sido utilizadas conforme a Tabela 3.

Para que os STI possam ser incorporados em ambientes de EaD, ambientes de aprendizagem cooperativa e ferramentas cognitivas específicas, pesquisas com esse objetivo devem ser conduzidas envolvendo pelo menos três áreas de conhecimento: Psicologia Cognitiva, Inteligência Artificial e a Educação.

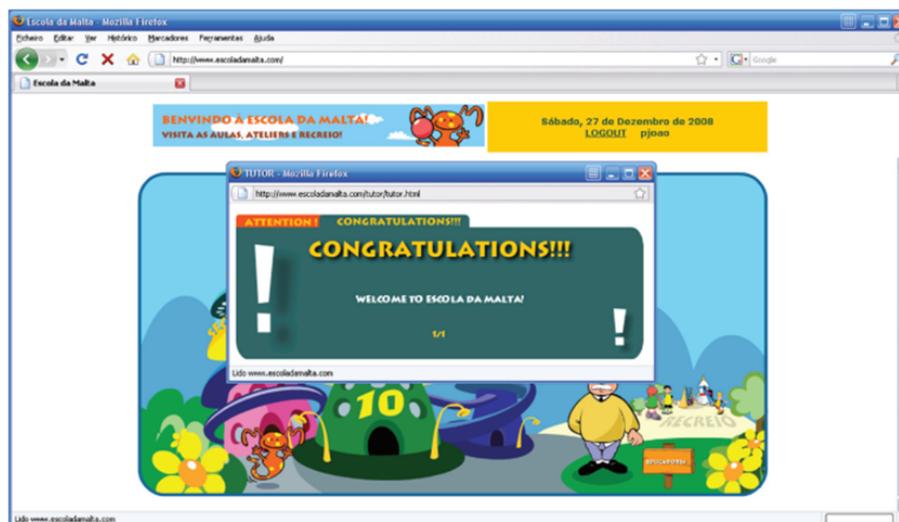
5 TRABALHOS RELACIONADOS

Este trabalho propôs tratar a interação dos alunos da plataforma DAL por meio de um tutor inteligente, provendo aprendizagem autônoma para estes. Assim, observou-se uma crescente iniciativa para o desenvolvimento de STI que auxiliem alunos a ter um melhor acesso à aprendizagem. A seguir, os estudos que mais se relacionam com este trabalho.

5.1 Edututor: an intelligent tutor system for a learning management system

Rodrigues et al. (2012) apresentam um STI, chamado EduTutor, criado para o SGA Português (Aulanet) baseado na *web* e que suporta a Escola da Malta portal, da EduWeb, como pode ser visto na Figura 10. O EduTutor centra-se nas disciplinas do primeiro ciclo de estudos do sistema de ensino primário português, entre o primeiro e o quarto ano. Sua finalidade é facilitar a percepção do processo de aprendizagem de cada aluno, individualmente, em um ambiente virtual e como um guia de estudo.

Figura 10 – Escola da Malta *homepage* com uma mensagem do tutor inteligente



Fonte – (RODRIGUES et al., 2012)

O aplicativo usa uma arquitetura cliente-servidor. Nesta arquitetura, existem tarefas que são executadas no lado do servidor (*Back-End*), enquanto outras são executadas no lado do cliente (*Front-End*). A comunicação é feita através da Internet, através da plataforma Aulanet SGA. De acordo com o estado de aprendizado de cada

aluno, o tutor inteligente cria uma interface que interage com o aluno, orientando seu estudo. Cada aluno navega através da plataforma SGA baseada na *web*, usando um navegador, e participa dos assuntos do ano em que está registrado. Cada vez que um aluno faz login ou retorna à página inicial, o tutor é ativado e envia uma mensagem para o aluno. Cada mensagem é gerada em tempo real, de acordo com o ponto de situação do aluno no processo de aprendizagem.

O tutor analisa os dados do aluno, no lado do servidor, criando mensagens, comunicando-se através da Internet e exibe a interface do tutor inteligente no lado do cliente. As principais situações são identificadas, resultando na transmissão de mensagens pelo tutor. O tutor mostra mensagens aos alunos nas seguintes situações: (i) frequência de acesso; (ii) atingiram as competências de um determinado ano e de uma disciplina específica; (iii) disciplinas adiadas; (iv) lições iniciadas mas ainda não concluídas; e (v) atividades propostas mas ainda não realizadas.

A interação do usuário é baseada em um grande número de mensagens de aviso *pop-up*, que são exibidas uma vez após o login do sistema e a cada vez que o aluno retorna à sua página inicial. Algumas mensagens incluem *links* para facilitar o acesso aos conteúdos mais importantes. O tutor analisa a frequência de acesso do aluno e o notifica com a última data de login, caso tenha ocorrido há mais de sete dias. Quando um aluno realiza um login pela primeira vez, ele recebe uma mensagem de boas vindas. Cada aluno recebe um *feedback* do sistema de acordo com o desempenho do seu processo de ensino-aprendizagem. O EduTutor informa o aluno quando ele atinge as habilidades propostas para um determinado ano letivo, uma vez que o sistema permite o registro em mais de um ano letivo. Nesse caso o EduTutor gera uma mensagem de parabenização para o aluno.

Para evitar que um estudante continuamente comece as aulas sem concluir outras já iniciadas, o tutor inteligente informa o aluno sobre a ocorrência dessa situação. Cada vez que um aluno navega na página inicial, que contém o menu principal da plataforma, e ele já iniciou uma aula sem concluí-la, o sistema gera uma mensagem com as partes das lições que foram e não foram concluídas. Para as partes não concluídas da lição, a mensagem contém um *link* para que o aluno possa acessá-las diretamente.

A fim de avaliar e incentivar o aluno para atividades extra-curriculares, o

EduTutor analisa o seu comportamento. Os professores podem enviar oficinas pelo sistema para motivar a participação dos alunos. Estas oficinas têm um prazo para ser concluído. O tutor inteligente analisa se o aluno já concluiu a oficina ou não. Se assim for, três dias após a proposta desta oficina e, mais tarde, se esta situação persistir, um dia antes do prazo, o sistema envia uma advertência ao aluno notificando-o sobre a oficina que foi lançada, mas que ainda não foi concluída.

5.2 Intuitel: intelligent tutoring interface for technology enhanced learning in a course of computer network design

Verdú et al. (2014) descrevem a interface de usuário de um STI que permite a personalização de sistemas de *e-learning* de acordo com as necessidades dos alunos que necessitam de recomendação ao longo de caminhos pedagógicos. A interface foi implementada para o *Moodle* e permite que o sistema inteligente interaja com o SGA e o aluno, cuja aprendizagem é continuamente monitorada e apoiada por meio de recomendações e mensagens personalizadas.

Os autores apresentam o INTUITEL, que é um STI compatível com vários SGAs fornecendo aos professores e alunos a capacidade de definir caminhos de aprendizagem para um único curso, considerando os atributos dos alunos, seu progresso e situação de aprendizagem. Os autores examinaram a interface do usuário implementada para o *Moodle* implementado em um curso sobre o projeto de redes de computadores.

O INTUITEL tem o objetivo de oferecer um ambiente personalizado de aprendizagem, melhorando o conteúdo de *e-learning* e o SGA, ao mesmo tempo que fornece orientação e *feedback* adequados ao longo de um processo educacional e tecnológico real, apoiado de forma semelhante aos normalmente fornecidos por tutores humanos. O INTUITEL monitora o comportamento de aprendizagem e o progresso do aluno, de modo a oferecer algum tipo de orientação por meio de *feedback* formativo com base no perfil do aluno e em modelos pedagógicos relevantes. Mais especificamente, o sistema analisa o estilo de aprendizagem e a atitude do aluno, o contexto cultural e emocional em que a aprendizagem ocorre e as influências ambientais relevantes.

O sistema inclui quatro componentes. Um elemento-chave no INTUITEL é que ele fornece uma maneira unificada de descrever o material e os percursos de

aprendizagem. O próximo componente é o SGA habilitado para INTUITEL. Cada SGA é enriquecido com um conjunto de aspectos, como atributos, recursos funcionais e suas interfaces. O sistema permite o aprimoramento da permutabilidade do material de aprendizado. Finalmente, a fim de orientar cada usuário através do material de aprendizagem, o sistema deduzirá a posição atual do aprendiz no modelo cognitivo.

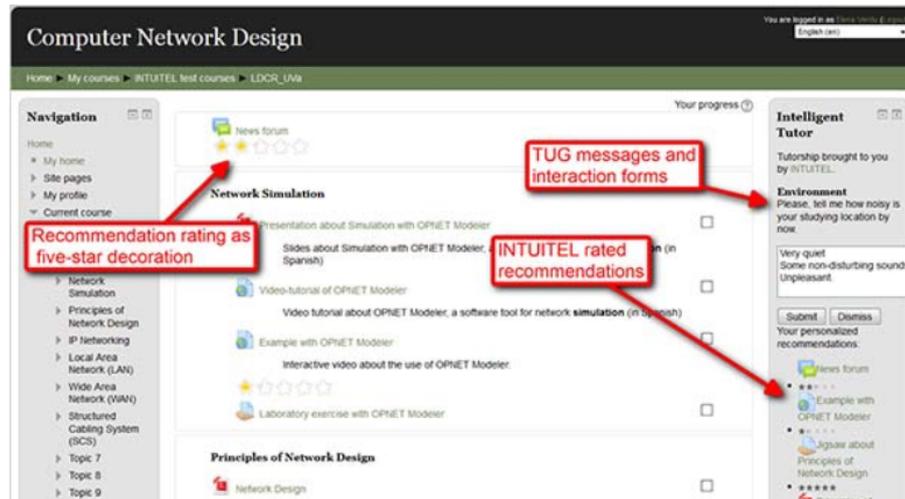
Utilizando metadados históricos e atuais sobre o aluno o mecanismo de raciocínio do INTUITEL criará recomendações sobre a melhor forma de proceder, ajudando o aluno a seguir o caminho de aprendizado mais adequado e eficiente.

Três interfaces de comunicação diferentes, bem como serviços gerais, foram definidos na estrutura do projeto, permitindo que qualquer SGA implemente essas interfaces para operar com a tutoria do INTUITEL. Uma interface para consultar o SGA para dados e métricas de aprendizagem; uma interface usada pelo INTUITEL para oferecer um fator de recomendação por objeto de aprendizado e usuário, com base na situação atual de aprendizado do aluno; e um componente que permite um diálogo em linguagem natural entre o aluno e o sistema INTUITEL.

Cada vez que um aluno visita um objeto de aprendizagem em um curso, o bloco INTUITEL é carregado no navegador, acionando uma notificação ao INTUITEL informando-o sobre a interação com esse objeto de aprendizagem. O INTUITEL reagirá a essa notificação, fornecendo ao usuário mensagens e uma lista de fatores de recomendação personalizados para os diferentes objetos de aprendizagem desse curso de acordo com a situação atual do aluno. A Figura 11 ilustra a interface do usuário implementadas para o *Moodle*.

No lado direito da tela, o bloco INTUITEL é mostrado, contendo primeiro uma mensagem perguntando ao usuário informações de contexto e, em segundo lugar, uma lista de objetos de aprendizado recomendados. Pode haver diferentes tipos de mensagens como texto, áudio ou multimídia. A lista de conteúdos recomendados possui um *link* para que o usuário possa acessar o conteúdo diretamente clicando-o. Esta lista nativa de objetos de aprendizagem é modificada, incluindo um fator de recomendação que acompanha cada objeto de aprendizagem. Esse fator de recomendação é visualizado como uma escala de estrelas.

Figura 11 – Interface do usuário INTUITEL



Fonte – (VERDÚ et al., 2014)

5.3 An intelligent lms model based on intelligent tutoring systems

Palomino et al. (2014) propõem um modelo de STI baseado em sistemas multiagentes a ser integrado aos SGAs, a fim de fornecer adaptabilidade a qualquer SGA. A principal contribuição é agregar os benefícios do SGA no STI e vice-versa, criando um ambiente de aprendizado inteligente.

A motivação dos autores surge em como aprimorar o processo de ensino e aprendizagem em SGA usando técnicas de IA, a fim de tornar um ambiente de aprendizagem adaptado às características dos alunos, em tempo real, explorando as habilidades dos alunos e tornando o aprendizado eficaz. Diante disso, eles propõem um modelo baseado em uma arquitetura multiagente e uma base de conhecimento desses agentes, que compõem um modelo funcional de STI e funciona com base nas informações obtidas do banco de dados do SGA acoplado ao sistema.

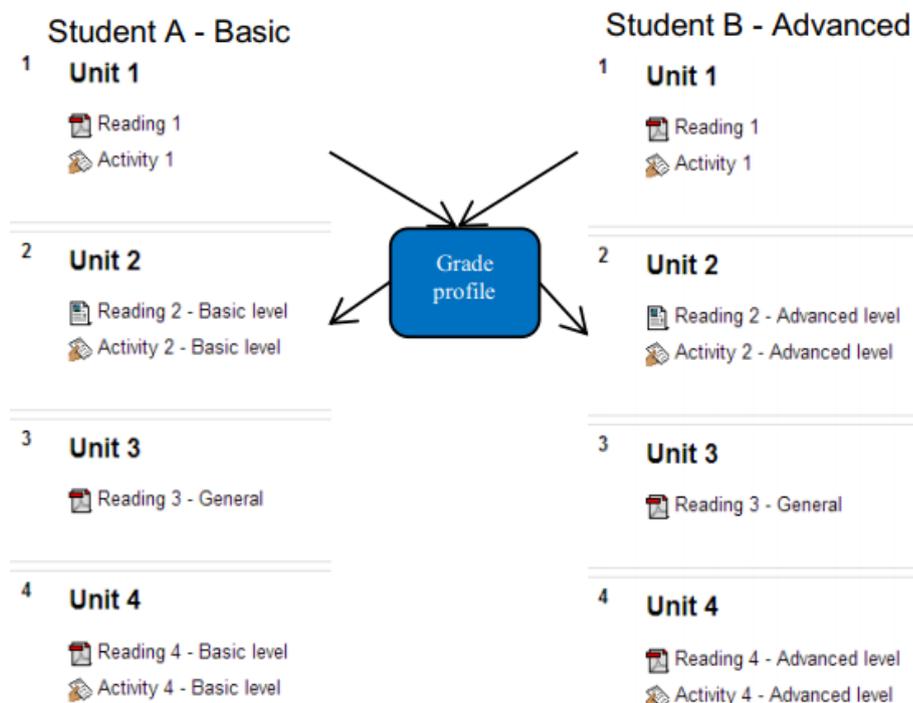
Os autores desenvolveram uma interface de usuário do sistema integrado ao SGA, na qual o professor define o modelo pedagógico para o curso, montando uma árvore para fornecer recursos de sequenciamento ao aluno e os níveis de dificuldade das atividades propostas para o aluno, bem como as prioridades de tarefas e recursos postados pelo usuário, no SGA. Os agentes usam essas informações para lidar com o aprendizado de sequenciamento individualmente, de acordo com as informações de cada aluno no banco de dados do SGA.

Nesse trabalho o modelo de professor é representado pelo modelo peda-

gógico, o modelo de domínio pela base de domínio e a interface do usuário pelo dispositivo de controle. São usados dois tipos de agentes, *Bedel Agent* e *Tutor Agent*. O *Bedel Agent*, e toda sua estrutura de conhecimento e interação, imita o modelo pedagógico do modelo clássico do STI, enquanto o *Tutor Agent*, e toda sua estrutura, constituem o modelo de estudante. O *Bedel Agent* realiza sua ação como tutor virtual do curso, configurando a interface do SGA, de acordo com este modelo pedagógico, os recursos publicados no SGA e o desempenho dos alunos. O *Tutor Agent* é o agente que têm contato direto com os alunos. Ele orienta os alunos, indicando mudanças em seu desempenho, cada vez que uma atividade é avaliada, incentivando-os a melhorar quando tiveram uma queda no desempenho ou os parabenizando quando obtiveram melhor desempenho.

A Figura 12 mostra duas imagens da interface do *Moodle* visualizados por dois alunos com perfis diferentes (básico e avançado). O perfil geral é usado quando uma atividade ou recurso é obrigatório para os alunos.

Figura 12 – Visão do aluno na interface da tela usando *Moodle*



Fonte – (PALOMINO et al., 2014)

O primeiro recurso e a primeira atividade são mostrados para ambos os alunos e, após a entrega da primeira atividade, um perfil é definido para cada um

deles, através da classificação do perfil. Com base nisso, os recursos e atividades são mostrados individualmente.

Esse sistema inteligente de gerenciamento de aprendizagem pode ajudar professores a fornecer atividades e recursos de forma customizada de acordo com o desempenho e comportamento do aluno no curso. Os alunos são continuamente avaliados por sua interação no curso e pelas notas obtidas por eles nas tarefas. De acordo com os resultados desta avaliação, as tarefas mais avançadas são fornecidas para os alunos que apresentam um melhor desempenho, permitindo uma aprendizagem eficiente, explorando as habilidades dos alunos e mantendo um nível básico para aprender o conteúdo do curso.

5.4 Comparativo do stuart com os trabalhos relacionados

Embora os estudos tenham implementado STI para SGA, o diferencial deste trabalho é oferecer um serviço que centraliza o atendimento ao aluno no *chatbot*, economizando tempo e esforço na busca de solucionar suas dúvidas. STUART, que utiliza recursos de IA, como PLN e aprendizado de máquina, responde às perguntas dos alunos relacionadas a demandas pedagógicas, técnicas e de conteúdo. Além disso, envia proativamente via *chatbot* recomendações pedagógicas que direcionam a interação nos cursos, resultando em alto desempenho e aprendizado autônomo dos alunos, o que conseqüentemente reduz as consultas ao tutor humano e aumenta escalabilidade da plataforma. Além disso, as funcionalidades desenvolvidas levam em consideração a acessibilidade, visto que o STUART está inserido em uma plataforma de ensino dedicada à pessoas com deficiência. O Quadro 1 apresenta alguns aspectos dos trabalhos relacionados.

Quadro 1 – Comparativo das ferramentas

Identificação	Acessível	EaD	Tutoria	On-line	Chatbot	Sistema de Recomendação
(RODRIGUES et al., 2012)	x	x	x	x	-	-
(VERDÚ et al., 2014)	-	x	x	x	-	x
(PALOMINO et al., 2014)	-	x	-	x	-	-
STUART	x	x	x	x	x	x

Fonte – Elaborado pelo autor

Dos trabalhos descritos, os que mais se aproximam desta pesquisa são os

de Rodrigues et al. (2012) e Verdú et al. (2014). Rodrigues et al. (2012) implementam um STI cuja finalidade é facilitar a percepção do processo de aprendizagem de cada aluno em um AVA como um guia de estudo, porém o trabalho tem foco em interações automatizadas em que os autores não deixam claro se foram utilizadas técnicas de IA para o desenvolvimento do STI. Verdú et al. (2014) implementam uma interface de usuário de um STI com foco está no sistema de recomendação.

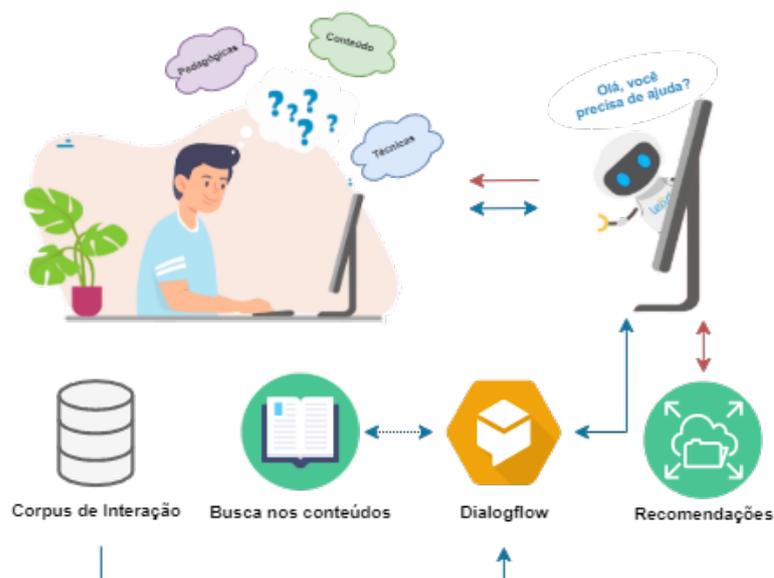
6 STUART, O TUTOR INTELIGENTE

Este Capítulo apresenta o STUART, um serviço que monitora a DAL e interage com os alunos de maneira personalizada, fornecendo automatização, inteligência e suporte ao processo de aprendizado. Com base na investigação do *corpus* de uma série histórica de mais de 70000¹ linhas de interação de estudantes com a DAL foi construído o artefato computacional para testar as hipóteses.

A partir da categorização do *corpus*, foi delimitado a atuação do STUART abordando inicialmente o curso de Atendimento ao Cliente. Foram criadas definições dos contextos de problemas com estórias de usuário para planejar a implementação das funcionalidades. Um documento contendo diversos exemplos dessas estórias está disponível no link². A seguir um exemplo de estória do usuário:

"[...] Sendo aluno, ao passar mais dias ausentes do que o meu padrão de acesso a plataforma, gostaria de, ao logar, ser notificado pelo STUART do meu último acesso, onde parei no conteúdo, e receber uma mensagem de alerta pelo tempo ausente, para que eu possa me localizar nos estudos e retomar de onde parei."

Figura 13 – Infográfico de funcionamento do STUART



Fonte – Elaborado pelo autor

¹ <https://tinyurl.com/yadfpqvw>

² <https://tinyurl.com/ya6bue6g>

Diante desses dados levantados, foram definidos os atores envolvidos (aluno, tutor humano e equipe pedagógica) na interação com o Tutor inteligente e sua atuação (*Chatbot* e Sistema de Recomendação). A Figura 13 apresenta o processo de interação do STUART com o aluno. O fluxo em azul representa o comportamento reativo, ao passo que o fluxo em vermelho representa o comportamento proativo.

Foram priorizadas as interações mais frequentes (dúvidas dos alunos relacionadas a questões pedagógicas, técnicas e de conteúdo) para resolver os problemas críticos na visão da equipe de pedagogos e de tutores. O levantamento dessas necessidades foi definido por meio de pesquisa e entrevista com três pedagogos e um tutor, analisando quais atividades são monitoradas e quais são monitoráveis na DAL.

O tutor inteligente tem uma proposta de utilizar técnicas de IA e algoritmos de inteligência no apoio à aprendizagem autônoma do aluno, liberando o tutor humano de tarefas rotineiras. Quatro funcionalidades foram selecionadas como importantes para busca dos resultados esperados, são estas: (i) **Interações automatizadas**: *tour* na plataforma para familiarizar e acolher o aluno, congratulações, *feedback*, proximidade, entre outras interações; (ii) **Sistema de recomendação**: recomendações pedagógicas para o aluno; (iii) **Chatbot**: momento do aprendiz com a plataforma, o aluno busca sanar dúvidas e (iv) **Dashboard**: informações do desempenho do aprendiz, o que permite liberar o tutor humano de um exaustivo trabalho manual.

A Tabela 4 ilustra os critérios adotados para definição das principais funcionalidades. Elaborou-se uma escala likert (1 - pouca contribuição; 3 - média contribuição; 5 - forte contribuição) e participaram da votação o pesquisador deste trabalho e toda equipe de acompanhamento pedagógico. Decidiu-se refinar as funcionalidades **Chatbot** e **Sistema de recomendação**, visto que estas obtiveram maior pontuação (total = 10) para alcançar os resultados R1 e R2 esperados.

Tabela 4 – Funcionalidades X Resultados esperados

Funcionalidade	Escalabilidade (Resultado R1)	Redução das atividades de tutoria (Resultado R2)	Total
Interações automatizadas	5	3	8
Sistema de recomendação	5	5	10
<i>Chatbot</i>	5	5	10
<i>Dashboard</i>	1	3	4

6.1 Plataforma *dell accessible learning*

O STUART está inserido em uma plataforma privada, chamada *Dell Accessible Learning* (EMPLOYABILITY, 2016), a EAD2PCD. Ela fornece cursos profissionalizantes e ferramentas que facilitam a aprendizagem do aluno e tornam o ensino acessível. Ela disponibiliza objetos de aprendizagem, tais como: Exercícios, Avaliação, Oficina e Fórum. Além disso faz uso de um *chat* para comunicação aluno-aluno e aluno-tutor. A equipe pedagógica realiza monitoramento dos alunos da DAL através dos logs de interação identificando o problema e entram em contato direto com o aluno para solucionar.

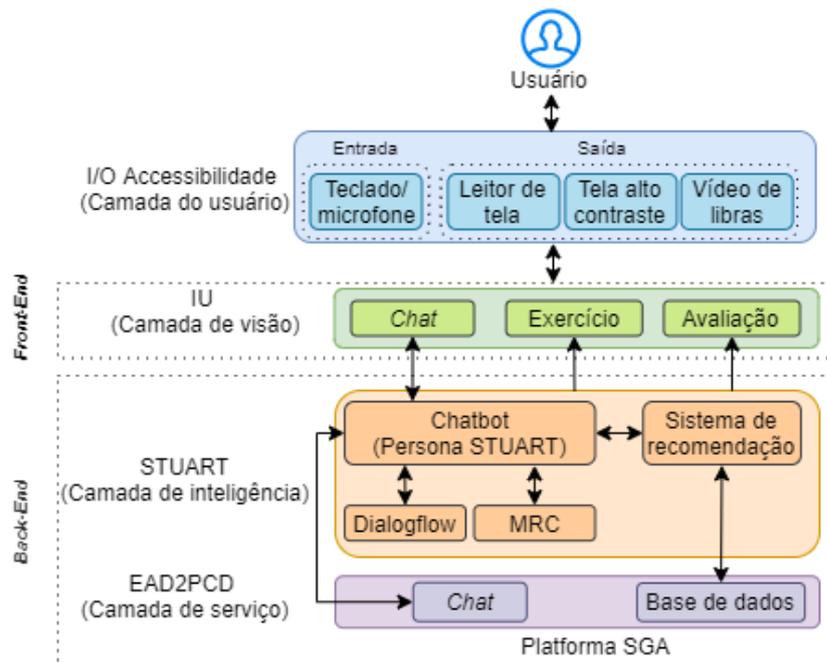
6.2 Arquitetura dal e stuart

A DAL, com o tutor inteligente, está hospedado em um servidor remoto. Dessa maneira, os usuários da plataforma podem acessar as funcionalidades via Internet. A arquitetura em camadas é mostrada na Figura 14. Ela é composta por uma **camada de acessibilidade** que está acima da plataforma. A interação do usuário com a plataforma inicia por esta camada antes da interação do usuário com o *Front-End*. Na camada de **interface do usuário**, acessível através de um navegador no lado do cliente, são encontrados os objetos de interação (*Chat*, Exercício e Avaliação), caracterizando a camada *Front-End* do sistema. O *Back-End* é dividido em duas camadas: a camada STUART (**Camada de inteligência**) e a camada EAD2PCD (**Camada de serviço**).

O mecanismo de inteligência do sistema funciona na camada STUART. Um *chatbot* (persona de STUART) recebe a solicitação via *chat* do lado do cliente em *Front-End*. A persona do STUART se comunica com o agente de conversação da plataforma *Dialogflow*. O PLN e o aprendizado de máquina são implementados no *Dialogflow*, e isso permite que parte das respostas sejam devolvidas a cada aluno. Se uma resposta adequada não for encontrada, o STUART solicitará ao modelo *Machine Reading Comprehension* (MRC) para produzir uma resposta apropriada.

O modelo, treinado previamente com técnicas de aprendizado de máquina, utiliza palavras-chave, consulta o material didático em busca do assunto, analisa o contexto e produz um texto que será a resposta. Depois que a persona STUART recebe a solicitação processada de volta, ela encaminha a mensagem para o *chatbot*

Figura 14 – Arquitetura DAL e STUART



Fonte – Elaborado pelo autor

na camada da interface do usuário, exibindo a resposta ao aluno. O aluno também recebe *feedback* personalizado (diferentes expressões faciais) do STUART ao verificar suas respostas no Exercício e Avaliação. O componente do sistema de recomendação envia proativamente recomendações a cada aluno via *chatbot*.

No lado do servidor, na camada EAD2PCD, encontramos o núcleo da aplicação com o serviço de *chat*, bem como o componente de persistência (plataforma SGA), onde é executado um banco de dados contendo dados, exercícios e avaliações dos alunos. O tutor inteligente analisa os dados dos alunos na camada de inteligência, criando mensagens e se comunicando no lado do cliente através do *chatbot*.

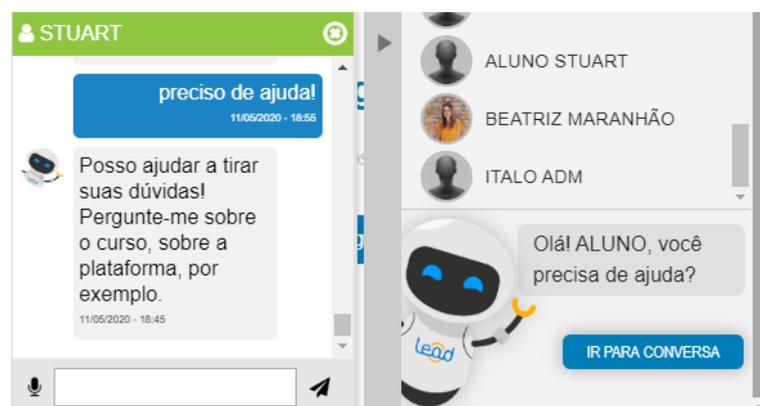
6.3 Funcionalidades principais da 1ª fase deste estudo

6.3.1 *Chatbot* para responder a perguntas frequentes.

Foi implementado um agente de conversação (GALITSKY, 2019) que interage com o aluno quando este solicita contato. Como os cursos *on-line* estão em andamento, às vezes o aluno tem uma dúvida (pedagógica, técnica ou relacionada ao conteúdo) e, por isso, é incapaz de prosseguir. É trabalhando com novos conceitos

e novos desafios que o aluno é capaz de incorporá-los. Este também é o momento em que surgem insuficiências, e o tutor tem a chance de explorar a chamada ZDP (MCLEOD, 2010). O uso de um tutor inteligente que reforça o ensino a distância, nesse contexto, por meio de *feedbacks* e recomendações, pode servir de base para o processo de ensino-aprendizagem. STUART suporta a navegação na DAL e responde prontamente às perguntas mais frequentes. A tecnologia adotada na implementação do *chatbot* foi o *Dialogflow*³ da Google, que emprega PLN e aprendizado de máquina no treinamento de *intents* (HOLMES et al., 2019). Foi mapeado o fluxo de *intents* no *Dialogflow* com possíveis perguntas dos alunos, acionando as respostas necessárias. Buscou-se economia do discurso (princípio da energia) (CLARK, 1992), mantendo uma conversa transacional na qual os participantes têm um objetivo prático que geralmente é alcançado durante o curso de uma interação (CLARK et al., 2019). Para esse mapeamento, a busca foi dividida entre as possíveis formas de interação com a DAL, em busca das perguntas mais frequentes dos alunos. A linguagem usada pelo STUART para comunicação com os alunos é genérica. A interação com o agente do STUART como *chatbot* ocorre por meio de mensagens de áudio e texto. A figura 15 mostra um trecho da tela da DAL capturada na tela enquanto o *chat* era usado para conversar com a persona do STUART.

Figura 15 – STUART apto a responder as perguntas frequentes.



Fonte – Elaborado pelo autor

³ <https://tinyurl.com/y6so9o77>

6.3.2 *Chatbot* pesquisando respostas de conteúdo didático.

O STUART ajuda os alunos a agirem em sua ZDP, intervindo nas questões relacionadas ao conteúdo (MCLEOD, 2010): fornece as informações necessárias para a conclusão efetiva do processo de incorporação da aprendizagem. Para os adeptos da teoria do aprendizado ativo (CLANCY et al., 2012), o aluno é o principal agente de seu próprio aprendizado. Essa teoria pode ser facilmente demonstrada observando os alunos fazendo pesquisas para suas tarefas. Conscientes de suas próprias deficiências, eles procuram remediá-las. Nesse contexto, o uso de um *chatbot* facilita essa pesquisa, o que também favorece o aprendizado. O aprendizado ativo tira os alunos da posição passiva tradicional e oferece mais possibilidades de envolvimento.

Figura 16 – STUART sanando dúvidas de conteúdo do curso.



Fonte – Elaborado pelo autor

Assim, foi implementado o algoritmo MRC, que é usado pelo *chatbot* por meio de uma API. Para o **modelo MRC treinado para responder a perguntas relacionadas ao conteúdo**, alguns modelos MRC foram avaliados e foi escolhido o *Reading Wikipedia to Answer Open-Domain Questions* (DrQA), proposto pelo Facebook ⁴ e adaptado ao uso do material didático retirado do curso de Atendimento ao Cliente na DAL. O algoritmo é dividido em duas partes: *Document Retriever* e *Document Reader*. O primeiro é responsável por, dado um conjunto de documentos, retornar em qual desses documentos a resposta à pergunta proposta é mais provável de ser encontrada. O segundo é responsável por realmente responder à pergunta, extrair e "ler" o conteúdo do documento selecionado. O modelo foi treinado usando o conjunto

⁴ <https://arxiv.org/abs/1704.00051>

de dados *Stanford Question Answering Dataset* (SQuAD) ⁵. Para o **mecanismo de tradução de perguntas**, utilizou-se uma biblioteca *Python* que emprega uma API do *Google Translator*⁶, considerando que, para usar o modelo MRC, é necessário traduzir a pergunta para o inglês. Uma vez obtida a resposta em inglês, é necessário convertê-la novamente para o idioma original. A vantagem desse método está no potencial de o STUART ter um alcance global, sendo usado para vários idiomas. Para a integração do MRC, o modelo MRC foi disponibilizado a partir de uma API REST que emprega *Python-Flask* e que recebe, além da pergunta, informações sobre os cursos que o aluno está fazendo, reduzindo o espaço de pesquisa do *Document Retriever*. A Figura 16 ilustra seu funcionamento dentro do *chat*.

6.4 Funcionalidades principais da 2ª fase deste estudo

6.4.1 *Chatbot* enviando recomendações diárias.

Os alunos recebem, de forma personalizada, um conjunto de recomendações⁷ produzidas pela equipe pedagógica da DAL e selecionadas pelo algoritmo do sistema de recomendação, consumido pelo *chatbot* através de uma API. Esse acompanhamento pedagógico e proativo do STUART evidencia o monitoramento com STI (CONATI, 2009)(SANTOS et al., 2001)(FRIGO et al., 2004). Tais recomendações de melhor interação e conduta na DAL tem o objetivo de melhorar o desempenho e autonomia do aluno além de reduzir atividades que necessitam de suporte humano. *Sistema de recomendação*. O algoritmo de recomendação seleciona aleatoriamente uma de 3 opções de recomendação:

1. Recomendação a partir da aplicação do algoritmo de vizinho mais próximo (KNN): Nesta recomendação, o uso do KNN é realizado através do cálculo de distâncias entre os alunos, considerando as suas respectivas avaliações às recomendações que já receberam.
2. Recomendação melhor avaliada entre todos os alunos, não somente os similares: Nesta estratégia, é calculada a quantidade média de avaliações realizadas em cada recomendação. Considerando este número, são descartadas as recomenda-

⁵ <https://arxiv.org/pdf/1704.00051.pdf>

⁶ <https://cloud.google.com/translate/>

⁷ <https://tinyurl.com/wtdqvdu>

ções que possuem o número de avaliações inferior à média. Assim, as restantes são ordenadas de acordo com as médias de suas avaliações e é selecionada a recomendação que possui maior nota média. Similarmente a primeira opção, é possível que não reste nenhuma recomendação para ser selecionado, após a aplicação dos filtros. Neste caso, também é retornado o valor -1, no lugar da identificação da recomendação.

3. Recomendação mais recente: Na terceira opção, todas as recomendações são ordenadas de acordo com a média de suas avaliações (decrescente) e, em seguida, de acordo com o seu número de avaliações realizadas (crescente). Isso garante que, desde que existam recomendações não apresentadas para o aluno, esta opção retorne alguma recomendação recente e que seja a melhor avaliada dentre os que a receberam.

O algoritmo seleciona aleatoriamente o retorno das três opções (desconsiderando os casos em que o valor retornado é -1). Caso não existam mais recomendações a serem apresentadas, o algoritmo retorna -1 para o agente, que deve apresentar então apenas uma mensagem padrão (“Bem-vindo de volta”, por exemplo).

Figura 17 – STUART enviando recomendações de acordo com o perfil do aluno.



Fonte – Elaborado pelo autor

Com o STUART buscou-se reduzir atividades do tutor humano (BERNATH; RUBIN, 2001) (MCPHERSON; NUNES, 2004). Apoiado na teoria do *nível do discurso* (QUEK; OLIVEIRA, 2013), como um sistema integrado a todos os aspectos da DAL, incluindo a história do aluno, a equipe pedagógica e os aspectos técnicos da plataforma, o STUART pode operar em todos os níveis do discurso no menor número possível de conversas. Expressões de encorajamento, como, "Não há necessidade de se

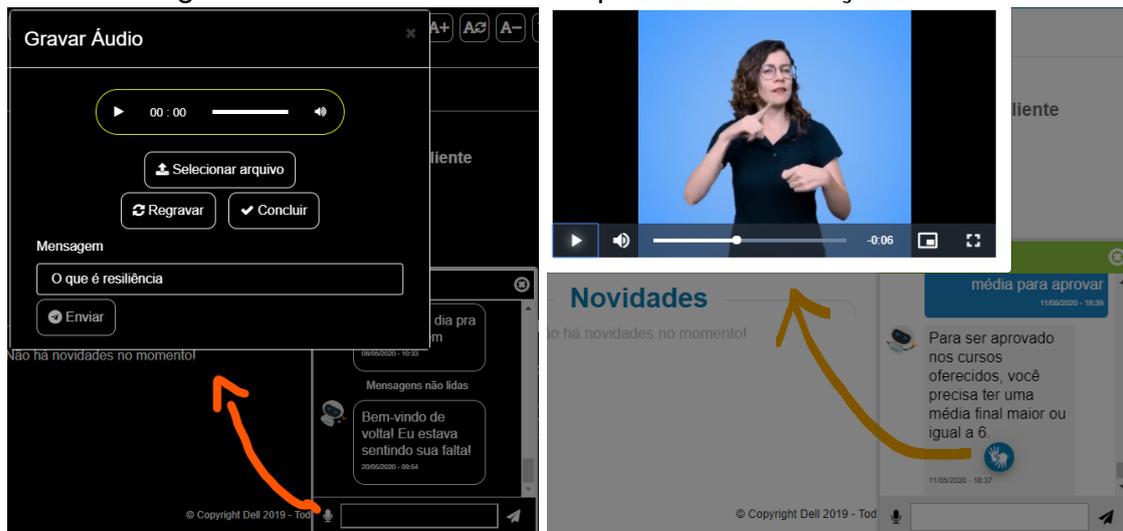
apressar", etc., bem como comentários sobre decisões pessoais, como "Acho que está certo" foram codificados como parte do discurso do STUART no nível **paralelo**. Isso torna a interação com o *chatbot* mais fluida e aumenta a chance de alcançar rapidamente a coreferência (QUEK; OLIVEIRA, 2013). Este trabalho também está ancorado na Teoria da Atividade de Vygotsky. A visão holística dessa teoria sobre como os indivíduos realizam atividades com a ajuda de certas ferramentas fundamentou o desenvolvimento do STUART, que foi projetado para ter uma visão global do aluno, sua relação com a DAL e todos os elementos que o compõem. Um dos objetivos do STUART é garantir que todas as ações executadas pelos alunos, bem como os objetos com os quais eles interagem, permaneçam relevantes e sejam apropriadamente usadas em cada caso específico para promover um aprendizado eficaz. A Figura 17 ilustra seu funcionamento dentro do *chat*.

6.4.2 *Chatbot* com funcionalidade acessível.

Para tratamento de acessibilidade para **deficientes visuais** adequou-se o uso da tecnologia *NonVisual Desktop Access* (NVDA), um leitor de tela que percorre os componentes dispostos na interface da plataforma convertendo a saída em áudio. Isso permite que o deficiente visual possa ouvir, entender a navegabilidade no ambiente e interagir com a plataforma. Para os alunos com **baixa visão**, a plataforma disponibiliza para estes a opção de alto contraste para os componentes que precisam dessa configuração. No intuito de tratar a acessibilidade para envio de áudio **foi implementada uma máquina**, que faz a transcrição de áudio para texto. Essa entrada facilita a comunicação com o *Dialogflow* e o modelo MRC. Para tratamento de acessibilidade para **deficientes auditivos** foi implementado a produção de vídeos de libras para as perguntas mais frequentes realizadas pelos alunos na interação com os objetos da plataforma e o tutor. A Figura 18 ilustra o *chatbot* em alto contraste e a funcionalidade de envio de áudio, bem como a funcionalidade de respostas em vídeo de libras.

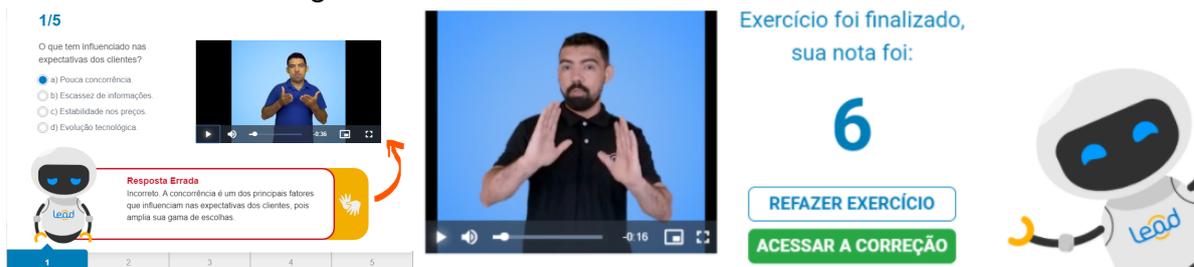
O STUART foi implementado para oferecer *feedback* acessível nos OAs, em que o STUART aparece com sua imagem vinculada aos exercícios e avaliações fornecendo *feedback* nos itens das questões e expressando reações diferentes para *feedbacks* positivos e negativos. Além disso, é possível enviar *feedbacks* em vídeo de libras, conforme mostra a Figura 19.

Figura 18 – STUART acessível por áudio e tradução em Libras.



Fonte – Elaborado pelo autor

Figura 19 – STUART com *feedback* nos OAs



Fonte – Elaborado pelo autor

Como parte essencial do público alvo dos cursos ofertados pela plataforma DAL, os PcDs precisam ser contemplados com esse recurso. Assim, realizou-se **testes** com os sujeitos de diferentes perfis, para que eles pudessem ter um primeiro contato com o STUART, de modo que esses dados pudessem embasar uma avaliação da **aces-sibilidade e usabilidade** do STUART no intuito de aplicar um desenho de experimento com PcDs em trabalhos futuros.

6.5 Teste de acessibilidade e usabilidade

As duas primeiras etapas da avaliação, foram compostas pela aplicação de uma série de tarefas que explorassem a acessibilidade e navegação do *chat* dentro dos dois ambientes (com e sem o STUART). Em seguida, foi aplicado o questionário

System Usability Scale (SUS). Ao final do teste, foi aplicado um relato guiado, conforme Figura 20. A gravação dos áudios do experimento, as respostas do SUS e dos relatos guiados serviram de base para os dados levantados.

Procedimento de avaliação

Primeiramente, três coordenadores de pesquisa realizaram um pré-teste para perceber quais problemas poderiam surgir durante o fluxo. Esse pré-teste foi realizado com dois usuários de cada perfil (Cego, Surdo e Baixa Visão).

Depois de ajustes no fluxo de navegação, foram realizados testes com três usuários de cada perfil. Durante a avaliação, primeiramente, foi explicada a pesquisa e o fluxo e foi pedido que cada participante assinasse um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Explicou-se o funcionamento do tutor inteligente dentro da plataforma. Em seguida, foi iniciado o processo de avaliação de acessibilidade, que foi composto por 3 fases: **[1]** realização do fluxo de navegação; **[2]** aplicação do questionário SUS e **[3]** aplicação do relato guiado, conforme a Figura 20.

Figura 20 – Procedimento de Avaliação



Fonte – Elaborado pelo autor

A primeira etapa da avaliação se deu por meio da aplicação de uma série de tarefas que exploraram a acessibilidade nas áreas da plataforma onde o STUART se faz presente. Em seguida, foi aplicado um Relato Guiado, composto de oito perguntas, que podem ser vistas abaixo.

Relato guiado Perfil Cego

1. Como foi sua experiência com a utilização do chat?
2. Você encontrou alguma dificuldade de navegação?

3. Você sentiu que a navegação do chat da plataforma foi mais simples ou mais complexa em relação a outros aplicativos de troca de mensagens?
4. Qual seria a melhor forma de navegação do chat em relação às mensagens não lidas?
5. Qual seria a melhor maneira de identificar as notificações dentro do chat?
6. Você sentiu que a inteligência artificial (STUART) contribuiu ou atrapalhou sua experiência em relação ao chat sem o STUART?
7. Com base na responsividade do STUART, você acredita que essa ferramenta poderá ser útil para sanar as dúvidas dos alunos dos cursos da plataforma?
8. Você tem alguma sugestão para tornar o chat mais acessível?

Relato guiado Perfil Surdo

1. Como foi sua experiência com a utilização da plataforma com STUART?
2. Você encontrou alguma dificuldade?
3. Você sentiu que as notificações visuais foram suficientes para avisá-lo da chegada de novas mensagens?
4. Você acredita que ter respostas por parte do STUART em formato de vídeos de Libras contribuiu na troca de informações?
5. Você ficou satisfeito com o feedback em Libras nas questões dos Exercícios?
6. Você acredita que os vídeos de Libras apresentados nos feedbacks das questões estão bem posicionados na tela?
7. Você sentiu falta de vídeo de Libras em alguma tela?
8. Você tem alguma sugestão para tornar a plataforma mais acessível?

Relato guiado Perfil Baixa Visão

1. Como foi sua experiência com a utilização da plataforma com STUART?
2. Você encontrou alguma dificuldade?
3. Relate o seu nível de conforto com as cores do Alto contraste oferecido pela plataforma.
4. Você ficou satisfeito com o layout do STUART?
5. O sombreamento e o formato do STUART facilitaram a sua interação?
6. As cores usadas nas notificações visuais foram suficientes para chamar sua

atenção para as atualizações?

7. Você se sentiu confortável com a forma que as notificações foram emitidas?

8. Você tem alguma sugestão para tornar a plataforma mais acessível?

Método e tarefas

Foram realizadas com o STUART tarefas de interação com a plataforma durante a utilização do *chat*. Ao final do teste, depois da interação dos alunos no ambiente com STUART, os alunos responderam questionários eletrônicos SUS utilizando-se de uma ferramenta que fornecia estes questionários, que estavam usando (assertivas em escala de Likert). Os Anexos B, C e D apresentam os respectivos questionários SUS para cada perfil. Os sujeitos de pesquisa foram submetidos as seguintes tarefas: Deficiente visual. Avaliou-se a interação dos participantes e observou-se o comportamento para duas funcionalidades:

1) Fluxo do NVDA dentro do *chat*: Qual a melhor forma de navegabilidade para o usuário cego dentro de um *chat* de conversação?

2) Necessidade de efeitos sonoros no envio e recebimento de respostas do *chat*;

Cenário:

- Solicitar ao usuário que entre na plataforma: teste.leadfortaleza.com.br/ead;
- Solicitar ao usuário que faça login com o Usuário: TesteVisual Senha: *****;
- Solicitar ao usuário que vá até o Chat;
- Solicitar ao usuário que informe se há alguma mensagem não lida;
- Solicitar ao usuário que informe se há alguma conversa recente;
- Solicitar ao usuário que mande uma mensagem para o usuário PesquisadorLead;
- Solicitar ao usuário que informe se ele percebe as atualizações do chat, como a chegada de novas mensagens;
- Solicitar ao usuário que localize o STUART;
- Solicitar ao usuário que pergunte ao STUART: “O que é cliente?”;
- Solicitar ao usuário que informe se houve resposta por parte do STUART;
- Solicitar ao usuário que selecione o curso Atendimento ao Cliente;
- Solicitar ao usuário que selecione uma aula;
- Solicitar ao usuário que faça um Exercício;
- Solicitar ao usuário que verifique o *feedback* de cada questão do Exercício;

Deficiente auditivo. Avaliou-se a interação dos participantes e observou-se o comportamento para três funcionalidades:

- 1) Nos *Feedbacks* dos Exercícios e Avaliações: é possível sobrepor o vídeo da pergunta com o vídeo do *feedback* da resposta, e verificar se essa interação com a interface está intuitiva e satisfatória?
- 2) Nos vídeos de libras nas mensagens: verificar se a presença de vídeos em parte das mensagens contempla satisfatoriamente a interação com o usuário surdo;
- 3) Notificações Visuais: validar se os eventos de mensagens recebidas e enviadas possuem clareza visual para informar ao usuário surdo qual o status atual de sua conversa. Exemplo: Existem mensagens não lidas?

Cenário:

- Solicitar ao usuário que entre na plataforma: teste.leadfortaleza.com.br/ead;
- Solicitar ao usuário que faça login com o Usuário: TesteAuditivo Senha: *****;
- Solicitar ao usuário que vá até o Chat;
- Solicitar ao usuário que informe se há alguma mensagem não lida;
- Solicitar ao usuário que informe se há alguma conversa recente;
- Solicitar ao usuário que mande uma mensagem para o usuário PesquisadorLead;
- Solicitar ao usuário que informe se ele percebe as atualizações do chat, como a chegada de novas mensagens;
- Solicitar ao usuário que localize o STUART;
- Solicitar ao usuário que pergunte ao STUART: “O que é cliente?”;
- Solicitar ao usuário que informe se houve resposta por parte do STUART;
- Solicitar ao usuário que selecione o curso Atendimento ao Cliente;
- Solicitar ao usuário que selecione uma aula;
- Solicitar ao usuário que faça um Exercício;
- Solicitar ao usuário que verifique o *feedback* de cada questão do Exercício;

Deficiente Baixa visão. Avaliou-se a interação dos participantes e observou-se o comportamento para três funcionalidades:

- (1) Padrão de cores para Alto contraste: verificar se as cores utilizadas estão de acordo com as especificações;
- (2) Layout do STUART: verificar formato do STUART, sombreamento, etc;
- (3) Notificações visuais: verificar se as cores utilizadas e a forma em que as notificações

são emitidas estão de acordo com as especificações, por exemplo também: a frequência de pulso".

Cenário:

- Solicitar ao usuário que entre na plataforma: teste.leadfortaleza.com.br/ead;
- Solicitar ao usuário que faça login com o Usuário: TesteBaixaVisao Senha: *****;
- Solicitar ao usuário que ative o recurso de Alto contraste;
- Solicitar ao usuário que selecione o curso Atendimento ao Cliente, ao entrar no ambiente de teste;
- Solicitar ao usuário que vá até o Chat;
- Solicitar ao usuário que informe se há alguma mensagem não lida;
- Solicitar ao usuário que localize o STUART;
- Solicitar ao usuário que pergunte ao STUART: "O que é cliente?";
- Solicitar ao usuário que informe se houve uma atualização no chat;
- Solicitar ao usuário que mande uma mensagem para o usuário PesquisadorLead;
- Perguntar ao usuário se ele percebe as atualizações do chat, como a chegada de novas mensagens.

Resultados

Do cruzamento das respostas do relato guiado com a pontuação do SUS no que concerne ao STUART como tutor, todos os deficientes testados concordaram que a ferramenta tem bastante potencial para auxiliar os alunos na solução de dúvidas, de forma rápida e eficiente, tornando mais fácil a interação na plataforma. Além disso, os sujeitos de pesquisa aprovaram o *feedback* do STUART, o considerando amigável e motivador. As sugestões de mudança em relação ao tutor inteligente se concentraram em questões de design, como reforçar as expressões do avatar, ou sugestões de novas expressões que poderiam ser implementadas. As Tabelas 5, 6 e 7 trazem os resultados do SUS para cada perfil.

Tabela 5 – Resultado do SUS - Perfil Cego

Descrição	Resultado
Gostariam de usar o <i>chat</i> do STUART com frequência	> 33%
STUART foi fácil de usar	40%
Eu me senti muito confiante com o STUART	> 30%
O emprego do STUART não faria com que precisasse de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usá-lo	65%
Não é preciso aprender muitas coisas antes de usar o STUART	> 66%

Fonte – Elaborado pelo autor

Tabela 6 – Resultado do SUS - Perfil Surdo

Descrição	Resultado
Gostariam de usar o STUART com frequência	100%
STUART foi fácil de usar	100%
Eu me senti muito confiante com o STUART	> 90%
O emprego do STUART não faria com que precisasse de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usá-lo	25%
Não é preciso aprender muitas coisas antes de usar o STUART	> 50%

Fonte – Elaborado pelo autor

Tabela 7 – Resultado do SUS - Perfil Baixa Visão

Descrição	Resultado
Gostariam de usar o STUART com frequência	75%
STUART foi fácil de usar	95%
Eu me senti muito confiante com o STUART	75%
O emprego do STUART não faria com que precisasse de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usá-lo	50%
Não é preciso aprender muitas coisas antes de usar o STUART	> 95%
Não acharam as cores do Alto contraste desconfortáveis de visualizar.	75%

Fonte – Elaborado pelo autor

7 EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO DO STUART

Este Capítulo dispõe sobre os objetivos, o desenho do experimento e as técnicas e ferramentas utilizadas no experimento realizado com o STUART. No desenho é apresentado o tamanho da amostra e as etapas utilizadas na sua execução.

7.1 Objetivo geral

O estudo tem por objetivo geral verificar se o STUART ajuda a reduzir as atividades humanas na DAL, a fim de avaliar o impacto do STUART na escalabilidade.

7.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos para alcançar o objetivo geral levantou-se:

1. Avaliar o protótipo funcional *chatbot* do STUART;
2. Avaliar a redução de tarefas de humanos (tutores e equipe pedagógica);
3. Apurar a preferência de atendimento dos alunos em relação aos tutores disponíveis (Humano e STUART).

7.3 Desenho do experimento

Esta pesquisa busca responder as seguintes questões relacionadas à redução de atividades humanas de tutoria e acompanhamento pedagógico através da inserção de um tutor inteligente artificial.

RQ1. Com STUART, o aluno resolve os problemas mais frequentes de nível técnico, pedagógico e de conteúdo didático?

RQ2. O STUART reduz número de interações do tutor humano com o aluno?

RQ3. O STUART resolve em menos tempo a demanda transacional do aluno?

RQ4. O STUART é mais acionado ao tutor humano nas interações transacionais de resolução dos problemas mais frequentes?

Participantes

Critérios de inclusão

Para que fosse considerado um sujeito de pesquisa válido para esse experimento foi necessário:

- a) Possuir o ensino fundamental completo;
- b) Não ser pessoa com deficiência;
- c) Ter experiência na utilização de *web browser* e *chat*;
- d) Possuir infraestrutura para realizar o experimento de forma remota.

Critérios de exclusão

Caso o sujeito de pesquisa possuísse todos os critérios de inclusão, ele não poderá participar do experimento se:

- a) Já tivesse interagido com os novos recursos do STUART implementados na plataforma utilizado no experimento;
- b) Possuísse certificado de realização de cursos de Atendimento ao Cliente ou afins.

Método do Experimento

Perfil dos Participantes

Antes da realização do experimento, coletou-se os perfis dos participantes considerando nome, idade, gênero, grau de instrução e experiência com *chat*.

Detalhamento da realização dos testes

1ª Fase: Preparação

Nesta fase, foi aplicado primeiramente um questionário *on-line* para apurar os perfis dos participantes. Além disso, o Termo de Ética Livre e Esclarecido foi apresentado para que os participantes tomassem conhecimento do que se trata o experimento. O termo informou que o participante realizaria um teste de usabilidade da ferramenta e solicitou autorização para que a interação fosse gravada para permitir análise dos dados. Todos os dados do participante foram mantidos em sigilo. O Apêndice A apresenta o Termo de Ética Livre e Esclarecido. O período de execução deste experimento coincidiu com o surto do COVID-19 e a plataforma Brasil estava direcionando tratamento para projetos relacionados ao Coronavírus (COVID-19, SARS-CoV-2). Diante disso,

para não comprometer a execução deste experimento e garantir a participação dos voluntários recrutados, procedeu-se de forma que os participantes do experimento não fossem colocados em nenhuma situação de constrangimento e nem tivesse seus dados pessoais revelados.

2ª Fase: Apresentação

Antes de iniciar o experimento foi apresentado aos participantes as atividades que seriam realizadas, o curso que seria realizado e a plataforma virtual por onde o curso foi feito.

3ª Fase: Aplicação dos testes

Os participantes realizaram as atividades das duas primeiras aulas do curso de Atendimento ao Cliente na plataforma DAL. Além das atividades propostas pelo curso, os participantes foram provocados a realizar atividades em que fosse possível o uso do STUART para realizá-las. Os participantes de cada grupo (com e sem STUART) realizaram as atividades de duas aulas (assistir aulas, fazer exercícios, fazer avaliação). Essa fase do experimento foi realizada em dois momentos, onde cada grupo foi exposto às duas condições (com e sem STUART). Durante esta atividade, além do desempenho do participante no curso, foi observado suas interações com a plataforma e com o STUART. Foram registradas as quantidades de vezes que o participante consultou o tutor humano e o STUART.

4ª Fase: Coleta de resultados

Além dos resultados coletados remotamente durante o experimento, os participantes responderam um questionário contendo perguntas a respeito da experiência que tiveram ao realizar as atividades do curso e a respeito do auxílio que o STUART proporcionou ao fazê-los. Neste questionário, foi consultada a opinião do usuário a respeito da influência do STUART em seu aprendizado e apuradas possíveis melhorias e correções tanto para o protocolo de futuros experimentos quanto para as funcionalidades do Tutor Inteligente. O Apêndice C traz o modelo do relato de experiência utilizado após o experimento. Nesta Fase também estava incluso o SUS. O questionário SUS pode ser visto no Anexo A.

5ª Fase: Análise dos resultados

Nesta etapa, foram analisados os dados coletados no experimento e apurados de acordo com a metodologia para tentar comprovar ou rejeitar as hipóteses. Além disso,

foram apuradas informações relacionadas a possíveis melhorias que poderiam ser feitas nas funcionalidades do STUART.

Procedimento

Para entender o problema que os alunos enfrentam durante a interação com a plataforma DAL, foram realizados alguns estudos das interações de alunos utilizando-a com e sem o STUART, para identificar as dificuldades encontradas durante as tarefas relacionadas à realização de um curso. As atividades utilizadas para interação do aluno com a plataforma buscaram estimular situações, sendo estas escolhidas com base no levantamento realizado com a equipe pedagógica e de tutores da DAL. Estas situações apontam as perguntas mais frequentes realizadas pelos alunos, sendo estas perguntas de nível pedagógico, técnico e de conteúdo da aula relacionadas à plataforma. A interação com o tutor ocorreu de forma síncrona. Os métodos, a análise e a avaliação foram aplicados em ambas condições experimentais (sem e com STUART). Utilizou-se a técnica de análise situada para medir o desempenho dos participantes durante a realização da tarefa. Para essa análise, observou-se as seguintes variáveis: tempo para completar as tarefas (TCT), número de tarefas concluídas (NTC) e quantidade de auxílios (QA). Contatou-se ex-alunos da DAL que tiveram acesso aos recursos necessários para a viabilização da aplicação do experimento: computador com acesso à internet e dispositivos de comunicação com os monitores do experimento, como webcam e microfone. Em seguida, a participação e o conhecimento do experimento foram confirmados: hora, data, duração e objetivo do experimento. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi anexado. Os participantes foram recrutados antes do experimento e tiveram acompanhamento durante e após o experimento.

Cenário

Dispõe sobre o modo como as tarefas foram apresentadas para o aluno durante o experimento. Utilizou-se a técnica de cenário para a descrição das tarefas, a fim de permitir a exploração dos recursos. Em IHC, cenários são particularmente úteis para avaliar a usabilidade de sistemas. Para Nielsen (2014), os cenários fornecem um contexto para que as tarefas sejam realizadas respeitando as escolhas do participante, fazendo com que eles se sintam motivados e engajados no teste.

Tarefa 1: Acessar a plataforma

1.1 Imagine que você deve fazer as atividades das aulas. Porém tem problemas para

acessar a plataforma. O que você faria?

1.2 Ao navegar pela plataforma você deseja consultar a equipe de suporte ou pedagógica para buscar informação. Como você faria?

1.3 Imagine que você tenha dúvida em relação à qual horário deve realizar as atividades das aulas. Qual seria sua ação?

Tarefa 2: Acessar o curso de Atendimento ao Cliente

Imagine que você está numa situação em que foi acessar os cursos, porém não consegue visualizar o conteúdo do curso. O que você faria?

Tarefa 3: Acessar a aula

Imagine a situação em que você entrou na plataforma do curso, porém não constam o conteúdo das aulas e você não consegue acesso. Como você resolveria?

Tarefa 4: Fazer a WebAula e assistir as videoaulas da Aula 1

4.1 Ao assistir as vídeoaulas você imagina a situação em que gostaria de saber se é possível fazer download do material do curso. Como você buscaria esta resposta?

4.2 Imagine que você está em uma situação em que iniciou a webaula, porém seu vídeo não está carregando. O que você faria?

4.3 Durante ou após a WebAula e as videoaulas da Aula 1, você deve ter uma dúvida conceitual. Nessa situação imagine-se com a dúvida: "O que é Atendimento?". Onde você buscaria a resposta?

Tarefa 5: Realizar o exercício

Você deve realizar o exercício e imagine a situação em que você não consegue acessar os exercícios, avaliação ou fórum. Como você tentaria resolver?

Tarefa 6: Realizar Avaliação

Você deve realizar a avaliação. Ao finalizar a avaliação, quando for visualizada a nota, você deve se imaginar numa situação em que se perguntaria qual seria a média necessária para ser aprovado. Você deve pesquisar na plataforma ou consultar alguém para obter esta informação.

Neste ponto do experimento ocorreu a troca de ambientes. O aluno que realizou as tarefas de 1 a 6 sem a presença do STUART passou a realizar as tarefas de 7 a 12 com a presença do STUART. Ao passo que o aluno que realizou as tarefas de 1 a 6 com a presença do STUART passou a realizar as tarefas de 7 a 12 sem STUART.

Tarefa 7: Acessar a plataforma

7.1 Imagine que você deve fazer as atividades das aulas. Porém tem problemas para acessar a plataforma. O que você faria?

7.2 Ao navegar pela plataforma você deseja consultar a equipe de suporte ou pedagógica para buscar informação. Como você faria?

7.3 Imagine que você tenha dúvida em relação à qual horário deve realizar as atividades das aulas. Qual seria sua ação?

Tarefa 8: Acessar o curso de Atendimento ao Cliente

Imagine que você está numa situação em que foi acessar os cursos, porém não consegue visualizar o conteúdo do curso. O que você faria?

Tarefa 9: Acessar a aula

Imagine a situação em que você entrou na plataforma do curso, porém não constam o conteúdo das aulas e você não consegue acesso. Como você resolveria?

Tarefa 10: Fazer a WebAula e assistir as videoaulas da Aula 2

10.1 Ao assistir as vídeoaulas você imagina a situação em que gostaria de saber se é possível fazer download do material do curso. Como você buscaria esta resposta?

10.2 Imagine que você está em uma situação em que iniciou a webaula, porém seu vídeo não está carregando. O que você faria?

10.3 Imagine que você tenha uma dúvida de um conceito, nessa situação imaginemos a dúvida “O que é Cliente?”. Como você buscaria resposta?

10.4 Durante ou após a WebAula e as videoaulas, você deve ter uma dúvida de um conceito, nessa situação imaginemos a dúvida “O que é Atitude Empática?”. O que você faria?

Tarefa 11: Realizar o exercício

11.1 Você deve realizar o exercício e imagine a situação em que você não consegue acessar os exercícios, avaliação ou fórum. Como você tentaria resolver?

11.2 Imagine uma situação que você tenha uma dúvida de um conceito ao realizar o exercício, imaginemos a dúvida “O que é Cultura Organizacional?”. A quem você consulta?

Tarefa 12: Realizar Avaliação

12.1 Você deve realizar a avaliação. Ao finalizar a avaliação, quando for visualizada a nota, você deve se imaginar numa situação em que se perguntaria qual seria a média necessária para ser aprovado. Você deve pesquisar na plataforma ou consultar alguém

para obter esta informação.

12.2 Mesmo após encerrar avaliação, imagine a situação que você queira rever algum conceito que esqueceu. Imagine que esteja em dúvida com termo "Resiliência". Como você faria?

12.3 Ao finalizar o curso (no caso, as Aulas 1 e 2), você deve se perguntar em quanto tempo receberá o certificado de conclusão do curso. Você precisa pesquisar na plataforma ou consultar alguém para obter esta informação.

O tempo médio do experimento foi de 74 minutos. Com a autorização dos sujeitos de pesquisa, a execução das tarefas foi gravada para que posteriormente as variáveis de medição fossem analisadas e verificadas.

Técnicas e ferramentas utilizadas

Para aplicação do experimento foram utilizadas algumas técnicas para análise e avaliação da interação de usuários com sistemas computacionais. A aplicação delas possibilitou o levantamento de dados para análises quantitativas e qualitativas da experiência de uso do STUART. A técnica de análise da situação atual dá-se pelo estudo da interação usuário-sistema, com objetivo de compreender os motivos pelos quais os usuários não utilizam como esperado os sistemas computacionais (BARBOSA; SILVA, 2010). Essa técnica foi utilizada para compreender as dificuldades e formas de interação dos usuários com a ferramenta utilizada.

Para obtenção de resultados mais rigorosos e válidos foi utilizada a técnica de triangulação, que permite a análise dos dados de diferentes perspectivas com objetivo de afirmar descobertas (BARBOSA; SILVA, 2010). Para aplicá-la, foram utilizadas as técnicas de análise de desempenho, teste de usabilidade. Dessa forma, obtivemos uma visão dos resultados dos alunos e do desempenho do sistema proposto.

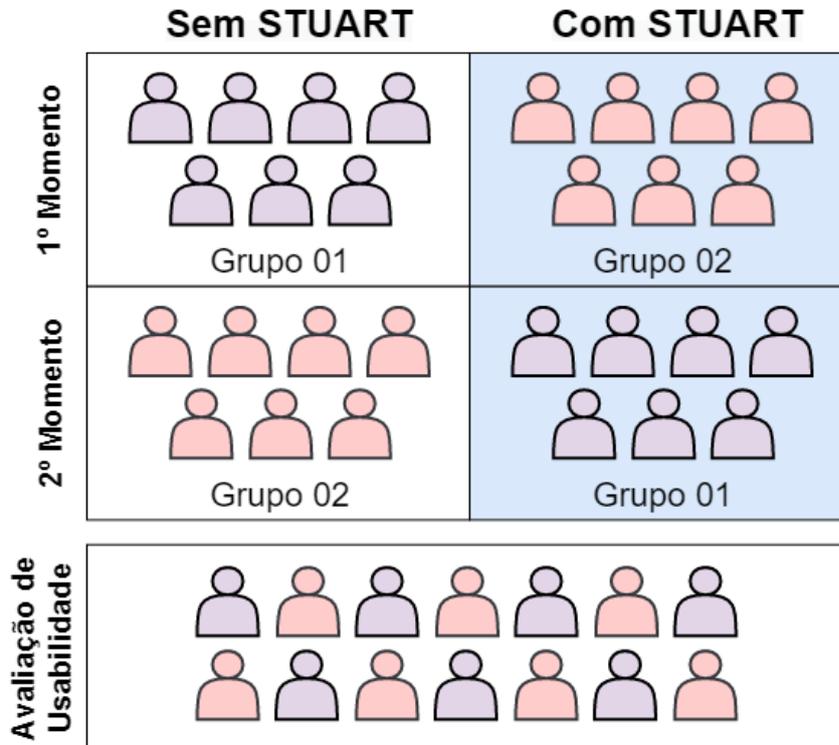
- **Análise de Desempenho:** A análise de desempenho consistiu na coleta dos seguintes dados: tarefas realizadas, tempo necessário para concluir a tarefa e o número de auxílios solicitados. Os dados foram catalogados pelos observadores enquanto o aluno realizava a tarefa de consulta ao STUART para tirar suas dúvidas. Ela foi aplicada ao uso com e sem STUART, possibilitando comparar o desempenho dos alunos em ambas situações.
- **Teste de Usabilidade:** Para avaliação de usabilidade, utilizou-se o SUS. As respostas às questões seguiu o modelo onde o avaliador seleciona em uma

escala Likert de 1 (Discordo fortemente) a 5 (Concordo fortemente) seu grau de concordância. O teste de usabilidade foi aplicado logo após o experimento.

Infraestrutura de aplicação do experimento

O experimento teve caráter avaliativo e validador, pois foram desenvolvidas atividades práticas com e sem o uso da tecnologia. Nesta etapa da pesquisa, participaram 14 alunos, uma tutora e três coordenadores de pesquisa. O experimento foi realizado remotamente com os participantes. Foi utilizado contrabalanceamento de forma randômica na entrada. Cada participante foi associado a um número identificador aleatório, que o identifica e diz a ordem das condições de teste avaliadas. A divisão foi de 2 grupos de 7 alunos (um iniciando com o cenário sem STUART e outro com o cenário com STUART). Participantes realizaram *Within Subjects*. As tarefas utilizadas no experimento podem ser vistos no Apêndice B. A Figura 21 apresenta a logística do experimento.

Figura 21 – Logística experimento STUART



Fonte – Elaborado pelo autor

7.4 Ameaças a validade

Nesta subseção, foram avaliadas as ameaças.

Validade externa. Foi extraída uma amostra contendo os registros de interações mais frequentes dos alunos no *corpus* de interação com a DAL, tutores e equipe pedagógica. Foi desenvolvido o agente STUART para atender às demandas de interações transacionais, resolvendo questões nos níveis pedagógico, técnico e de conteúdo. Portanto, não pode ser generalizado o uso de agente STUART para conversas com interações sociais.

Validade interna. Essa ameaça pode estar presente no processo de avaliação. Para mitigá-lo, foram distribuído aleatoriamente todos os participantes do experimento, foram divididos em 2 grupos e foram usado três pesquisadores para monitorar os participantes para evitar resultados tendenciosos.

Validade de construção. A construção do experimento de avaliação pode comprometer a validade para avaliar a redução da consulta com o ser humano. Foi considerado um ambiente controlado, simulando a realização de um curso com 2 aulas, dado o tempo limitado para obter os resultados. Para mitigar essa ameaça, foi enfatizado no pré-experimento que no ambiente com a intervenção do STUART havia também a presença do tutor humano. Assim, os participantes tiveram o livre arbítrio de escolher a forma de interação para tentar resolver sua demanda.

Validade de conclusão. Esta ameaça envolve a interpretação correta dos dados obtidos relacionados às hipóteses. Para minimizá-lo, foram realizadas análises qualitativas e quantitativas dos dados. Além da avaliação do SUS para a parte qualitativa, foram realizados testes estatísticos direcionados à parte quantitativa para avaliar a significância e a confiabilidade dos resultados.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo, são apresentados os resultados quantitativos e qualitativos obtidos a partir dos dados coletados durante a aplicação do experimento. Além disso, foi realizada uma análise crítica dos resultados com intuito de verificar a veracidade das hipóteses e identificar os impactos da intervenção do STUART durante a realização de um curso e interação na plataforma.

PERFIL DOS PARTICIPANTES

O instrumento de coleta dos dados teve como resultado o perfil das 14 pessoas que participaram do experimento. Os sujeitos de pesquisa convidados receberam credenciais de acesso a DAL para realizar o curso de Atendimento ao Cliente, ou seja, sujeitos interessados em adquirir conhecimento na área.

A faixa etária dos sujeitos de pesquisa era entre 20 a 40 anos. O público masculino era de 8 pessoas (57,1%), e feminino de 6 pessoas (42,9%). Observou-se também que 1 pessoa (7,1%) têm ensino médio, 6 (42,9%) ensino superior completo, 5 (35,7%) pós-graduação e 2 pessoas (14,3%) têm superior incompleto.

Dentro do questionário aplicado, coletou-se o nível de conhecimento de *chat* dos participantes. As respostas utilizavam a escala likert, onde apenas uma das opções é escolhida: 1 (muito ruim); 2 (ruim); 3 (intermediário); 4 (bom); e 5 (muito bom). Observou-se que 4 pessoas (28,6%) tinham experiência ruim, 5 pessoas (35,7%) intermediária, 2 pessoas (14,3%) boa e 3 pessoas (21,4%) muito boa.

De acordo com os dados, percebe-se que a maioria dos participantes têm experiência intermediária com *chat*. Portanto, se adequam ao perfil de usuário do STUART, tendo em vista que a ferramenta se preocupa em auxiliar via *chat* os alunos na realização de um curso e sanando dúvidas de nível pedagógico, conteúdo e técnico relacionadas a DAL. A partir dos testes realizados com os sujeitos de pesquisa, colheu-se resultados a respeito da tecnologia.

ANÁLISE QUANTITATIVA

A seguir, são mostrados os resultados quantitativos obtidos a partir dos testes estatísticos. Cada uma das seções a seguir está relacionada com uma das

hipóteses levantadas.

H1. Com STUART, o aluno resolve os problemas mais frequentes de nível técnico, pedagógico e de conteúdo didático.

Os participantes, divididos nos grupos sem STUART e com STUART, foram analisados quanto à utilização da ferramenta STUART por meio das métricas de sanar dúvidas mais relevantes no contexto de ensino profissionalizante à distância. O objetivo é verificar se o STUART consegue atender essas dúvidas relacionadas a nível pedagógico, nível de conteúdo e nível técnico e qual percentual.

As Figuras 22, 23 e 24 mostram o número de vezes que o participante buscou o tutor humano no ambiente sem STUART, assim como o número de vezes em que o tutor humano e o *chatbot* do STUART foram solicitados no ambiente com STUART.

Na Figura 22, é possível ver o número de participantes que buscou auxílio do tutor humano ao se deparar com a situação-problema provocada no contexto pedagógico. Neste caso, observa-se que o número de ocasiões em que o tutor humano seria solicitado foi reduzido de 41 a 5, uma taxa de 87,80% de redução.

Figura 22 – Auxílios para problemas de nível pedagógico

Auxílios para resolver problemas pedagógicos				
Assunto	Ambiente sem STUART	Ambiente com STUART		# Max. de Auxílios
	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios STUART	
Média	12	2	13	14
Download	11	1	12	14
Horários	8	1	9	14
Certificado	5	0	7	7
Contato	5	1	8	14
Total	41	5	49	63

Fonte – Elaborado pelo autor

Analogamente, a Figura 23 ilustra os casos em que os participantes consultaram o tutor humano ou o STUART no contexto de dúvidas relacionadas ao conteúdo do curso de Atendimento ao Cliente. O número de vezes que o tutor humano foi procurado diminuiu de 18 para 4, representando uma taxa de redução de 77,78%.

Figura 23 – Auxílios para problemas de nível conteúdo

Auxílios para resolver problemas de conteúdo				
Assunto	Ambiente sem STUART	Ambiente com STUART		# Max. de Auxílios
	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios STUART	
Atendimento	4	2	3	7
Cliente	5	1	6	7
Atitude empática	5	1	6	7
Cultura organizacional	2	0	5	7
Resiliência	2	0	5	7
Total	18	4	25	35

Fonte – Elaborado pelo autor

Figura 24 – Auxílios para problemas de nível técnico

Auxílios para resolver problemas técnicos				
Assunto	Ambiente sem STUART	Ambiente com STUART		# Max. de Auxílios Possíveis
	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios Tutor Humano	# Auxílios STUART	
Visualização de conteúdo do curso	10	0	13	14
Acesso a DAL	8	0	8	14
Acesso a aula	10	1	12	14
Acesso aos OAs	11	1	13	7
Vídeo não carrega	8	0	9	14
Total	47	2	55	63

Fonte – Elaborado pelo autor

Da mesma forma, a Figura 24 detalha os auxílios relacionados ao problemas de nível técnico. Nesse contexto, nota-se que houve a maior redução no número de auxílios, de 47 para 2, representando uma taxa de 95,74% de redução.

Tabela 8 – Percentual de atendimento do STUART

Pedagógico	Conteúdo	Técnico
1. Média	1. Atendimento (Aula 01)	1. Visualização de conteúdo do curso
2. Download	2. Cliente (Aula 01)	2. Acesso a plataforma
3. Horários	3. Atitude empática (Aula 02)	3. Acesso a aula
4. Certificado	4. Cultura Organizacional (Aula 02)	4. Acesso aos OAs
5. Contato	5. Resiliência (Aula 02)	5. Vídeo não carrega
77,78%	71,43%	78,57%

Fonte – Elaborado pelo autor

Na Tabela 8, pode-se observar o percentual de atendimento do STUART

para cada uma das três categorias de eventos. Cada evento poderia ser resolvido ao consultar o STUART via *chat*. Para validar a sua procura e sua relevância em cada contexto, foram sugeridas algumas situações-problema e registradas as quantidades de vezes que o STUART foi procurado para resolvê-las. Com o experimento, nota-se que a categoria de dúvidas em nível técnico foi a mais procurada, ao passo que, a categoria de dúvidas de nível de conteúdo foi a menos procurada.

H2. O STUART reduz o número de interações do tutor humano com o aluno e consegue resolverem menos tempo.

Comparando o número de auxílios pedidos ao tutor humano no ambiente sem STUART ao número no ambiente com STUART, detectou-se que houve uma redução. Para o contexto pedagógico, o número de auxílios reduziu 87,80%. Já no contexto relacionado ao conteúdo, houve uma redução de 77,78%. Por último, no contexto de dúvidas técnicas, a redução foi de 95,74%. Com isso, ao considerar o número de auxílios total, a redução é de 89,62%.

Para afirmar com 95% de confiança que as amostras possuem uma diferença significativa, foi aplicado um teste não paramétrico para comparar os valores. Inicialmente, para a verificar a normalidade dos dados, foi aplicado o teste de Normalidade *Shapiro Wilk* (SHAPIRO; WILK, 1965). Esse teste verifica se a distribuição de probabilidade em um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal. Essa aproximação da normalidade é pré-requisito para aplicação de um teste paramétrico, e quando não há normalidade aplica-se teste não-paramétrico.

Visto que a normalidade dos dados não pôde ser assumida, os resultados individuais dos participantes foram submetidos ao teste *Wilcoxon Signed-rank* (WILCOXON, 1992). Trata-se de um teste não-paramétrico apropriado para avaliação de dois grupos distintos (sem STUART e com STUART) ao aplicar um experimento do tipo *Within-Subjects*. A Tabela 9 ilustra os resultados obtidos.

Conforme mostrado na Tabela 8 e confirmado com uma taxa de confiança de 95% nos testes empíricos, uma vez que o valor p obtido é menor que 0,05, descrito na Tabela 9, os resultados apontam para uma diferença significativa entre as atividades dos tutores em ambientes com e sem STUART. Um número maior de participantes

Tabela 9 – Teste Wilcoxon nº de auxílios tutor Grupo 01 e 02

Dados	Valor
Grupo 01	[12, 11, 8, 5, 5, 4, 5, 5, 2, 2, 10, 8, 10, 11, 8]
Grupo 02	[2, 1, 1, 0, 1, 2, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0]
p-value	0.000624

Fonte – Elaborado pelo autor

conseguiu encontrar respostas para suas perguntas usando o STUART quando comparado com aqueles que não puderam usar o STUART. Os dados foram submetidos ao teste estatístico *Wilcoxon Signed-rank* (WILCOXON, 1992)

Comparando o tempo para realizar as tarefas do experimento no ambiente sem STUART ao número no ambiente com STUART, detectou-se que houve uma redução. A redução de tempo total é de 27,12 %.

Tabela 10 – Teste T de Student tempo de realização tarefas Grupo 01 e 02

Dados	Valor
Grupo 01	[439.43, 221.57, 130.43, 955.43, 414.86, 342.29, 383.00, 401.71, 161.00, 766.00, 259.14, 456.29]
Grupo 02	[571.71, 188.14, 154.57, 602.29, 259.00, 386.86, 354.14, 76.57, 73.71, 558.29, 136.57, 231.86]
p-value	0.024994

Fonte – Elaborado pelo autor

Para afirmar com uma taxa de confiança de 95% que existe uma diferença significativa entre as amostras, foi aplicado um teste paramétrico para comparar os valores. Inicialmente, para verificar a normalidade dos dados, foi aplicado o *Shapiro Wilk test* (SHAPIRO; WILK, 1965). Como a normalidade dos dados pode ser assumida, os resultados individuais dos participantes foram submetidos ao *teste T de Student pareado*. A tabela 10 ilustra os resultados obtidos. O grupo 01 representa a duração das tarefas no ambiente sem STUART, enquanto o grupo 02 representa a duração das tarefas no ambiente com o STUART disponível. O valor de *p* obtido neste teste também é menor que 0,05, portanto, é possível afirmar com 95% de confiança que a diferença entre os dois grupos é significativa.

H3. O STUART é mais acionado ao tutor humano nas interações transacionais de resolução dos problemas mais frequentes.

Ao fim do questionário pós-experimento, junto com o questionário SUS, foi solicitada a opinião dos participantes sobre a preferência entre os tutores disponíveis. Dessa forma, cada participante tinha as duas opções para voto: Tutor Humano e STUART.

Dentre os 14 participantes, 2 optaram pela interação direta com o tutor humano, enquanto os 12 restantes indicaram preferência ao tutor inteligente, STUART. Dessa forma, podemos inferir, por 85,71% dos votos, que o STUART é a principal escolha dos alunos para buscar solucionar seus problemas.

USABILIDADE

A aplicação do questionário SUS permitiu fazer uma avaliação da satisfação dos participantes em relação à usabilidade do STUART. A partir das respostas do questionário foram geradas médias por categoria e uma média geral, apontando o grau de satisfação em relação à usabilidade da tecnologia. Ou seja, ao final do experimento, a aplicação do questionário permitiu gerar, para cada participante, dois escores de usabilidade (SUS e Média Geral) para o STUART. A média geral obtida foi de 85,9 classificando a avaliação de satisfação do STUART, segundo o SUS, como “Excelente”. A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 11 – Resultado do SUS

Descrição	Resultado
Gostariam de usar o STUART com frequência	> 85%
STUART foi fácil de usar	93%
Eu me senti muito confiante com o STUART	> 70%
O emprego do STUART não faria com que precisasse de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usá-lo	85%
Não é preciso aprender muitas coisas antes de usar o STUART	> 92%

Fonte – Elaborado pelo autor

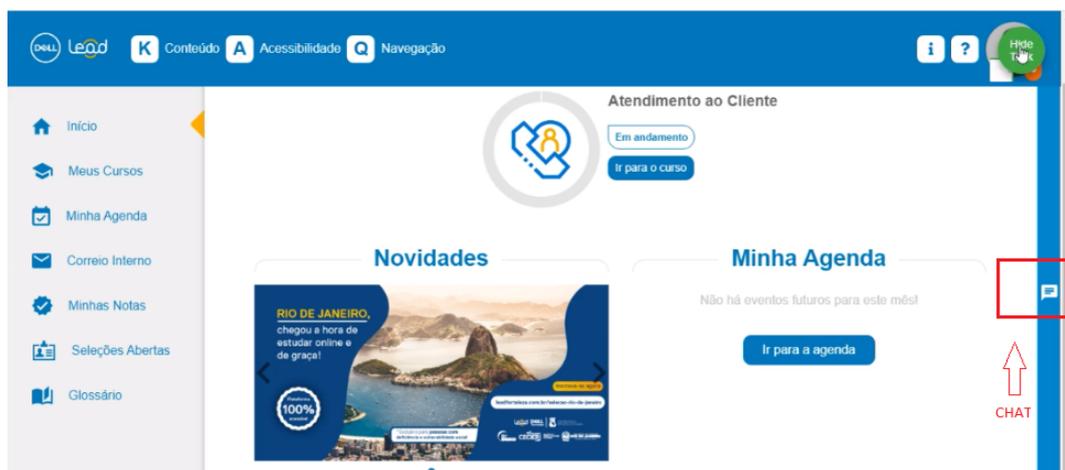
Foram realizadas com o STUART atividades de interação com a plataforma

durante a realização do curso de Atendimento ao Cliente, em que haviam situações que estimulavam o aluno a sanar suas dúvidas de nível pedagógico, de conteúdo e técnico. Ao final do experimento, depois da interação dos alunos nos dois ambientes (com e sem STUART), os alunos responderam questionários eletrônicos utilizando-se de uma ferramenta para captura de vídeos que fornecia estes questionários, que estavam usando (assertivas em escala de Likert).

CAPTURA DE TELA E ANÁLISE DA INTERAÇÃO DOS ALUNOS

Foram capturadas aproximadamente 18h de vídeos com 28 interações, sendo 14 delas utilizando o ambiente sem STUART e 14 o ambiente com o STUART. Com a análise de vídeo como é mostrado na Figuras 25, foi possível perceber que tanto no ambiente sem STUART como no ambiente com STUART não estava intuitivo localizar o tutor humano e o tutor inteligente. Foi possível perceber que, no ambiente sem STUART, os alunos utilizaram algumas vezes o recurso de correio interno, ajuda no FAQ e fórum, por acharem mais adequado para algumas tarefas, além de que, em alguns casos, os alunos não conseguiam localizar inicialmente o tutor. Os alunos que o encontravam usavam o *chat* para tirar sua dúvida, porém a resposta do tutor certas vezes demorava um pouco, diferentemente do STUART, que por estar sempre *on-line* respondia imediatamente, a partir do momento em que o aluno o encontrava no *chat* e buscava atendimento.

Figura 25 – Ambiente do experimento apresentando o *chat* na barra lateral

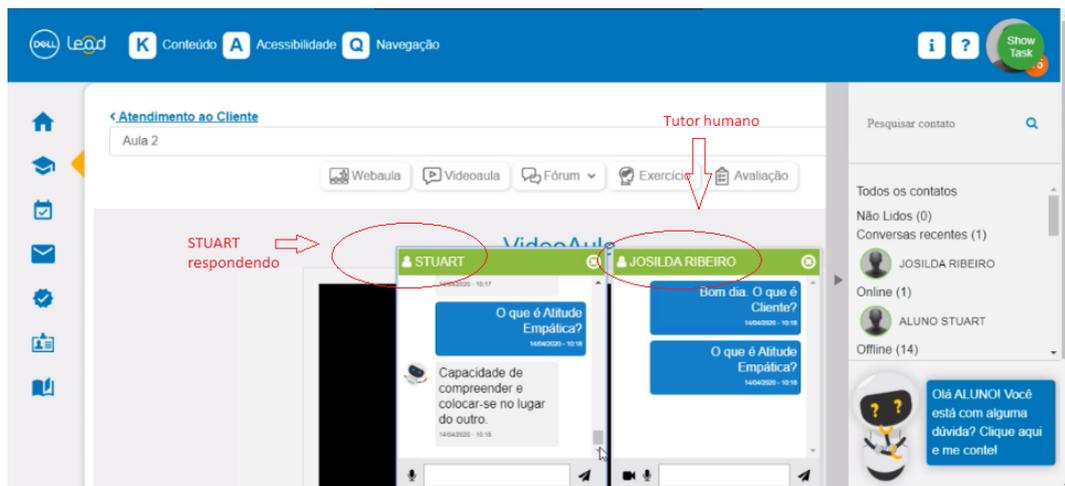


Fonte – Elaborado pelo autor

No ambiente com STUART, foi possível observar que em alguns momentos

participantes compararam a resposta e o tempo de retorno da mesma com a do tutor humano. Alguns participantes comentaram que a resposta rápida e sucinta do STUART fornecia a motivação e confiança necessária para seguir em frente diante da dúvida que poderia impedir o avanço no aprendizado durante a realização da Webaula. A Figura 26 ilustra essa interação do aluno consultando o STUART e o tutor humano simultaneamente.

Figura 26 – Ambiente ilustrando interação do aluno com STUART e Tutor



Fonte – Elaborado pelo autor

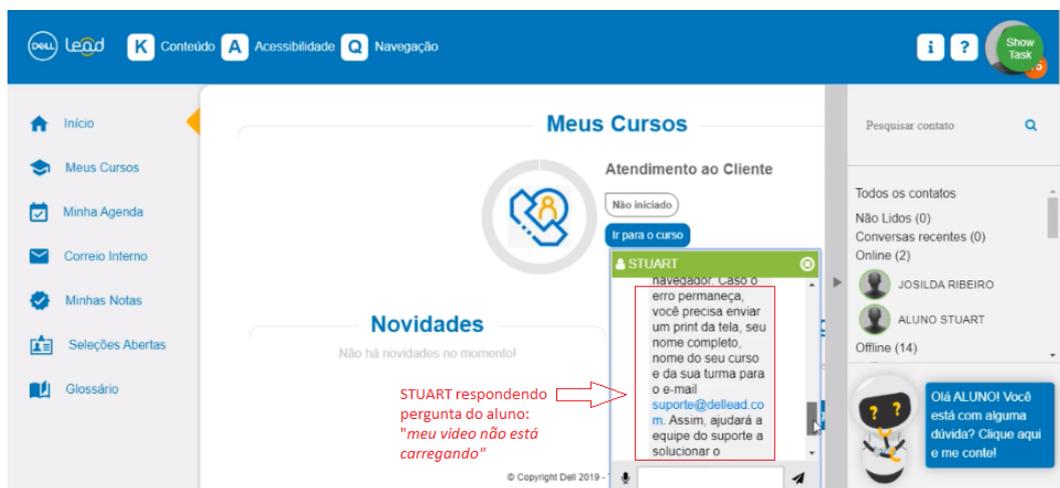
No ambiente sem STUART, foi encontrada uma regularidade na sequência de busca para solucionar as tarefas, buscando primeiramente o tutor e em seguida a equipe de suporte. Alguns participantes do experimento preferiam fazer um *tour* pela plataforma em uma busca mais autônoma para solucionar sua demanda, o que levava um certo tempo para resolver e por vezes não encontrava a solução, por exemplo, a busca para a pergunta se é possível realizar *download* do material do curso.

Foi perceptível que os alunos achavam mais adequado fazer algumas perguntas para o tutor, outras para o suporte, porém quando notavam a demora na resposta buscavam o STUART e se satisfaziam com a solução entregue pelo *chatbot*. Para algumas definições de conteúdo alguns alunos optaram por buscar uma resposta mais ampla no Google, mas alertaram da importância da resposta rápida e resumida fornecida pelo STUART para que pudessem avançar rapidamente na aula sem ter que realizar busca externa à plataforma.

Um ponto importante observado foi que o STUART resolveu a maioria das

demandas do aluno em uma interação (*object level*). Ou seja, ele traz a solução completa, diminuindo quantidade de cliques e digitação do aluno. Com relação à busca pelas soluções, o STUART facilita para o aluno ao centralizar a busca das dúvidas dos alunos relacionadas a nível pedagógico, conteúdo e técnico no mesmo local, no *chatbot*. Ao passo que no ambiente sem STUART o aluno navegava aleatoriamente pela interface da plataforma buscando onde poderia encontrar a resposta para sua dúvida. Um exemplo observado foi quando o tutor humano respondia que eles deviam enviar *e-mail* para a equipe de suporte e eles sentiam dificuldade em encontrar o *e-mail* e tinham que interagir novamente com o tutor para buscar essa informação, com isso, tinham que aguardar mais um pouco pela resposta. O STUART já fornece a resposta com o passo a passo para solucionar o problema e junto à mensagem estava o *e-mail* do suporte marcado como *link*. A Figura 27 ilustra a resposta do STUART direcionando passo a passo e *e-mail* do suporte na solução do problema em questão.

Figura 27 – STUART solucionando demanda de nível técnico



Fonte – Elaborado pelo autor

ANÁLISE QUALITATIVA

Os resultados obtidos na análise quantitativa dos dados de usabilidade foram confirmados ao analisar as opiniões dos participantes. A seguir, é apresentado dois depoimentos de participantes. De acordo com eles, o STUART facilitou o bom manuseio da plataforma, sanou dúvidas frequentes em EaD, interagiu rapidamente e

poupou tempo do tutor.

“[...] Facilitou a utilização do site de maneira geral, me orientando e tirando dúvidas a respeito do funcionamento da plataforma e também do conteúdo das vídeo aulas, do contrário não teria um experiência positiva, pois em sites de educação a distância as dúvidas e questionamentos são frequentes, tornando assim o STUART uma ferramenta de total importância.”

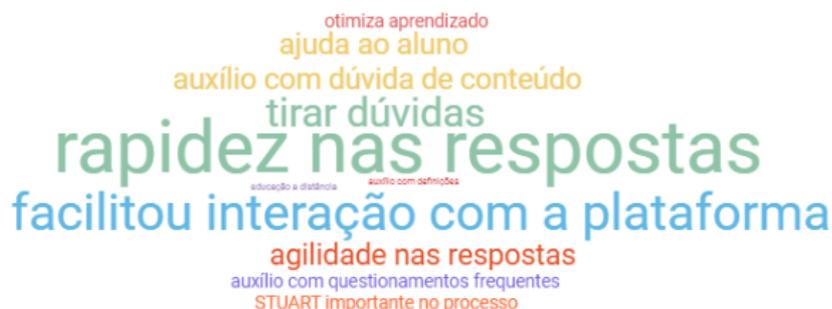
Participante 7, sexo masculino, 20 a 30 anos, superior completo, pouca experiência em chat

“[...] Excelente ferramenta de suporte ao aluno. Rápido e preciso nas respostas que são passadas de forma clara e objetiva. Assim poupando o tempo do tutor em responder perguntas de suporte e agilizando o tempo de resposta para o aluno.”

Participante 8, sexo feminino, 31 a 40 anos, pós-graduação, muito boa experiência em chat

Durante a aplicação do questionário SUS, os participantes relataram de forma livre, caso tivessem interesse, sobre qual opinião deles a respeito da influência do STUART no aprendizado deles e se eles teriam sugestões, críticas e elogios sobre o STUART. A Figura 28 e 29 trazem uma nuvem de palavras mais relacionadas a influência do STUART no aprendizado e as principais sugestões.

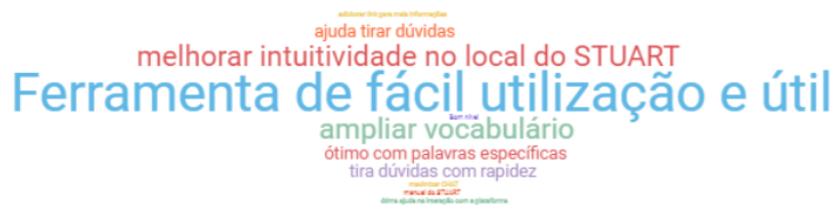
Figura 28 – Nuvem de palavras para Influência do STUART no aprendizado



Fonte – Elaborado pelo autor

Estes relatos geraram um documento disponível no Apêndice D, no qual são

Figura 29 – Nuvem de palavras com críticas e elogios para o STUART



Fonte – Elaborado pelo autor

mostrados os *feedbacks* dados pelos participantes para o STUART. Foram relatados pelos participantes *feedbacks* positivos e negativos, em relação ao STUART.

Alguns dos pontos fortes citados pelos participantes são a facilidade de utilização, ajuda com dúvidas diversas, rapidez nas respostas, ajuda no manuseio da plataforma, simpatia com *layout* do STUART e o atendimento às dúvidas centralizado no STUART (economiza tempo e esforço do aluno). Além disso muitos gostaram de resolver suas demandas em uma interação transacional, evitando que o aluno tenha que digitar novamente solicitando informações. Para alguns usuários o STUART não pareceu intuitivo quanto à sua localização na interface. No início da interação e, ao longo da tarefa, o participante foi se adaptando ao ambiente da plataforma e à localização do STUART interno à barra lateral no *chat*. Além disso alguns participantes sugeriram ampliar o vocabulário do STUART para abranger mais tópicos e por fim mostraram interesse na funcionalidade de redimensionar o *chat*. Alguns participantes ao interagirem com o tutor humano no ambiente sem STUART, por vezes tiveram que aguardar algum tempo por resposta.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 Conclusão

Este estudo apresentou o STUART, um serviço que monitora a plataforma de ensino DAL, e interage com alunos de maneira especializada, provendo serviços de automatização, inteligência e suporte ao processo de ensino-aprendizagem.

O STUART foi construído a partir da análise do corpus de uma série histórica de interações com a DAL, a fim de testar as hipóteses. Essas necessidades foram identificadas juntamente com a equipe pedagógica e os tutores da DAL. De uma perspectiva que prioriza o perfil do aluno e de uma solução que ofereça maior autonomia ao aluno, foram desenvolvidos os recursos do *chatbot* e do sistema de recomendação.

O objetivo geral do estudo foi analisar a viabilidade de um Tutor Inteligente no atendimento às principais demandas de tutoria por parte dos alunos da DAL. Foi investigado se poderia alcançar mais alunos e aumentar a escalabilidade. As evidências sugerem confirmação das hipóteses. A Tabela 12 apresenta o resumo das hipóteses e suas validações.

Tabela 12 – Resumo das hipóteses de pesquisa e suas validações

Hipótese	Validação	Justificativa
Com STUART, o aluno resolve os problemas mais frequentes de nível técnico, pedagógico e de conteúdo didático.	Confirmada	Inferido através de análises quantitativas e qualitativas, nas quais foi verificado que a hipótese nula de H1 não é plausível.
O STUART reduz número de interações do tutor humano com o aluno e consegue resolver em menos tempo	Confirmada	Encontrou-se empiricamente, com uma taxa de confiança de 95% ($\alpha = 0.05$), através da aplicação do teste Wilcoxon ($p\text{-value} = 0.000624$) e aplicação do teste T de Student ($p\text{-value} = 0,024994$) menores que o valor de α , que o STUART traz uma redução significativa na taxa de assistência prestada por tutores humanos e no tempo de atendimento.
O STUART é mais acionado ao tutor humano nas interações transacionais de resolução dos problemas mais frequentes.	Confirmada	Foi constatado que 85,71% dos estudantes acionaram STUART ao tutor humano.

Fonte – Elaborado pelo autor

Os esforços empregados para disponibilizar um STI na DAL mostram o potencial do STUART como uma ferramenta para ajudar no processo de ensino-aprendizagem e no monitoramento pedagógico. Os resultados são materializados em um desempenho superior da DAL, melhorando o modelo de ensino, personalizando o processo de aprendizagem de cada aluno, bem como a comunicação e interação com o sistema de conteúdo e tutoria. Estima-se, com base nas evidências do experimento que o sistema tem tendência para permitir o aumento da escalabilidade e que o STUART possa atuar como um substituto aceitável para o tutor humano.

9.2 Limitações

Este trabalho limita-se a responder satisfatoriamente a perguntas relacionadas a interações transacionais. No que concerne ao aumento da escalabilidade investigou-se inicialmente o aspecto da redução de carga de trabalho humana. Outros aspectos precisam ser investigados e validados experimentalmente. Além disso, não foi realizado experimento com uma aplicação com alunos PcDs, a verificação das funcionalidades limitou-se a um teste de acessibilidade e usabilidade em um cenário reduzido para pessoas com deficiência.

9.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, o STUART será evoluído para que ele possa responder a questões relacionadas às interações sociais, a fim de desenvolver um relacionamento mais próximo com o aluno e assumir um papel semelhante ao do tutor humano. A fim de validar o aumento da escalabilidade, novos aspectos serão investigados e verificados experimentalmente. Além disso será realizado um novo experimento, desta vez para avaliar a acessibilidade e a usabilidade dos recursos já desenvolvidos para tratamento na interação de PcDs em uma aplicação com cenário ampliado visto que os resultados do teste de acessibilidade e usabilidade foram promissores.

9.4 Publicações

Esta pesquisa também contribuiu com a comunidade científica publicando o artigo ***STUART: An Intelligent Tutoring System for Increasing Scalability of Dis-***

tance Education Courses no XIX Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2020) (DAMASCENO et al., 2020).

Estudos prévios realizados antes desta pesquisa, contribuíram para fundamentação teórica com tecnologias educativas e métodos empíricos para avaliação e validação de dados e renderam publicações:

- *A Landscape of the Adoption of Empirical Evaluations in the Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems* no XVIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2019).
- *Understanding the correlation between teacher and student behavior in the classroom and its consequent academic performance* no Frontiers in Education Conference (FIE 2019).
- *Understanding the correlation between teacher and student behavior in the classroom and its consequent academic performance* na 11^a International Conference On Computer Supported Education (CSEDU 2019).
- *Conversational agents for the elderly, the Guardian platform* no Computer On The Beach 2020.
- *Conversational agents for the elderly, the Guardian platform* no Computer On The Beach 2019.
- *Conversational agents for the elderly, the Guardian platform* no XVIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2019).
- *On the Adoption of Empirical Methods in the Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems* no Journal On Interactive Systems (JIS) - SBC Open Lib (SOL)

REFERÊNCIAS

- ABBAD, G. da S. Educação a distância: o estado da arte e o futuro necessário. **Revista do Serviço Público**, v. 58, n. 3, p. 351–374, 2007.
- ACESSIBILIDADE, N. T. B. de. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. **Rio de Janeiro**, 2004.
- AL-ZUBAIDE, H.; ISSA, A. A. Ontbot: Ontology based chatbot. In: IEEE. **International Symposium on Innovations in Information and Communications Technology**. [S.l.], 2011. p. 7–12.
- ALMEIDA, M. E. B. de. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e pesquisa**, SciELO Brasil, v. 29, n. 2, p. 327–340, 2003.
- ANDRADE, F. W. G. d. **Mineração de textos: identificando tendências no mercado de ações por meio dos sentimentos extraídos de notícias publicadas na internet**. Tese (Doutorado) — Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento, 2018.
- APARICIO, M.; BACAO, F. E-learning concept trends. In: ACM. **Proceedings of the 2013 International Conference on Information Systems and Design of Communication**. [S.l.], 2013. p. 81–86.
- BADA, E. M.; MENEZES, C. Uma proposta para extração de perguntas e respostas de textos. **ANAIS TISE, Santiago de Chile**, 2012.
- BARBOSA, S.; SILVA, B. **Interação humano-computador**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010.
- BARKER, P. On being an online tutor. **Innovations in Education and Teaching International**, Taylor & Francis, v. 39, n. 1, p. 3–13, 2002.
- BERNATH, U.; RUBIN, E. Professional development in distance education—a successful experiment and future directions. **Innovations in open & distance learning, successful development of online and web-based learning**, p. 213–223, 2001.
- BIRD, S.; KLEIN, E.; LOPER, E. **Natural language processing with Python: analyzing text with the natural language toolkit**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2009.
- BROWN, G.; BROWN, G. D.; BROWN, G. R.; GILLIAN, B.; YULE, G. **Discourse analysis**. [S.l.]: Cambridge university press, 1983.
- BURNHAM, J. F. Scopus database: a review. **Biomedical digital libraries**, BioMed Central, v. 3, n. 1, p. 1, 2006.
- CAMBRIA, E.; WHITE, B. Jumping nlp curves: A review of natural language processing research. **IEEE Computational intelligence magazine**, IEEE, v. 9, n. 2, p. 48–57, 2014.
- CHEEPEN, C. **The predictability of informal conversation**. [S.l.]: Pinter Pub Ltd, 1988.

CLANCY, S.; BAYER, S.; KOZIEROK, R. **Active Learning with a Human In The Loop**. [S.l.], 2012.

CLARK, H. H. **Arenas of language use**. [S.l.]: University of Chicago Press, 1992.

CLARK, L.; PANTIDI, N.; COONEY, O.; DOYLE, P.; GARAIALDE, D.; EDWARDS, J.; SPILLANE, B.; GILMARTIN, E.; MURAD, C.; MUNTEANU, C. et al. What makes a good conversation? challenges in designing truly conversational agents. In: **Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–12.

CONATI, C. Intelligent tutoring systems: new challenges and directions. In: **Twenty-First International Joint Conference on Artificial Intelligence**. [S.l.: s.n.], 2009.

DENIS, B.; WATLAND, P.; PIROTTE, S.; VERDAY, N. Roles and competencies of the e-tutor. In: **Networked learning 2004: A research based conference on networked learning and lifelong learning: Proceedings of the fourth international conference, Lancaster**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 150–157.

DIALOGFLOW. **Build natural and rich conversational experiences**. 2019. <<https://dialogflow.com>>.

EGGINS, S.; SLADE, D. **Analysing casual conversation**. [S.l.]: Equinox Publishing Ltd., 2005.

EMPLOYABILITY, A. It education strategies for the deaf. 2016.

ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research. 01 1987.

FOX, S.; MACKEOGH, K. Can eLearning promote higher-order learning without tutor overload? **Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning**, Informa UK Limited, v. 18, n. 2, p. 121–134, jun. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02680510307410>>.

FRIGO, L. B.; POZZEBON, E.; BITTENCOURT, G. O papel dos agentes inteligentes nos sistemas tutores inteligentes. In: SN. **World Congress on Engineering and Technology Education**. [S.l.], 2004. p. 86.

GALITSKY, B. Semantic skeleton thesauri for question answering bots. In: **Developing Enterprise Chatbots**. [S.l.]: Springer, 2019. p. 163–175.

GAVIDIA, J. J. Z.; ANDRADE, L. C. V. d. Sistemas tutores inteligentes. **Trabalho de Conclusão da Disciplina de IA, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro–RJ: UFRJ**, 2003.

HARZING, A.-W.; ALAKANGAS, S. Google scholar, scopus and the web of science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. **Scientometrics**, Springer, v. 106, n. 2, p. 787–804, 2016.

HASAN, H. Being practical with theory: a window into business research. 2013.

HERPICH, F.; NUNES, F. B.; VOSS, G. B.; MEDINA, R. D. Three-dimensional virtual environment and npc: A perspective about intelligent agents ubiquitous. In: **Handbook of Research on 3-D Virtual Environments and Hypermedia for Ubiquitous Learning**. [S.l.]: IGI Global, 2016. p. 510–536.

HOBERT, S.; WOLFF, R. Meyer von. Say hello to your new automated tutor—a structured literature review on pedagogical conversational agents. 2019.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial Intelligence In Education: Promises and Implications for Teaching and Learning**. [S.l.]: Center for Curriculum Redesign, 2019.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Citeseer, 2007.

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, O. P. Using mapping studies as the basis for further research—a participant-observer case study. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 53, n. 6, p. 638–651, 2011.

KONZEN, A. A.; OLIVEIRA, O. L. B. de; KIST, L. S.; ANJOS, A. R. dos; MORAES, L.; FREITAS, C. I. L.; MÜLLER, D. N.; AXT, M. Maga vitta—agente conversacional aplicado ao jogo educacional cittä. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2012. v. 1, n. 1.

KURNIAWAN, S. **Interaction design: Beyond human–computer interaction by Preece, Sharp and Rogers (2001), ISBN 0471492787**. [S.l.]: Springer, 2004.

LENTELL, H. The importance of the tutor in open and distance learning. In: **Rethinking learner support in distance education**. [S.l.]: Routledge, 2004. p. 76–88.

LEONTJEV, A. N. Problems of the development of the mind. Progress, 1981.

LIMA, D. R.; ROSATELLI, M. C. Um sistema tutor inteligente para um ambiente virtual de ensino aprendizagem. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. [S.l.: s.n.], 2003. v. 1, n. 1, p. 9–9.

MACIEL, I. M. Educação a distância. ambiente virtual: construindo significados. **Boletim Técnico do SENAC**, v. 28, n. 3, p. 38–45, 2018.

MANZINI, E. J. Inclusão e acessibilidade. **Revista da Sobama**, v. 10, n. 1, p. 31–36, 2005.

MCLEOD, S. Zone of proximal development. **Simply psychology**, 2010.

MCNEILL, D. **Gesture and thought**. [S.l.]: University of Chicago press, 2008.

MCPHERSON, M.; NUNES, M. B. The role of tutors as a integral part of online learning support. **European Journal of Open, Distance and E-learning**, v. 7, n. 1, 2004.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. d. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & contexto enfermagem**, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.

NASCIMENTO, M. D.; QUEIROZ, B.; GUIMARAES, M.; SILVA, L. C.; SOARES, E.; OLIVEIRA, F.; RIBEIRO, D.; FERREIRA, C. Aprendizado acessível. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 6, n. 1, p. 110.

NIELSEN, J.; NORMAN, D. Turn user goals into task scenarios for usability testing. **Nielsen Norman Group**, 2014.

NISHTAR, F.; RAHMAN, A. A. A framework for implementation of a web-based learning management system. In: CITESEER. **Proceedings of the Postgraduate Annual Research Seminar**. [S.l.], 2006. p. 234–236.

PAI, M.; MCCULLOCH, M.; GORMAN, J. D.; PAI, N.; ENANORIA, W.; KENNEDY, G.; THARYAN, P.; COLFORD, J. J. Systematic reviews and meta-analyses: an illustrated, step-by-step guide. **The National medical journal of India**, v. 17, n. 2, p. 86–95, 2004.

PALOMINO, C. E. G.; SILVEIRA, R. A.; NAKAYAMA, M. K. An intelligent lms model based on intelligent tutoring systems. In: SPRINGER. **International Conference on Intelligent Tutoring Systems**. [S.l.], 2014. p. 567–574.

PEREIRA, A. T. C.; SCHMITT, V.; DIAS, M. Ambientes virtuais de aprendizagem. **AVA- Ambientes Virtuais de Aprendizagem em Diferentes Contextos**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, p. 4–22, 2007.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: **Ease**. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77.

QUEK, F.; OLIVEIRA, F. Enabling the blind to see gestures. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, ACM New York, NY, USA, v. 20, n. 1, p. 1–32, 2013.

RODRIGUES, J. J.; JOÃO, P. F.; VAIDYA, B. Edututor: An intelligent tutor system for a learning management system. In: **Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer-Aided Instruction: Emerging Studies**. [S.l.]: IGI Global, 2012. p. 49–63.

ROSATELLI, M. C. Novas tendências da pesquisa em inteligência artificial na educação. **VIII Escola de Informática da SBC Sul**, p. 179–210, 2000.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. Inteligência artificial. 2ª. edição. **Rio de Janeiro: Campus**, 2004.

SANTOS, C. T. dos; DAHMER, A.; FROZZA, R.; GASPARY, L. P. Dóris-um agente de acompanhamento pedagógico em sistemas tutores inteligentes. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2001. v. 1, n. 1, p. 97–105.

SCHNEIDER, K. P. **Small talk: Analyzing phatic discourse**. [S.l.]: Hitzeroth, 1988. v. 1.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, JSTOR, v. 52, n. 3/4, p. 591–611, 1965.

SIMPSON, O.; SHARMA, R. C. Book review-supporting students in open and distance learning. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, v. 3, n. 3, 2002.

TOBER, M. Pubmed, sciencedirect, scopus or google scholar—which is the best search engine for an effective literature research in laser medicine? **Medical Laser Application**, Elsevier, v. 26, n. 3, p. 139–144, 2011.

TURBAN, E.; LEIDNER, D.; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da Informação para Gestão-: Transformando os Negócios na Economia Digital**. [S.l.]: Bookman, 2010.

URSI, E. S.; GAVÃO, C. M. Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Universidade de São Paulo, v. 14, n. 1, p. 124–131, 2006.

VERDÚ, E.; REGUERAS, L. M.; VERDÚ, M. J.; CASTRO, J. de; KOHEN-VACS, D.; GAL, E.; RONEN, M. Intelligent tutoring interface for technology enhanced learning in a course of computer network design. In: IEEE. **2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings**. [S.l.], 2014. p. 1–7.

WIAK, S.; JESKE, D.; KRASUSKI, M.; STRYJEK, R. Distance examination with computer aided analysis—e-matura platform. In: SPRINGER. **International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing**. [S.l.], 2012. p. 625–633.

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. In: **Breakthroughs in statistics**. [S.l.]: Springer, 1992. p. 196–202.

WOHLIN, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: CITESEER. **Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering**. [S.l.], 2014. p. 38.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; NETO, P. A. d. M. S.; ENGSTRÖM, E.; MACHADO, I. do C.; ALMEIDA, E. S. D. On the reliability of mapping studies in software engineering. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 86, n. 10, p. 2594–2610, 2013.

YOUNG, T.; HAZARIKA, D.; PORIA, S.; CAMBRIA, E. Recent trends in deep learning based natural language processing. **IEEE Computational Intelligence Magazine**, IEEE, v. 13, n. 3, p. 55–75, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Ética Livre e Esclarecido

Eu (**Nome do Participante**) estou participando de uma pesquisa sob supervisão do Mestrando em Ciência da Computação Adson Roberto Pontes Damasceno, cujo objetivo é a validação de uma sistema tutorial inteligente (STUART) para plataforma *Dell Accessible Learning*. Minha participação envolve participar de um teste de usabilidade da ferramenta proposta. Autorizo participar do experimento e que a interação seja gravada para permitir análise dos dados.

A minha participação nesse estudo é voluntária e posso decidir não participar ou se quiser desistir de continuar em qualquer momento, tenho absoluta liberdade de fazê-lo. Na publicação dos resultados desta pesquisa, minha identidade será mantida no mais rigoroso sigilo. Serão omitidas todas as informações que permitam me identificar. Mesmo não tendo benefícios diretos em participar, indiretamente estarei contribuindo para a compreensão do fenômeno estudado e para a produção de conhecimento científico. Consinto em participar deste estudo e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.

Atenciosamente,

Assinatura do Participante

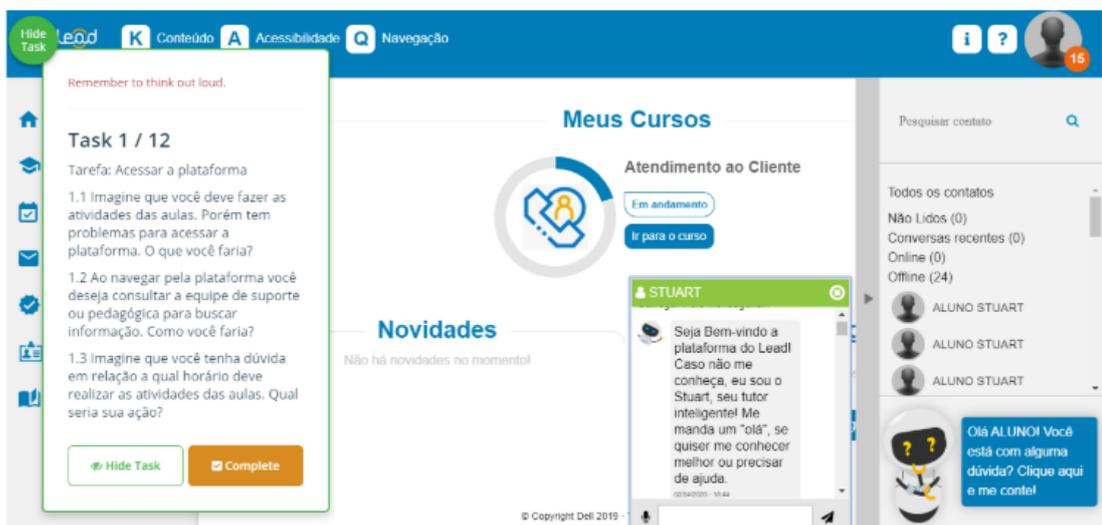
Assinatura do Pesquisador

Local: _____

Data: _____

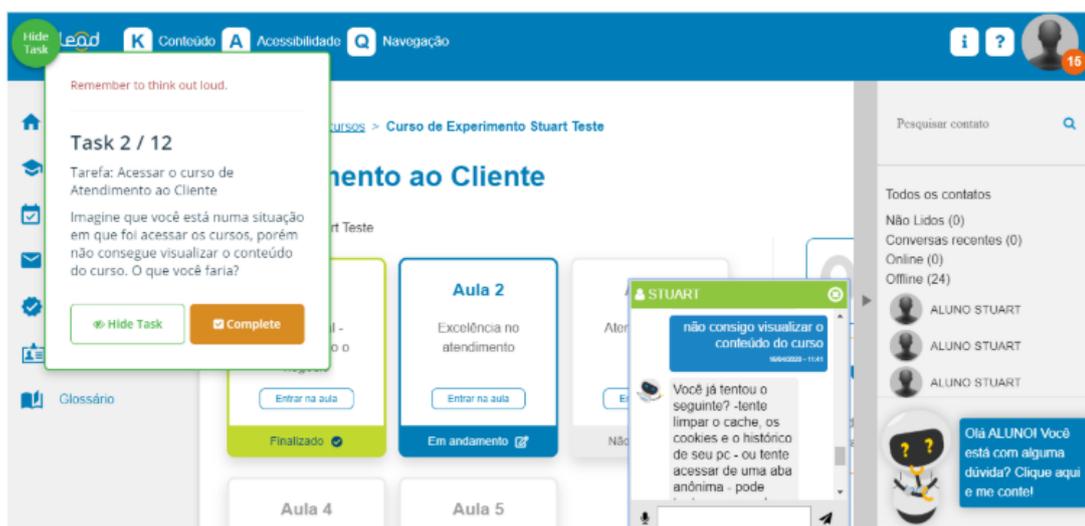
APÊNDICE B – Tarefas do experimento

Figura 30 – Ambiente com STUART dando boas vindas ao aluno



Fonte – Elaborado pelo autor

Figura 31 – STUART sanando dúvida do aluno



Fonte – Elaborado pelo autor

APÊNDICE C – Relato de experiência

Qual sua opinião a respeito da influência do STUART em seu aprendizado?

Você tem sugestões/críticas/elogios?

Na sua experiência de interação nesse experimento, qual sua preferência de atendimento?

STUART

Tutor humano

Fonte – Elaborado pelo autor

APÊNDICE D – Depoimentos dos participantes

Com relação a influência do STUART em seu aprendizado

“[...] Facilitou a utilização do site de maneira geral, me orientando e tirando dúvidas a respeito do funcionamento da plataforma e também do conteúdo das vídeo aulas, do contrário não teria um experiência positiva, pois em sites de educação a distância as dúvidas e questionamentos são frequentes, tornando assim o STUART uma ferramenta de total importância.”

Participante 7, sexo masculino, 20 a 30 anos, superior completo, pouca experiência em chat

“[...] Ele auxiliou a tirar as dúvidas com maior agilidade e rapidez.”

Participante 1, sexo feminino, 20 a 30 anos, pós-graduação, pouca experiência em chat

“[...] Uma ótima influência no processo de aprendizado.”

Participante 3, sexo masculino, 41 a 50 anos, superior completo, muito boa experiência intermediária em chat

“[...] Excelente ferramenta de suporte ao aluno. Rápido e preciso nas respostas que são passadas de forma clara e objetiva. Assim poupando o tempo do tutor em responder perguntas de suporte e agilizando o tempo de resposta para o aluno.”

Participante 8, sexo feminino, 31 a 40 anos, pós-graduação, muito boa experiência em chat

Com relação a sugestões, críticas e elogios

“[...] Excelente melhoria na plataforma. Utilizar o STUART é muito fácil e rápido, te deixando "saudosos" ao utilizar novamente sem ele.”

Participante 8, sexo feminino, 31 a 40 anos, pós-graduação, muito boa experiência em chat

“[...] A ferramenta com certeza vai ser muito útil para auxiliar o aluno na obtenção de informações de maneira mais rápida e precisa.”

Participante 9, sexo feminino, 31 a 40 anos, pós-graduação, boa experiência em chat

“[...] Apresentar o STUART de forma mais intuitiva.”

Participante 14, sexo masculino, 20 a 30 anos, ensino superior completo, experiência intermediária em chat

ANEXOS

ANEXO A – SUS

1. Eu gostaria de usar o STUART com frequência.
2. O STUART é desnecessariamente complexo.
3. O STUART foi fácil de usar.
4. Eu acho que eu iria precisar de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usar O STUART.
5. As diversas funções do STUART são bem integradas.
6. Existem muitas coisas despadronizadas no STUART.
7. Muitas pessoas aprenderiam usar rapidamente o STUART.
8. O STUART é muito complicado de usar.
9. Eu me senti muito confiante com o STUART.
10. É preciso aprender muitas coisas antes de usar o STUART.

ANEXO B – SUS - Deficiente Visual

1. Eu gostaria de usar esse chat com STUART com frequência.
2. O chat com STUART é desnecessariamente complexo.
3. O chat com STUART foi fácil de usar.
4. Eu acho que eu iria precisar de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usar o chat com STUART.
5. As diversas funções do chat com STUART são bem integradas.
6. Existem muitas coisas despadronizadas no chat com STUART.
7. Muitas pessoas aprenderiam usar rapidamente o chat com STUART.
8. O chat com STUART é muito complicado de usar.
9. Eu me senti muito confiante com chat com o STUART.
10. É preciso aprender muitas coisas antes de usar o chat com STUART.

ANEXO C – SUS - Deficiente Auditivo

1. Eu gostaria de usar o STUART com frequência.
2. Eu achei o STUART complexo.
3. Eu achei o STUART fácil de interagir.
4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o STUART.
5. Eu acho que as várias funções do STUART estão muito bem integradas.
6. Eu acho que o STUART apresenta muita inconsistência.
7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como interagir com o STUART rapidamente.
8. Eu achei os vídeos de Libras do STUART atrapalhados de visualizar.
9. 9. Eu me senti confiante com os feedbacks do STUART em vídeos de Libras.
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o STUART.

ANEXO D – SUS - Deficiente Baixa Visão

1. Eu gostaria de usar o STUART com frequência.
2. Eu achei o STUART complexo.
3. Eu achei o STUART fácil de interagir.
4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o STUART.
5. Eu acho que as várias funções do STUART estão muito bem integradas.
6. Eu acho que o STUART apresenta muita inconsistência.
7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como interagir com o STUART rapidamente.
8. Eu achei as cores do Alto contraste do chat desconfortáveis de visualizar.
9. Eu me senti confiante com as notificações visuais.
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o STUART.