

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CURSO BACHARELADO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO

Natalia Maldaner

**Computação afetiva aplicada à educação: uma proposta ao Sistema Tutor
Inteligente MAZK**

ARARANGUÁ

2019

Natalia Maldaner

**Computação afetiva aplicada à educação: uma proposta ao Sistema Tutor
Inteligente MAZK**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, do Centro de Tecnologias, Ciência e Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Tecnologias De Informação e Comunicação.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Eliane Pozzebon

Araranguá

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Maldaner, Natalia

Computação afetiva aplicada à educação : uma proposta ao
Sistema Tutor Inteligente MAZK / Natalia Maldaner ;
orientadora, Eliane Pozzebon, 2019.
70 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação,
Araranguá, 2019.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2.
Tecnologias educacionais. 3. Computação Afetiva. 4. Tutores
Inteligentes. 5. MAZK. I. Pozzebon, Eliane. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

Natalia Maldaner

Computação afetiva aplicada à educação: uma proposta ao Sistema Tutor Inteligente MAZK

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Bacharel em Tecnologias da Informação e Comunicação" e aprovado em sua forma final pelo Curso Tecnologias da Informação e Comunicação

Araranguá, 27 de novembro de 2019.

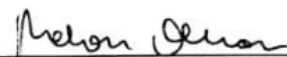


Prof. Vilson Gruber, Dr.
Coordenador do Curso


Banca Examinadora:



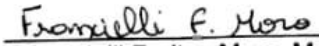
Prof.ª Eliane Pezzebom, Dr.ª
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Marlon de Matos de Oliveira, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Tatiana Nilson dos Santos, Mr.ª
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Francielli Freitas Moro, Mr.ª
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais e minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Neoli Land Maldaner e João Alfredo Maldaner, que não mediram esforços em doarem-se para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar nesta universidade. Também agradeço a minha irmã Gabriela Maldaner, meu primeiro exemplo a ser seguido. Sem eles, nada disso seria possível.

Também gostaria de agradecer à minha orientadora Eliane Pozzebon, que com todo seu conhecimento me guiou durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Presto também meus agradecimentos a banca avaliadora, Marlon de Matos Oliveira, Tatiana Nilson dos Santos e Francielli Freitas Moro, que se dedicaram a avaliar e tecer críticas visando aprimorar o que aqui foi desenvolvido.

Por fim, agradeço aos meus amigos que me acompanharam durante toda minha trajetória acadêmica, deixando mais leves mesmo os momentos mais difíceis. Em especial, a Arthur Oliveira da Silva e Amanda Vasconcellos, que durante mais de três anos dividiram comigo um lar.

Os seres humanos evoluíram para perguntar sobre si mesmos, que compreender é uma alegria, que conhecimento é um pré-requisito para sobreviver.

(Ayn Rand)

RESUMO

A Inteligência Artificial está inserindo-se no ambiente educacional de forma acelerada, e com isso, culminando em tecnologias facilitadoras, como é o caso dos sistemas tutores inteligentes. Paralelamente, teorias sugerem que a afetividade do comportamento humano possui ligação com o processo cognitivo, e com isso, torna-se fundamentalmente importante conciliarmos as emoções com o processo de aprendizagem no ambiente educacional. Os professores são capazes de usar-se da empatia para compreender estados emocionais do aluno e intervir quando necessário, contudo, ao considerarmos tutores inteligentes, ainda enfrentam-se desafios. Tendo em vista isso, a Computação Afetiva é a área de estudo que se dedica a encontrar mecanismos para inferir emoções em máquinas, e neste trabalho, o objetivo é realizar um estudo a partir dela, visando elaborar uma proposta para dotar o Sistema Tutor Inteligente MAZK de capacidades afetivas. Para tanto, a abordagem metodológica utilizada deu-se através da pesquisa qualitativa e exploratória. A partir disso, observou-se que é possível inserir um módulo reconhecimento afetivo no MAZK, e permitir que o sistema intervenha de maneira empática em situações que sugerem que o aluno está desmotivado e com maiores dificuldades, ao passo que fornece feedbacks positivos aos alunos com bom desempenho. Este reconhecimento é possível utilizando-se de técnicas como análise de expressões faciais, comportamento observável e análise avaliativa.

Palavras-chave: Computação Afetiva. Sistema Tutores Inteligentes. MAZK. Tecnologias Educacionais

ABSTRACT

Artificial Intelligence is entering the educational environment in an accelerated way, culminating in enabling technologies, such as intelligent tutoring systems. At the same time, theories suggest that the affectivity of human behavior is linked to the cognitive process, and with this, it becomes fundamentally important to reconcile emotions with the learning process in the educational environment. Teachers are able to use empathy to understand the emotional state of the students and intervene when necessary, however when considering intelligent tutors, challenges still face. Given this, Affective Computing is the area of study that is dedicated to finding mechanisms to infer emotions in machines, and in this work, the objective is to conduct a study from it, aiming to develop a proposal to provide the MAZK Intelligent Tutor System of affective capacities. Therefore, in this work the methodological approach used was through qualitative and exploratory research. Thus, it was observed that it is possible to insert an affective recognition module into MAZK, and allow the system to intervene empathically in situations that suggest that the student is unmotivated and in greater difficulty, while providing positive feedback to students with good performance. This recognition is possible using techniques such as facial expression analysis, observable behavior and evaluative analysis

Keywords: Affective Computing. Intelligent Tutoring Systems. Education. ITS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura tradicional de um STI.....	25
Figura 2 - Tela inicial do MAZK	27
Figura 3 - Tela inicial do usuário professor	28
Figura 4 - Tela inicial de uma sala de aula no MAZK.....	29
Figura 5 - Representação da arquitetura MAZK.....	30
Figura 6 - Dados faciais por mapeamento de pontos	39
Figura 7 - Demonstração de software de reconhecimento facial	40
Figura 8 - Representação de um framework de junção de análise de expressão facial e de voz.....	43
Figura 9 - Pulseira de condutância	45
Figura 10 - Interface de ferramenta para aprendizado de algoritmos	47
Figura 11 - Interface do AnimA.....	48
Figura 12 - Modelo de inferência de estados afetivos.....	51
Figura 13 - Representação de algumas das informações relativas ao comportamento observável.....	54
Figura 14 - Representação de escala SAM.....	56
Figura 15 - Termos afetivos-cognitivos	58
Figura 16 - Combinações de indicadores afetivos-cognitivos	59
Figura 17 - Ciclo de relacionamento do aprendiz com o processo de inferência da afetividade	62
Figura 18 - Arquitetura proposta.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Casos de interferência	60
Quadro 2 Respostas do agente aos sentimentos do aluno.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMM *Active Appearance Model*

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem

CAI Sistemas de Instrução Assistida por Computador

CTS Centro Ciência Tecnologia e Saúde

EAD Educação a Distância

FACS Sistema de Codificação de Ação Facial

IA Inteligência Artificial

IAED Inteligência Artificial na Educação

LabTeC Laboratório de Tecnologias Educacionais

STI Sistema de Tutor Inteligente

SVM *Support Vector Machine*

TIC Tecnologias da Informação e Comunicação

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	17
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA.....	18
1.3	OBJETIVOS.....	18
1.3.1	Objetivo Geral.....	18
1.3.2	Objetivos Específicos.....	18
1.4	METODOLOGIA	19
1.5	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	20
2	SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	22
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	22
2.1.1	Arquitetura dos STIs.....	24
2.2	TUTOR INTELIGENTE MAZK.....	26
2.2.1	Apresentação da plataforma	27
2.2.2	Arquitetura MAZK.....	30
2.2.3	Módulos do MAZK	31
3	A RELAÇÃO DA AFETIVIDADE NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM	
	33	
4	COMPUTAÇÃO AFETIVA.....	36
4.1	MÉTODOS PARA AQUISIÇÃO DE EXPRESSÕES AFETIVAS	38
4.1.1	Expressões faciais	38
4.1.2	Comportamento observável	41
4.1.3	Observação por especialistas.....	42
4.1.4	Análise linguística	42
4.1.5	Sinais fisiológicos	43
4.1.6	Método avaliativo.....	45

4.2	TRABALHOS REALIZADOS A PARTIR DE PERSPECTIVAS SEMELHANTES	46
4.2.1	Detecção de frustração do aluno na disciplina de algoritmos.....	46
4.2.2	Protótipo AnimA para o ambiente virtual ROODA.....	47
4.2.3	Estrutura multimodal para reconhecimento automático de emoções 49	
5	PROPOSTA.....	50
5.1	CAPTURA DE DADOS	51
5.1.1	Análise de expressões faciais.....	52
5.1.2	Análise comportamental.....	53
5.1.3	Metodologia avaliativa.....	54
5.2	ABSTRAÇÃO E ANÁLISE DE EMOÇÕES.....	57
5.3	INTERVENÇÕES DO TUTOR INTELIGENTE	59
5.4	MÓDULO DE RECONHECIMENTO AFETIVO	64
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	66
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) abrange diversas áreas da computação, incluindo-se a educação, onde seu potencial é desmedido.

A IA na Educação (IAED) caracteriza-se em termos pela tecnologia IA aplicada a educação, e agrega duas grandes áreas: a Ciência da Computação e a Ciências da Aprendizagem - uma área ainda pouco difundida no Brasil, que reúne diferentes campos do conhecimento, tais como psicologia, ciência cognitiva, antropologia, linguística, neurociência (entre outras). (CIEB, 2019).

Nessa perspectiva, a IAED tem por objetivo compreender de forma aprofundada como os processos de aprendizagem ocorrem, e estudar mecanismos tecnológicos nesta mesma linha (CIEB, 2019).

Em meio a este contexto, os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são casos reais de aplicação da IAED com o intuito de melhoria do ensino e aprendizagem, uma vez que são capazes de fornecer uma assistência individual especializada (JAQUES, 2019). Embora os STIs sejam atualmente muito eficientes, ainda precisa-se explorar outros campos que podem melhorar a experiência por parte dos alunos. Vários pesquisadores da área de IAED dirigem seus esforços a desenvolver tutores computacionais que sejam tão eficazes quanto tutores humanos (VANLEHN, 2011). Todavia, um dos entraves para que pesquisadores desenvolvam a tecnologia nesse aspecto, é a necessidade dos tutores inteligentes serem capazes de examinar sistematicamente o estado afetivo do aluno e suas relações com seu aprendizado, conforme apresentado por Picard (2009).

Nesse sentido, aborda-se o papel das emoções do estudante em seu processo de aprendizado, uma vez que as emoções do aluno estão diretamente associadas ao processo de aprendizagem dele (JAQUES, 2019). Segundo Bercht (2001) levar em conta as características do aluno de maneira a explorar os conteúdos, com comportamentos cada vez mais inteligentes, instigando-o no processo de aprender, tem sido uma das principais linhas de pesquisa na área.

Dessa forma, a preocupação com o estado afetivo do estudante mostrou-se fundamental para os sistemas de ensino, haja vista que os professores reconhecem o papel central da emoção na aprendizagem e como as perturbações emocionais podem interferir (WOOLF *et al.* 2009). Todavia, apesar desta vantagem, Elbeh (2012)

se atem ao fato de que nosso sistema educacional não nos prepara para lidar com situações de estresse e frustração causadas durante o processo de aprendizagem. Portanto, faz-se fundamentalmente importante estudar não tão somente estes aspectos de forma separada, mas também o modo como se relacionam. Segundo Picard (2000), estudantes aprendem menos se eles estão ansiosos, zangados ou deprimidos; estudantes nesses estados não aceitam a informação de maneira adequada.

Nesta linha, a área da computação que vem sendo responsável por estudos no que tange o desenvolvimento de reconhecimento de emoções humanas aplicadas a agentes inteligentes chama-se Computação Afetiva. Segundo Jaques, (2019), a Computação Afetiva trata-se de uma área multidisciplinar de pesquisa que investiga como dotar os computadores de várias características sociais, tais como reconhecer emoções e responder apropriadamente a elas, expressar emoções, mostrar empatia, identificar personalidade, entre outros.

Atualmente, os STIs que não abstraem as emoções dos alunos e as desconsideram em suas aplicações, enfrentam alguns problemas, como a evasão e falta de engajamento. Um dos fatores que levam a isso é a carência de presença social (cognitiva e de ensino), um importante agente na promoção da aprendizagem. Os alunos lamentam o fato de não terem suficiente assistência inteligente e individualizada e de se sentirem isolados, sem o contato social e humano que existe na educação presencial (GARRISON, 2007 apud JAQUES, 2019). Em conformidade com estes fatos, os pesquisadores interessados nos aspectos afetivos inseridos na IA aplicada à Educação, estão especialmente interessados em reconhecer emoções dos alunos e fazer uso destas na interação entre o sistema tutor e o estudante. Dessa forma, o STI torna-se apto a se adaptar à afetividade do estudante.

Mediante a isto, o presente trabalho apresenta estudos quanto a Computação Afetiva aplicada a educação, e empenha-se em formular uma proposta utilizando-se dessas tecnologias no Sistema Tutor Inteligente MAZK. O STI MAZK, que servirá como arcabouço para este trabalho, se define por um STI que tem por objetivo facilitar a obtenção de conhecimento por parte de seus usuários, estes, estudantes em geral (CANAL *et al.* 2017). Esta ferramenta é capaz de traçar o perfil do usuário, e dessa forma, sugerir materiais, analisar desempenho por cada área, e ainda, pontos fortes e fracos dos estudantes desafiando-os a se aprimorarem onde há necessidade.

Assim sendo, visando aperfeiçoar o STI MAZK, o presente trabalho apresenta um estudo sobre as tecnologias com a abordagem da Computação Afetiva, justificando-se sua importância conforme apresentado na seção seguinte.

1.1 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

Vygotsky afirma que há uma tênue linha que separa o desenvolvimento das emoções, das demais esferas do desenvolvimento psíquico do homem (VYGOTSKY apud TASSONI, 2011). A partir disso, o psicólogo Vygotsky estabelece o conceito de mediação, onde o papel do outro num contexto de socialização é fundamental para o desenvolvimento humano.

Em meio a isso, considera-se o papel do professor em sala de aula como um mediador nesta interação social que confere o sistema de ensino. Nesta ação mediadora, inevitavelmente o aluno entra em contato com o modo de agir e pensar em relação a situação de aprendizagem. A esta dinâmica, é atribuída uma atitude afetiva (VYGOTSKY apud TASSONI, 2015).

Enfatizando-se a esta ideia de mediação, Tassoni (2000), aponta para o fato de que a relação aluno-professor é uma troca, não existindo ações isoladas. A autora explica que, uma vez que a sala de aula pressupõe que todos podem levantar ideias, formular hipóteses e trocar experiências, é inevitável que se forme um ambiente onde o conhecimento é expresso de forma conjunta e não unilateral. Logo, essas trocas de experiências, naturalmente conferem-se em interações sociais que não podem estar despidas de emoções.

Esse tipo de relação aluno/professor, é facilmente percebida no sistema tradicional de ensino, uma vez que a interação humana é latente. Contudo, em meio a uma era tecnológica em que vivemos novos modos de acesso à informação, onde esses meios educacionais aos poucos estão se assumindo em outras formas - como afere-se empiricamente com os STIs por exemplo, essa relação já não é tão evidente quanto.

Com isso, ao salientar-se a relevância da afetividade em termos educacionais, e as mudanças em nossas relações cotidianas e formas de ensino, é preciso inquirir sobre os aspectos dos tutores inteligentes neste campo, e até onde os mesmos estão

preparados para incorporar estas teorias. Dito isso, ressalta-se que os tutores em sua maioria ainda não conseguem alcançar o grau de efetividade dos professores reais, em relação à capacidade de se utilizar da empatia e expressões de sentimentos humanos para auxiliar os estudantes. Desse modo computação afetiva pode contribuir para contornar essa situação e por conseguinte, impactar no aprendizado dos estudantes.

Em meio a isso, tomando-se como enfoque o STI MAZK, têm-se que o mesmo é atualmente utilizado no ensino fundamental, médio e universitário. Com os estudos desenvolvidos neste trabalho na área IAED com enfoque na Computação Afetiva, espera-se que se possa descobrir meios para aprimorar a experiência desses estudantes contornando a circunstância exposta, coadunando com os métodos atuais, e servindo como modelo para sistemas posteriores, conforme demonstrado em estudos identificados na revisão bibliográfica.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Essa pesquisa visa responder a seguinte pergunta: **Como pode-se aprimorar o aprendizado de um estudante no STI MAZK?**

1.3 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é formular uma proposta de aplicação ao STI MAZK utilizando-se de métodos de computação afetiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

Abaixo, descreve-se os objetivos específicos deste trabalho:

- Compreender o funcionamento e objetivos de um tutor inteligente;

- Revisar a literatura relativa a Computação Afetiva que podem auxiliar na compreensão do tema e servir como base para proposta deste trabalho;
- Apresentar e compreender a relevância da afetividade do ser humano em seu processo de ensino-aprendizagem;
- Elaborar uma proposta ao sistema de tutor inteligente MAZK, utilizando-se de IA e Computação Afetiva

1.4 METODOLOGIA

De acordo com Gil (1999), uma pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático, visando encontrar respostas aos problemas propostos. Sobre a ótica de Oliveira (2011) apud Bittencourt (2018), conhecimento científico se diferencia do senso comum na medida em que é estruturado rigorosamente possuindo uma metodologia racional. Dessa forma, entende-se a necessidade de um método científico para esta pesquisa acadêmica.

Com este entendimento, esta seção aborda os métodos científicos adotados para esta pesquisa, em que sua terminologia e conceitos são baseados em Silva e Menezes (2005) e Gil (1991).

Do ponto de vista da abordagem do problema, uma pesquisa pode ser classificada, de acordo com Silva e Menezes (2005), como quantitativa ou qualitativa. Nesta pesquisa, a mesma enquadra-se como qualitativa, uma vez que é descritiva e não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas.

No que concerne seus objetivos, Gil (1999) classifica a pesquisa em três grandes grupos: i) pesquisa exploratória; ii) pesquisa descritiva e iii) pesquisa explicativa. Dado que o presente trabalho trata-se de um estudo acerca do uso da computação afetiva para aprimorar o aprendizado dos estudantes do Sistema Tutor Inteligente MAZK, o mesmo configura-se como uma pesquisa exploratória. Isto porque a Pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito, sendo fundamental o aprimoramento de ideias. Seu planejamento constitui-se de forma bastante flexível, de modo a considerar os mais variados aspectos relativos ao tema. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem levantamento bibliográfico, entrevistas ou análise de exemplos.

Essa classificação por vias objetivas é muito valiosa, entretanto, para analisar os fatos do ponto de vista empírico, torna-se necessário traçar um modelo conceitual e operativo da pesquisa. Este modelo, conforme explica Gil (1991), é o que podemos chamar de delineamento - que se refere ao planejamento de pesquisa em sua forma mais ampla. Segundo o autor, o delineamento compreende o ambiente em que são coletados os dados e a forma como estes são tratados

Com efeito, têm-se dois grupos de delineamento: os que se valem das fontes de “papel”, e aqueles que são fornecidos por pessoas. Posto isso, esta pesquisa se enquadra no primeiro grupo, uma vez que se utiliza da pesquisa bibliográfica como metodologia. A pesquisa bibliográfica, segundo Gil (1991), é desenvolvida com base em materiais já elaborados, os quais se constituem principalmente de livros e artigos científicos. Dessa forma, este trabalho estabelece-se a partir de diversas posições acerca do problema elencado para pesquisa, a fim de constituir uma proposta embasada nestes.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

A presente pesquisa está organizada em 6 capítulos. No capítulo 1 encontra-se a introdução, a qual introduz os assuntos que serão abordados neste trabalho desde sua contextualização, passando pela justificativa, objetivos, metodologia utilizada e organização do documento.

Seguido da Introdução, no capítulo 2 há uma contextualização sobre Tutores Inteligentes, onde é possível verificar também sua arquitetura e módulos que o compõe, além de apresentar e explicar o STI MAZK. Imediatamente, no capítulo 3 discute-se o papel da afetividade na educação, teoria que fundamenta a necessidade de pesquisa. Em seguida no capítulo 4, aborda-se a Computação Afetiva. Ainda, neste mesmo, aborda-se as técnicas existentes para captura de dados no que concerne a afetividade do usuário do sistema, descrevendo-as e elencando-se trabalhos semelhantes nesta temática.

A proposta desenvolvida para o MAZK está presente no capítulo 5, abrangendo os passos fundamentais do estudo para implementação, bem como as técnicas escolhidas para tal. E, finalmente, o capítulo 6 constitui-se de uma breve

discussão no que tange as conclusões a respeito do trabalho desenvolvido e os possíveis trabalhos futuros a serem realizados.

2 SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

Neste capítulo será elaborado o conteúdo teórico que sustenta o conhecimento necessário em Sistemas Tutores Inteligentes para realização desta pesquisa. No tópico 2.1 são apresentados conceitos no que se refere a esta tecnologia, bem como sua arquitetura e módulos.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

É esperado que com o avanço das TICs no mundo todo, a forma como estamos inseridos e como trabalhamos com a educação, também seja alterada de acordo com novos contextos tecnológicos. Atestando-se a isso, os tutores inteligentes são uma abstração dessa mudança de contexto adaptada a essa nova realidade.

Surgidos no início da década de 70, os STIs chegam com a pretensão de superarem os sistemas tradicionais que existiam até então, denominados Sistemas de Instrução Assistida por Computador (CAI). Estes sistemas não conseguiam entender ou definir o equívoco dos alunos, e portanto, não eram capazes de se adaptarem, oferecendo sempre os mesmos materiais. Contudo, alunos com diferentes tipos de níveis de conhecimento e preferências exigem abordagens e instruções díspares, e dado isso, desperta-se necessidade de sistemas aperfeiçoados capazes de suprir este desígnio (PICCARD, 2012).

Conforme Silva (2019), os STIs estão crescendo exponencialmente, estando presentes nos principais cursos de Matemática, Física e Linguagens em inúmeras escolas. Dentre os fatores que contribuem para esta aceitação de forma geral, podemos elencar, como demonstra Silva (2019): i) melhora no desempenho dos alunos, ii) maior desenvolvimento cognitivo e por fim iii) diminuição do tempo para o aluno adquirir conhecimento e aprimorar suas habilidades.

Conceituando-se, dentre as diversas definições apresentadas por pesquisadores da área, na perspectiva de Pozzebon

[...] Um STI é um sistema computacional que faz o tutoramento de um aprendiz num dado conteúdo (conhecimento do domínio), como por exemplo matemática. O STI modela o entendimento do aprendiz sobre um tópico e à medida que ele realiza determinadas tarefas no sistema (ou seja, ele interage com o sistema realizando tarefas colocadas por este) compara o conhecimento do aprendiz com o modelo que ele tem de um especialista do domínio. Se existir uma diferença, o sistema pode usar o seu modelo de domínio para gerar uma explicação que vai auxiliar o aprendiz a

compreender o que ficou mal entendido ou solicitar a cooperação ou colaboração de outros aprendizes que utilizam o sistema. Além disso o sistema pode também ajustar os níveis e estilos de aprendizagem do aprendiz e apresentar a informação, os testes e o “feedback” que são mais apropriados. (POZZEBON, 2005, p. 180).

Conforme Piccard (2009) os STIs oferecem ensino individualizado, e podem demonstrar ganhos de aprendizado semelhantes ou até mesmo superiores ao fornecidos pelos tutores humanos. Dessa forma, para que um STI seja considerado inteligente, precisa demonstrar ter comportamento parecido ao de um ser humano, além de ser capaz de oferecer um ensino flexível, reativo, adaptativo e personalizado (SOUSA apud GIRAFFA; VICARI, 2002).

Os resultados positivos desses ambientes devem-se principalmente ao fato de que eles são capazes de evocar uma situação de aprendizagem de um aluno para um professor, compreendendo as habilidades do aluno, e dando *feedbacks* imediatos e personalizados de acordo com as respostas dadas, e assim, demonstrando resoluções de problemas quando os mesmos apresentarem dificuldade (JACQUES, ano).

Nesse entendimento, um STI tem por objetivo principal, ser capaz de proporcionar uma instrução adaptada ao aluno, superando os problemas cruciais dos softwares educacionais tradicionais (VICCARI, 1996). Isso é possível com a combinação interativa entre as instâncias aluno, assunto e processo pedagógico (RAABE apud BITTENCOURT, 2018). Nestes sistemas, ainda segundo Viccari (1996), o ensino é escorado sobre uma base de conhecimento relativa ao conteúdo ensinado, feita por um especialista do tema, onde a partir dele o sistema interage com o aluno como um tutor computadorizado.

De acordo Viccari (2012), os STIs adotam uma estratégia baseada na modelagem cognitiva do aluno, podendo dividir problemas em subproblemas. Isto cria um esquema de ensino que parte de um modelo real para um idealizado pelo tutor, sendo que o modelo real é aquilo que o aluno efetivamente sabe, e o ideal o que ele deveria saber. Esta estratégia abordada em Viccari, seguem os passos:

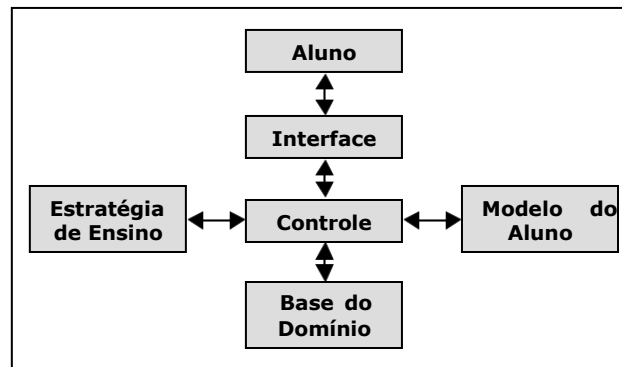
1. Apresentar o mesmo material instrucional em diferentes níveis de complexidade;
2. Apresentar o conteúdo de acordo com uma taxinomia;
3. Propor problemas a serem resolvidos;
4. Fornecer diagnósticos, mensagens, alertas, ajudas ao aluno durante sua interação com o tutor.

Os STIs, conforme elucida Vanlehn (2006), possuem dois loops: loop externo, e loop interno. O primeiro é executado uma vez para cada tarefa, e o segundo, uma vez para cada etapa executada em uma tarefa. O autor explica que, devido a isso, o loop externo consiste em resoluções de problemas complexos com várias etapas, enquanto que o loop interno pode fornecer dicas e feedbacks para cada etapa, além de avaliar competências e atualizar o módulo aluno que será utilizado posteriormente pelo loop externo para selecionar as próximas tarefas.

2.1.1 Arquitetura dos STIs

Tratando-se de arquitetura - a estrutura utilizada para construí-lo, segundo Viccari (1996), pode-se observar variações de acordo com a implementação do sistema, mas em geral, arquiteturas de STIs possuem uma base em comum. Piccard (2012) escreve que um STI possui três principais módulos, sendo eles: i) Módulo do domínio, onde contem-se todas as informações relativas às disciplinas disponíveis e assuntos correlacionados, ii) Módulo do aluno, onde encontra-se todos os dados sobre os alunos e ainda, iii) Módulo pedagógico, que armazena conhecimentos consonantes aos aspectos pedagógicos.

Piccard destaca ainda, que alguns autores adicionam um quarto módulo que opera como um Módulo de interface entre o aluno e STI, com é possível observar no modelo formulado por Raabe (2005), no qual um módulo controle combina as informações a interface é o meio de comunicação entre aluno e sistema.

Figura 1 - Arquitetura tradicional de um STI

Fonte: Raabe (2005)

Tendo em vista esta arquitetura básica, corrobora-se com Silva (2019), ao inferir-se que para o STI ser eficiente, “o mesmo precisa ser desenvolvido contendo módulos direcionados para abranger o que será ensinado, como esse conteúdo será ensinado e para quem.”

Nesta perspectiva, têm-se o módulo aluno - que se refere ao estudante/aprendiz, como o módulo que, segundo Raabe (2005), reúne todas as informações pertinentes em relação aos alunos. Estas, ainda segundo ele, que podem se dividir em estáticas (nome, idade, conhecimento inicial, etc.) ou dinâmicas (informações sobre o desempenho e estado cognitivo do aluno).

Como explica Viccari (1996), é neste módulo que se representa o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno em um determinado instante, e com efeito, é elementar para que o tutor possa inferir hipóteses quanto aos alunos.

No módulo domínio, que também pode ser chamado de especialista, compreende os conteúdos que serão passados aos aprendizes (SOUZA, 2019). Ou seja, em síntese, todo o conhecimento advindo do professor estará armazenado neste módulo.

Na base do domínio fica armazenado o conteúdo instrucional, organizado conforme o propósito da aprendizagem. Em um ambiente web, esse conteúdo pode ser formado por documentos hipertextos, imagens e animações acrescidas de atributos que possibilitam ao modelo do tutor tomar decisões referentes ao processo de acompanhamento do aluno (RAABE, 2005). Pozzebon (2008) enfatiza que neste módulo, o grande desafio é fornecer uma representação do seu domínio de forma rica o suficiente para englobar o nível desejado de compreensão.

Tratando-se do módulo pedagógico, segundo Raabe (2005), o mesmo diz respeito a quais ações o sistema deve tomar levando como base configurações específicas do modelo do aluno e do domínio. Raabe entende que este módulo se apoia nas crenças dos desenvolvedores quanto aos métodos pedagógicos a serem adotados. Sob esse ângulo, quanto os módulos pedagógicos em STIs, Pozzebon (2008) destaca:

Existem diversas abordagens pedagógicas empregadas em STIs, mas a maioria dos sistemas tendem a implementar somente uma estratégia pedagógica. Por isso, normalmente estes sistemas não possuem um rico repertório de estratégias de ensino a serem selecionadas. Esta deficiência existe, em parte, porque a maioria das pesquisas concentram-se nos problemas de representação de conhecimento e diagnósticos, ao invés de focar os processos pedagógicos envolvidos no ato de ensinar. (POZZEBON, 2008, p. 17).

O módulo controle é o responsável pela combinação de todas as informações contidas nos módulos supracitados acima. É ele quem trará o produto dos conteúdos institucionais adaptados aos estudantes por meio da interface.

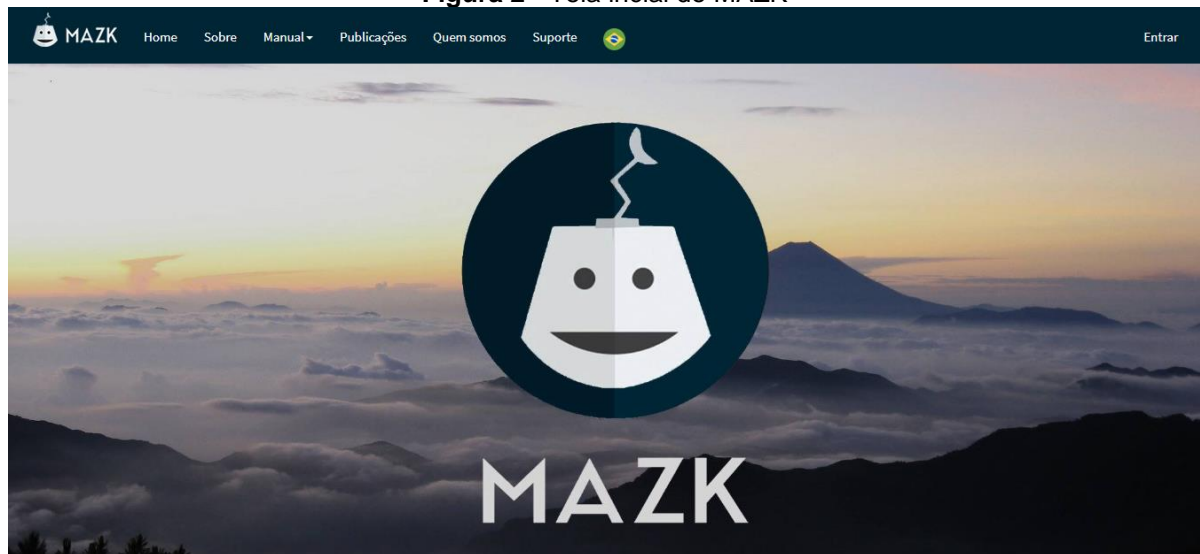
Por fim, temos a interface com o usuário, o nível mais alto do STI. Conforme Pozzebon (2008), é na interface que acontece o controle de entrada e saída entre o computador e o estudante. Neste módulo é onde acontecem todas interações entre o estudante e o sistema, e, portanto, a mesma deve ser intuitiva e de fácil compreensão. Quanto aos aspectos que devem receber atenção numa interface, Pozzebon (2008) destaca:

[...] a escolha de uma linguagem adequada de comunicação de informações (vindas tanto do sistema quanto do estudante); a escolha dos elementos de interface; a facilidade de uso; e a identificação do usuário. A grande variedade de formas e meios de apresentação existentes fazem com que a interface seja uma das vantagens de uso da computação aplicada ao ensino. Desde a Hipermídia e a Multimídia até a Realidade Virtual, existe uma grande gama de possibilidades de fazer interfaces ergonômicas, amigáveis, eficientes e atrativas para os estudantes (POZZEBON, 2008, p. 20).

2.2 TUTOR INTELIGENTE MAZK

O MAZK é um Sistema Tutor Inteligente (STI) que foi desenvolvido pelo Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, CTS, Campus Araranguá. O STI existe desde 2017, e em 2018 passou a ser divulgado em escolas localizadas na região sul de Santa Catarina (SILVA, 2019).

Figura 2 - Tela inicial do MAZK



Fonte: MAZK (2019)

O MAZK de modo geral, é um instrumento de apoio pedagógico para aproximar o docente das tecnologias educacionais, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e colaborando para melhor aproveitamento educacional. Outrossim o sistema proporciona um ambiente colaborativo e interativo de aprendizagem acerca de diversos temas.

2.2.1 Apresentação da plataforma

A plataforma de ensino MAZK é totalmente gratuita, e além disso, é acessível, uma vez que possui uma interface bastante intuitiva, facilitando a navegação de usuários independente de seu nível de conhecimento com a ferramenta.

Atestando-se a essa notável preocupação em ser acessível a diversos públicos de interesse, atualmente o ambiente além do português, está disponível em outras três línguas: inglês, espanhol e francês. Ademais, o MAZK conta ainda com manuais de uso detalhados, tutoriais dinâmicos e *chatbots* para auxílio a professores e coordenadores quanto às funcionalidades da plataforma.

Ao se cadastrar, pode-se criar contas para professores/coordenadores e estudantes, sendo que estes últimos têm acesso imediato ao conteúdo após o cadastro. Para os professores, visando maior segurança e credibilidade, o MAZK

preocupa-se em assegurar que a pessoa cadastrada é de fato docente antes de liberar acesso irrestrito às funcionalidades.

Uma vez cadastrados e autorizados, professores e/ou coordenadores podem efetuar diversos tipos de cadastros de conteúdos, como materiais de apoio, explicações, exemplos, perguntas e conteúdos multimídia, além de criar materiais e organizar salas de aulas virtuais. Cabe a eles também escolher entre deixar esses conteúdos de forma privada, ou pública, de forma que qualquer aluno possa acessá-los. No que se refere aos coordenadores, além de todas as ações permitidas aos professores, estes também pode cadastrar cursos e designar professores para lecionar nos mesmos (SILVA, 2019).

Ressalta-se ainda neste aspecto, um dos diferenciais mais notáveis do MAZK, que está na estrutura adaptativa e colaborativa frente ao STI. Isso acontece mediante a possibilidade de inserção de conteúdos públicos a todos os usuários, o que possibilita a interação e cooperação dos especialistas quanto aos métodos pedagógicos e conteúdos disponibilizados no sistema, e assim, ampliando-se a capacidade se atingir bons resultados e de o STI ser usado de forma escalar.

Figura 3 - Tela inicial do usuário professor

The screenshot shows the MAZK user interface for a teacher. The top navigation bar includes 'Tutorial', 'Manual', 'Projeto', 'Suporte', and the user's name 'Natalia'. A sidebar on the left lists menu items: Home, Tags, Explicações, Exemplos, Perguntas, Materiais, and Salas. The main content area is titled 'Home' and features three summary cards: 'Meus materiais' (1), 'Minhas salas' (1), and 'Perguntas para corrigir' (0). Below these are two tables.

Meus Materiais			
Título	Última Modificação	Editar	Excluir
Material Fuzzy Natalia e Robertson	26/06/2019 às 19:15h		

Minhas Salas			
Nome	Código	Usuários Ativos	Entrar
Sala Fuzzy NR	g54ojcqM	1	

At the bottom of the page, there is a footer with 'Copyright © 2014-2016 Almsaeed Studio, All rights reserved.', 'Version 3.9.0', and the MAZK logo.

Fonte: MAZK (2019)

É possível ainda criar salas separadamente apenas para avaliações, que podem por exemplo, conter questões objetivas e discursivas, sendo que, as questões objetivas podem ser corrigidas automaticamente, e as dissertativas ainda dependem de um professor para avaliação.

Para que os alunos tenham acesso a salas criadas pelo professor, é preciso que lhes seja fornecido um código que é gerado no momento de criação da sala. Estas salas possuem o recurso de chat, o qual permite a interação do aluno com seus colegas e professores, permitindo assim tirar dúvidas e fazer sugestões durante o estudo. Nesse sentido, o professor pode optar por apenas um chat ou vários chats por grupos, adaptando-se às necessidades de cada turma (SILVA, 2019).

Figura 4 - Tela inicial de uma sala de aula no MAZK

The screenshot shows the MAZK platform interface. On the left is a dark sidebar menu with options: 'Menu principal', 'Home', 'Materiais', 'Salas', 'Cursos', and 'Resumo de atividades'. The top navigation bar includes 'Tutorial', 'Manual', 'Projeto', 'Suporte', and a user profile for 'Natalia'. The main content area is titled 'Sala: Sala Fuzzy NR' and has tabs for 'Explicações' and 'Perguntas'. The lesson content is titled 'Lógica Fuzzy' and includes a sub-heading 'O que é e por quem foi criada:'. The text explains that fuzzy logic was introduced in 1965 by Lotfi Asker Zadeh. Below the text is a 3D surface plot with a color gradient from blue to red. Further text describes Zadeh's observation that many everyday rules could not be explained by Boolean logic. On the right side, there is a 'Status: Conectado' indicator, a 'Chat' area with a text input field, and a 'GRUPO 1' section with a table header '# Nome'.

Fonte: MAZK (2019)

Outro recurso extremamente pertinente que vale ser ressaltado, é o monitoramento de desempenho dos estudantes que a plataforma é capaz de fornecer. O agente recolhe dados dos alunos durante todo o processo de uso, e atualiza os resultados conforme sua evolução. Salienta-se que em seu desenvolvimento o MAZK utiliza-se de agentes inteligentes que identificam os níveis de conhecimento do estudante e suas maiores dificuldades, podendo ajustar os conteúdos disponibilizados automaticamente ao longo das interações do usuário.

Atrelado a isso, almejando melhorar ainda mais a experiência do professor, tornando os processos mais ágeis, é possível ainda gerar uma planilha eletrônica com o desempenho de todos os alunos registrados. (SILVA, 2019; BITTENCOURT, 2018). Com estes dados, o professor e/ou coordenador, consegue ter uma visão macro de todos os alunos contemplados com o uso do sistema, e assim, intervir onde julga necessário com maior precisão.

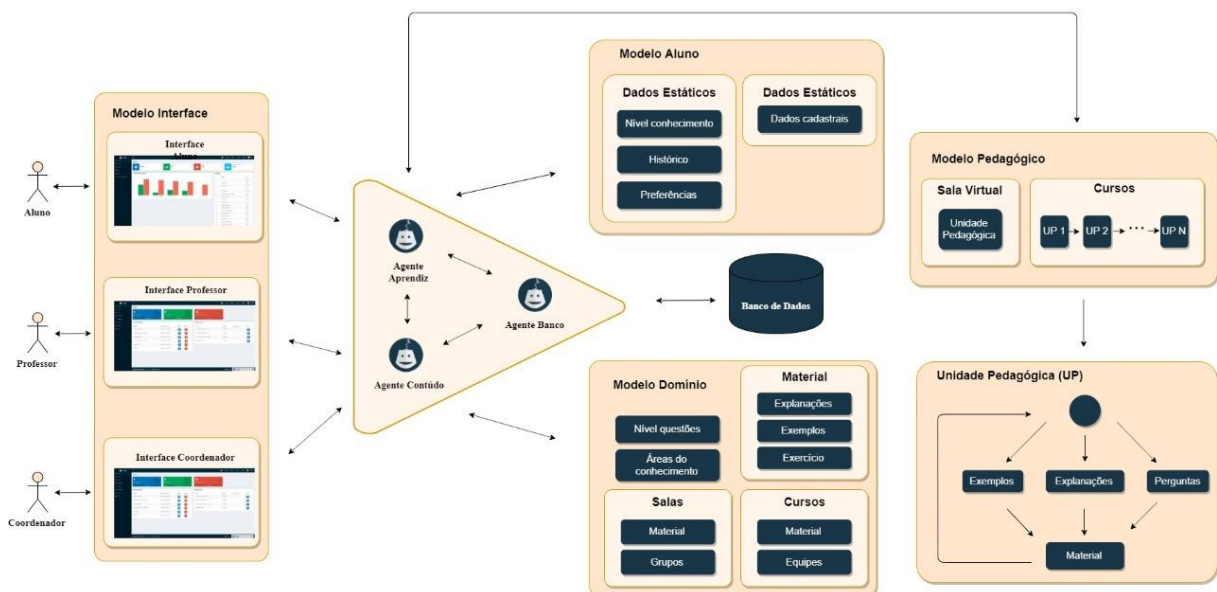
2.2.2 Arquitetura MAZK

Segundo Vidotto et al (2017), o sistema MAZK foi construído sobre uma arquitetura multiagente, tendo o objetivo de proporcionar uma relação colaborativa. Ainda segundo ele, o MAZK é naturalmente distribuído e utiliza técnica de Inteligência Artificial Distribuída¹ (IAD). Vidotto et al (2017) descreve que o STI foi construído com agentes inteligentes capazes de identificar os níveis de aprendizagem de cada usuário.

Os agentes cognitivos do Mazk têm como função realizar o acompanhamento da performance do aluno nos mais variados campos do conhecimento. Para fazer este acompanhamento, os agentes colhem informações das interações do usuário com o sistema a fim de atualizar o perfil do aluno, para que o sistema se adapte às necessidades de cada um. Estas informações colhidas levam em conta, além do acerto ou erro das questões, o grau de dificuldade e o conhecimento/experiência de seus respondentes. (VIDOTTO *et al.* 2017)

Os três agentes supracitados que sustentam sua arquitetura são: o aprendiz, o coordenador/professor e o banco. A figura 5 traz um modelo visual de como a arquitetura do MAZK se apresenta.

Figura 5 - Representação da arquitetura MAZK



¹ Refere-se a classes de sistemas que permitem vários processos autônomos, chamados agentes, realizarem atos de inteligência global.

Neste contexto, cada agente tem seu papel, conforme descrito a seguir, segundo Vidotto et al (2017):

1. O agente Aprendiz - o qual se refere aos estudantes do MAZK, envia internamente todas as informações relativas ao perfil e progresso do discente, tais como questões respondidas, dificuldades, entre outros.
2. O agente coordenador tem o papel de fazer o intermédio entre o aprendiz e o agente banco. Dessa forma, fica responsável por detectar quando um aprendiz é criado e repassar, em tempo de execução, todas as informações relativas a ele.
3. O papel do agente banco é o de analisar e tomar decisões com base nos conjunto de dados do módulos de conteúdo, pedagógico e aprendiz.

2.2.3 Módulos do MAZK

O MAZK está dividido em quatro módulos, sendo eles: i) módulo domínio; ii) módulo pedagógico; iii) módulo aprendiz e iv) módulo interface. Estes referem-se respectivamente ao módulo interessado no que fazer com o acesso aos dados, em como fazer isso de maneira mais adequada, para quem direcionar e o meio de interação para que isso aconteça.

Neste tutor, o módulo domínio é responsável por armazenar os conhecimentos tocantes aos conteúdos inseridos pelos professores/coordenadores. Dessa forma, tudo o que é cadastrado por eles - como explicações, questões, conteúdos hiperlinks, entre outros, fica guardado neste módulo.

Quanto ao que se refere às metodologias de ensino, o responsável por isso no MAZK é o módulo pedagógico. Nele, estarão as técnicas utilizadas pelos professores e coordenadores no que diz respeito a como ensinar, ou seja, é o responsável pela tutoria em si.

O módulo aprendiz no MAZK corresponde às informações relacionadas às características dos alunos, tais como os conteúdos acessados, o tempo dispendido nos conteúdos, interações, desempenho, dentre outras. Mediante isso, podemos afirmar que este módulo é quem permite que o sistema aprenda sobre cada estudante para assim guiá-lo, uma vez que compreende as diversas atividades individuais dos alunos.

Por fim, tratando-se do intermédio da comunicação entre o MAZK e seus usuários (administrador, professor, coordenador e aluno), o módulo responsável é o módulo interface. Bem como interfaces comuns, a interface do MAZK compreende as entradas e saídas de dados, sendo que, as entradas abrangem todos os dados digitados pelos alunos em suas resoluções, comentários, *login*, e demais interações, e os digitados pelos professores, como os conteúdos postados e demais interações.

3 A RELAÇÃO DA AFETIVIDADE NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Conforme pontuado por Tassoni (2011), as discussões sobre a afetividade e suas relações com os processos de ensino e aprendizagem vêm conquistando maior relevância no ambiente educacional. No entanto, um dos problemas no estudo da afetividade é a definição dos termos a ela relacionados. O desafio está em unir os conceitos utilizados nas diversas áreas de estudo dos fenômenos afetivos de forma a constituir e caracterizar em consenso as definições, deixando-as, mas sólidas e formalizadas na academia (LONGHI, 2007).

Existem diversas definições e conceitos alusivos à emoção e afetividade e que diferem-se conforme o enfoque do estudo, de quando, onde e da situação em que se está exposto (BERCH, 2001). Posto isso, o termo afetividade se apresenta na literatura sem uma definição concreta e definitiva, contudo, Berch a define da seguinte maneira: “todo o domínio das emoções propriamente ditas, dos sentimentos das emoções, das experiências sensíveis e, principalmente da capacidade em se poder entrar em contato com sensações”. Ainda neste segmento, alguns autores buscam lapidar melhor estas definições, como Piaget, Vigotsky, dentre outros.

Piaget define a afetividade como todos os movimentos mentais conscientes e inconscientes não-rationais (razão), sendo o afeto um elemento indiferenciado do domínio da afetividade. Afirma ele que o afeto (ou as emoções) é a energia necessária para o desenvolvimento cognitivo. (BERCH, 2001, p. 59)

Atestando-se a isso, nas duas últimas décadas, vem sendo desenvolvidas importantes pesquisas em Neurociência, Psicologia e Ciências Cognitivas, onde têm-se demonstrado como a afetividade está entrelaçada com a cognição humana. Dessa forma, pode-se dizer que a afetividade se constitui de forma imprescindível em tomadas de decisão, memorização e criatividade (LONGHI et al. 2007).

Considerando estas definições, é notório, segundo descreve Pinto (2004, p. 9), que “o conhecimento humano advém em parte pela ação do intelecto, mas está englobado pelas vivências afetivas do ser humano, possibilitando-o a experimentar uma porção de estados de ânimo, que influenciam expressivamente a sua condição humoral”. Ao encontro com estas ideias, Piccard (2000), pontua que estudantes assimilam menos o conteúdo quando estão frustrados, angustiados ou melancólicos.

Diante disso, entende-se que a efetividade coaduna psiquicamente com a cognição e possui então, suma importância na organização do raciocínio humano, possibilitando-se afirmar que existe uma interação dinâmica entre cognição e afetividade (PINTO, 2004). Segundo Emiliano (2015), as emoções influem no comportamento e os diversificam, e por conseguinte, a forma como as palavras são carregadas de sentimentos agem sobre a percepção do indivíduo de forma diferente de quando isso não acontece.

Nesse sentido, corroborando com Pinto (2004), para Arantes (2002), na educação as ações de pensar e sentir são indissociáveis, não existindo então, uma aprendizagem que seja tão somente cognitiva ou racional, uma vez que os estudantes não deixam estes aspectos afetivos que moldam sua personalidade de fora do ambiente educacional.

Isto posto, destaca-se ainda que, a relação entre os profissionais da educação e os alunos, bem como todo o contexto que os rodeia, refere a processos sociais que compõem a história de cada um dos sujeitos envolvidos, assim como no âmbito onde a situação acontece. Neste processo dinâmico, a forma como o aluno percebe a ação do professor, revela um estado afetivo (TASSONI, 2011).

Buscando dimensionar esses aspectos afetivos em sala de aula, Tassoni (2000), nos traz estudos analisando-se o comportamento dos professores frente a esta relação afetiva de aluno-professor. Através disso afirma que, o desenvolvimento cognitivo e afetivo constitui-se em um único contexto - o desenvolvimento do indivíduo.

Nesta perspectiva, Reis (2017) reforça esta ideia através de estudos onde o autor apresenta que, até 35% dos comentários feitos por tutores humanos possuem conteúdo emocional. Ainda, segundo ele, cerca de 93% da comunicação acontece de forma não verbal ou paralinguística.

Desse modo, conforme Emiliano (2015), uma vez que o professor tem por objetivo realizar mediações junto ao aluno, é preciso relacionar seu comportamento com uma emoção positiva, para obter o sucesso pretendido no processo de ensino-aprendizagem. Para Tassini, o ato de adequar cada tarefa as particularidades do aluno, e fornecer meios para que este consiga realizar as atividades com confiança em suas próprias capacidades, são formas efetivas de comunicação afetiva.

compreender o outro. Assim, quanto melhores forem as condições de se cultivarem sentimentos como estes, mais consistentes e profundos serão os relacionamentos, promovendo uma aprendizagem significativa. (TASSONI, 2001, p. 165).

Compreendendo-se o papel da afetividade no processo de aprendizagem do aluno, é preciso se pensar em como solucionar esta lacuna que se faz presente em ambientes virtuais de ensino. Em meio a isso, pesquisadores têm voltado a sua atenção para como construir sistemas que possuam a capacidade de ser empáticos e reproduzir habilidades sociais, cujas quais estão ligadas ao professor que possui capacidade de identificar emoções e traços da personalidade dos alunos e responder de forma adequada (JACQUES, 2019).

A área que está interessada em estudar como máquinas podem inferir e responder a emoções e personalidade de seres humanos de forma empática, é a Computação Afetiva.

4 COMPUTAÇÃO AFETIVA

Mediante o elencado, verifica-se que a afetividade no que concerne a interferência das emoções no desenvolvimento cognitivo das pessoas, pode ser de suma importância para compreender e aprimorar métodos de ensino. Contudo, quando falamos de máquinas e tutores inteligentes, este aspecto afetivo pode se mostrar um desafio, visto que elas ainda não são capazes de suprir esta necessidade humana inteiramente.

A área da computação que busca reconhecer e representar a afetividade humana e as relações homem-máquina, dá-se por Computação Afetiva. O termo, cunhado por Picard, abrange as pesquisas que visam o uso das emoções em sistemas, desde o controle até a simulação de interfaces, da simulação de sistemas com emoções às representações destas. Ou seja, refere-se a sistemas que sejam capazes de compreender emoções e interagir com o usuário com base nestas. (LONGHI, 2001).

Nestes termos, desenvolver um sistema que corresponda a estas condições, requer primeiramente que se detecte expressões de afeto, o que pode ser um extremo desafio, devido ao número de complexidades associadas a esta experiência. Primeiramente, existe uma vasta literatura acerca dos termos que rondam a afetividade, emoções, e as formas como são externalizadas. Nesta mesma linha, ao se trabalhar com captura de sentimentos, é necessário se atentar ao fato de que cada ser humano tem uma reação fisiológica diferente para cada situação. Além disso, influências genéticas, sociais e culturais também são capazes de inferir em como os seres se expressam (LONGHI, 2007).

Em meio a essas contrariedades, a adoção de teorias cognitivas prevalece sendo uma das melhores maneiras para se sintetizar emoções por máquinas. Isto porque as teorias que adotam o enfoque cognitivista são quase todas passíveis de serem simuladas em sistemas computacionais, de acordo com Bercht (2001).

Ainda segundo Bercht (2001), dentre as teorias da abordagem cognitivista mais utilizadas na implementação de emoções em máquinas, estão: Teoria de Roseman e Teoria OCC. Ambas as teorias são baseadas na avaliação dos eventos que antecedem as emoções, que também são conhecidas como Teoria do *Appraisal*.

A Teoria de Roseman apresenta um modelo que distingue as emoções em Positivas e Negativas ao serem ocasionadas por eventos consistentes ou inconsistentes respectivamente. Então, se o objetivo for atingido, uma emoção positiva será produzida; caso contrário, uma emoção negativa.

“Um evento, cuja causa pode ser conhecida, desconhecida ou provável, pode acontecer por ter sido provocado pelo próprio sujeito; por outrem ou de forma circunstancial. Eventos podem ocasionar desejos de recompensa ou punição e produzir um nível potencial para o tipo de emoção (forte ou fraca)” (LONGHI, 2007 apud ROSEMAN, 2007)

Ainda segundo explica Longhi (2007), o modelo de Roseman avalia os eventos somente de acordo com os objetivos e contempla o estado emocional ‘surpresa’. Apesar de possuir uma estrutura simples, o modelo apresenta problemas quando houver necessidade de avaliar mais de um evento para o mesmo sujeito.

No que diz respeito a teoria OCC, a mesma é amplamente utilizada para sintetizar emoções e afetos. O modelo também é bastante simples, entretanto, conforme ressalta Bercht (2001), é significativo quando se considera o estudo de situações indutoras de emoções de diferentes aspectos, independente da sequência ou mistura de emoções presente nos indivíduos.

Este modelo é baseado nos grupos de eventos, agentes e objetos, que identificam a forma como os indivíduos percebem o mundo a sua volta. Esta forma de organização direciona o foco e determina o parecer das variáveis que regulam a intensidade da reação do indivíduo diante de uma situação afetiva. Uma das ideias principais da OCC é a de que “emoções são reações valoradas e que a intensidade dessas reações afetivas é o fator determinante à geração da emoção no indivíduo” (BERCHT, 2001).

O modelo OCC apresenta o conceito de variáveis de intensidade que determinam a existência ou não da emoção com uma classificação de globais e locais [...] Os autores reconhecem que o modelo OCC é bastante simplificado, principalmente por que uma pessoa sente uma mistura de emoções em relação a situações em diferentes momentos. Entretanto, o modelo OCC é importante quando se considera o estudo de situações indutoras de emoções através de diferentes aspectos, independente da sequência ou mistura de emoções que ocorre no indivíduo. (BERCHT, 2001)

Neste sentido, é preciso encontrar soluções para captar as emoções do homem em sua interação com a máquina. Fenômenos afetivos podem ser inferidos através de dispositivos de entradas, analisados através de modelos de afetividade e

então retornados para o usuário com a resposta afetiva que julgar ser mais adequada (LONGHI et al. 2007).

Posto isso, ressalta-se que o uso da computação afetiva dentro do escopo que atinge a educação, está sobretudo centrado em agentes inteligentes, animados ou não, que possam interagir com os estudantes de forma mais empática e próxima do comportamento humano. Adiante, serão apresentados os métodos mais utilizados para aquisição de dados relativos a expressões afetivas, bem como trabalhos desenvolvidos nesta mesma linha.

4.1 MÉTODOS PARA AQUISIÇÃO DE EXPRESSÕES AFETIVAS

Neste capítulo serão elencados e descritos alguns métodos de aquisição de dados relativos a afetividade humana, enquanto fazem uso de um STI. Conforme Longhi et al (2007), a aquisição e identificação são as responsáveis por determinar os meios e métodos que serão utilizados para reconhecer características relativas aos estados afetivos, e ainda, podem-se dividir em grupos:

[...] pode-se utilizar indicadores aparentes (expressão facial, entonação de voz, gestos corporais, postura etc.), semi-aparentes (expressão textual), não-aparentes (respiração, batimentos cardíacos, pressão sanguínea, temperatura corporal, etc.) e de avaliação (inventários, questionários, etc.). (LONGHI et al. 2007)

Segundo Picard (1997), existem quatro principais modos de reconhecimento das emoções dos usuários - os quais serão aqui abordados: i) linguística, ii) comportamento observável, iii) expressões faciais e iv) sinais fisiológicos; Além destes, também será abordado o método avaliativo e por observação de pesquisadores.

4.1.1 Expressões faciais

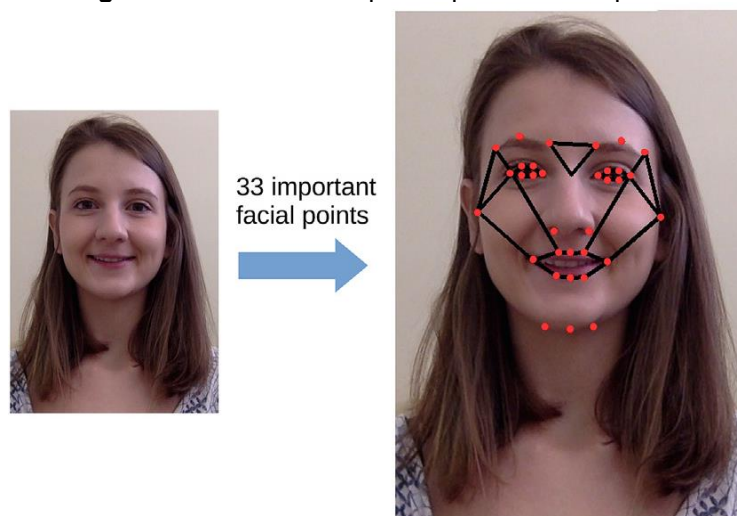
A análise por meio de expressões faciais consiste em reconhecer traços de fisionomias, e a partir deles abstrair significados. Sobretudo no que concerne os aspectos educacionais, esta análise se faz especialmente importante, pois, de acordo com Reis (2018), por meio das expressões faciais dos estudantes, os professores conseguem concluir qual emoção o estudante está experimentando em dado instante

da instrução. Com isso, é possível avaliar a necessidade de intervenção por parte do docente.

A maioria das tentativas de se reconhecer expressões faciais são baseadas no sistema de Codificação de Ação Facial, o qual fornece mapeamentos entre músculos mensuráveis e um espaço emocional. Essas capturas de dados podem ser usadas por computadores gráficos imitarem expressões que podem deixar o computador mais humano. Quanto a obtenção de dados sobre esta abordagem, existem diferentes técnicas que podem ser utilizadas. Mano et al (2019) divide esse processo em três etapas, conforme descrito abaixo:

- 1) A primeira fase consiste em identificar automaticamente a região facial. Este processo é influenciado por diversos fatores, como movimentos, iluminação do local, ou mesmo cabelos e acessórios.
- 2) A segunda fase diz respeito à obtenção de recursos faciais, que baseia-se no uso de recursos geométricos. Para tanto, o programa é alimentado com diferentes expressões faciais, representando emoções como felicidade, medo, neutralidade, raiva, surpresa e tristeza.
- 3) Na terceira e última etapa, configura-se como classificação. Nesta, usa-se um conjunto de algoritmos baseados em Aprendizagem de Máquina. O algoritmo busca alinhar a face analisada com elementos do modelo de referência, para então, dar seu veredicto.

Figura 6 - Dados faciais por mapeamento de pontos



Fonte: Mano et al (2019)

Não obstante, Liu et al (2011) em sua pesquisa, utilizaram a abordagem Modelo Ativo de Aparência (AMM, do inglês *Active Appearance Model*), a qual constitui-se de dois componentes: componente de forma e componente de textura. Nela, o componente de forma é descrito por um triângulo 2D, onde o componente de textura se refere aos padrões de intensidade/cores em uma imagem. Nos modelos AMM, forma e aparência se encaixam através de um gradiente descendente. Juntamente a isso, os pesquisadores adotaram a Máquina de Vetores de Suporte (SVM do inglês *Support Vector Machines*) para realizar a classificação das emoções.

Figura 7 - Demonstração de software de reconhecimento facial



Fonte: Liu *et al* (2011)

Picard (2009), descreve que em sua pesquisa, a análise de expressões faciais baseia-se em um processamento de combinações de movimentos de baixo para cima da face, onde movimento para baixo poderiam indicar interesse ou confusão, e para cima sorrisos e acenos. A autora explica ainda que uma arquitetura probabilística multinível (usando redes Bayesianas dinâmicas), imita a maneira com que o ser humano percebe o comportamento facial. Nesse contexto, o sistema visual resultante demonstra estados mentais a partir destes gestos e expressões faciais em vídeos em tempo real. A 30 fps, o sistema é capaz de localizar e rastrear 24 pontos de recursos na face e usa deformações de movimento, forma e cor para identificar 20 movimentos de face e cabeça e 11 gestos comunicativos.

Bem como os métodos expostos, alguns estudos - conforme apontado por Reis *et al* (2018) apud D'Mello *et al.* (2010) e Jaques *et al.* (2014), sugerem que o uso

de rastreadores oculares também se demonstra como uma técnica bastante efetiva para inferência se emoções através de traços fisionômicos. A partir desta técnica, é possível, por exemplo, detectar estados de tédio, caso o estudante não esteja com o olhar engajado sobre as interfaces do ambiente. Entretanto, o autor chama atenção para o fato de que a técnica ainda precisa de certos aprimoramentos, uma vez que pode não ser capaz de diferenciar certos estados. A exemplo disso, pode-se imaginar uma situação onde o estudante fecha o olho como forma de isolamento para concentração, confundindo o detector ocular.

Tendo em vista os inúmeros métodos existentes para esta captura, é importante frisar, conforme ressalta Picard (2009), que os sensores não podem de fato ver os sentimentos dos usuários. Todavia, registram um padrão de mudanças externas, que por sua vez são associadas a sentimentos.

4.1.2 Comportamento observável

Este tipo de abordagem compreende as interações do usuário com a interface. Ou seja, se refere às ações do aluno, e engloba desde seu desempenho, quanto a respostas certas e erradas, até velocidade da digitação. Desse modo, o sistema, segundo Jacques (2012), “deve realizar um processamento sobre uma situação geradora de emoção e tentar inferir as emoções do usuário usando um modelo psicológico de emoções, geralmente o modelo OCC”.

No que se refere as formas de coleta destes dados, estas dão-se através de registros feitos durante o uso. Em síntese, isso significa que pode ser feito através de *logs* (cujos quais armazenam as ações executadas), via interações com o sistema, ou através de apontamentos pelo próprio usuário. Ressalta-se quanto a este método que, se por um lado diversos dados sugerem uma grande gama de opções, por outro, as diferentes formas de armazenagem podem significar um trabalho árduo para posterior tratamento (REIS et al. 2018).

Ainda neste sentido, existem formas pouco intrusivas que também podem denotar estados afetivos. A título disso, expõe-se os estudos citados por Reis (2018), onde se dispõe de análises textuais para compreender o estado de ânimo do aluno. Neste tipo de análise abstraem-se evidências através do modo como o aluno se expressa de forma textual. Nessa abordagem, sugere-se que um estudante apresenta

tédio quando digita palavras mais curtas, em textos menores e pausadamente. Em contrapartida, explica que velocidade de digitação e fluidez da escrita podem indicar engajamento.

Apesar dessa metodologia ser de fácil acesso e possibilitar inúmeras validações, ela também se caracteriza por fornecer pouca exatidão, uma vez que está sujeito a variáveis que, quando dependendo só deste método, são de difícil diferenciação, como fatores externos (interação com outros colegas etc.). Por conta disso, lhe confere maiores chances de ser utilizada como método complementar.

4.1.3 Observação por especialistas

Essa abordagem é caracterizada por observadores pesquisadores (usualmente professores), responsáveis por analisar comportamentos dos estudantes enquanto estes fazem uso do STI. Além de ser um procedimento bastante simples, que demanda poucos recursos, também possui a vantagem de contar com o discernimento humano para identificar comportamentos que valem a pena observar e que então serão usados em sensores posteriormente (Picard, 2009).

Conforme Picard (2009), uma vez que os alunos estão acostumados a presença de um professor em sala de aula, esta metodologia não causa estranheza aos estudantes e é pouco intrusiva, haja vista que os alunos poderão executar suas tarefas normalmente enquanto os observadores são responsáveis pela coleta de dados. Este tipo de abordagem também é valiosa, pois estas informações ajudam a desenvolver o arcabouço teórico de afetos, e aproximar o tipo de informação que os sensores coletam, além de corroborar com os resultados obtidos por eles. Porém, também conferem pouca exatidão, uma vez que está a sujeita a variáveis externas, como a interpretação pessoal do pesquisador e a capacidade de se atentar a várias expressões, em diferentes momentos, por muitos alunos

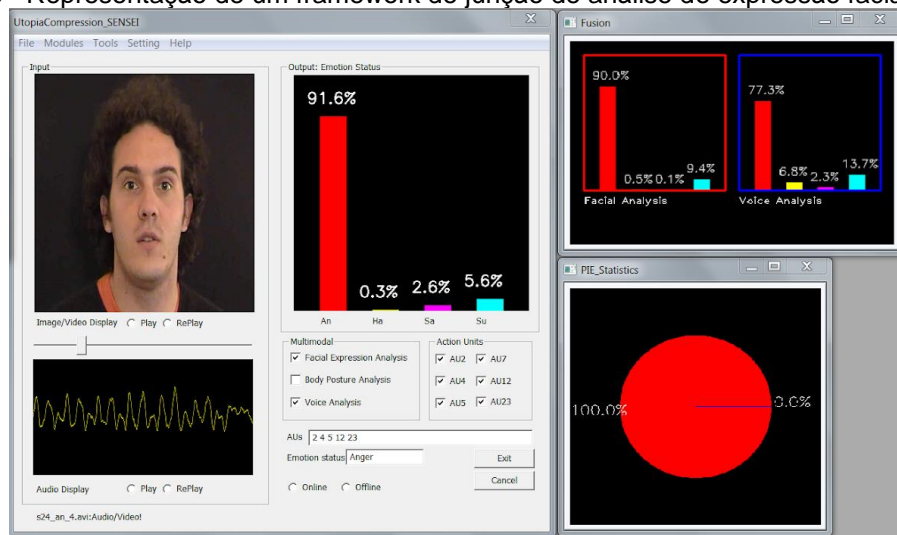
4.1.4 Análise linguística

A abordagem por análise linguística também é amplamente utilizada, uma vez que também é possível reconhecer estados afetivos através da entonação da voz. Consoante a isso, Picard (2019) exemplifica utilizando-se do exemplo do

comportamento das crianças, que apesar de não compreenderem os significados das palavras, conseguem perceber o que está sendo dito através da entonação.

Assim como o exemplo da análise de expressões faciais, a análise de entonações vocais também dá-se pela união de diversos dados, dessa vez extraídos com base em sequências de falas. Sob esse ângulo, na pesquisa realizada por Liu *et al* (2011), foram extraídos recursos de tempo e frequência de domínio. Vozes, segundo o autor, são recursos calculados globalmente em uma frase, e localmente com vários tamanhos de janelas de bloqueio. Semelhante ao reconhecimento facial, foi aplicado o SVM nos recursos de voz para reconhecimento de emoções.

Figura 8 - Representação de um framework de junção de análise de expressão facial e de voz



Fonte: Liu et al (2011)

Segundo Liu *et al* (2001), a entonação de voz é especialmente útil para perceber sentimentos de classes raiva e tristeza. Ademais, sobretudo quando aplicada em conjunto com a análise de expressões faciais, melhora significativamente o desempenho no processo de reconhecimento de emoções.

4.1.5 Sinais fisiológicos

Nesta abordagem, utiliza-se de sensores de hardware, os quais registram padrões de comportamento dos alunos, aplicado aos objetos em que o aluno está em

contato com o mouse, cadeira e teclado. O computador então associa esses padrões a prováveis informações do estado afetivo.

Alguns exemplos disso - com exceção das câmeras que já foram abordadas no reconhecimento facial, estão: a) análise de postura; b) pressão do mouse; c) condutores de pele sem fio;

A análise de postura baseia-se na ideia de que a postura do aluno pode indicar estados de ânimo como tédio, concentração ou interesse. Picard (2009) em sua pesquisa, relata ter se utilizado de um acelerómetro incorporado para medir elementos do aluno, e com isso, observar comportamentos padrão dos alunos que tendiam a acompanhar estados afetivos.

A análise de pressão do mouse, segundo Picard (2009), é usada para detectar a quantidade crescente de pressão exercida pelos estudantes, o que indicaria um aumento de frustração por parte dele. Para sua pesquisa, a autora relata que o instrumento utilizado possui seis sensores sensíveis a força e um microprocessador acoplado. O mouse usa um canal de comunicação padrão USB e um segundo canal para fornecer dados de pressão em intervalos de 20 ms de cada um dos sensores.

A pulseira de condutância de pele, exemplo de condutor sem fio, está fortemente relacionada a excitação, cuja qual a certo nível é um dos motivadores para o aprendizado e tende a acompanhar eventos de significância. Em sua pesquisa, Picard (2009) relata que estas informações são analisadas juntamente com atividades cognitivas do tutor, como tempo gasto, número de dicas solicitadas, desempenho, dentre outras. Todos os dados do sensor são marcados com horário e enviados para um Método de Invocação Remoto Java (RMI, do inglês *Remote Method Invocation*) - uma interface para executar chamadas de procedimento remoto, nas quais métodos são chamados de outras máquinas virtuais Java.

Figura 9 - Pulseira de condutância



Fonte: Picard (2009)

O servidor processa um segundo de dados de cada vez, classifica e reúne os dados do sensor em uma sequência com o registro de data e hora e os valores mais recentes de cada sensor. Além disso, o Tutor possui o ID do sensor de pulso como parte de seu *login*, para que as atividades cognitivas sejam correlacionadas com os dados do sensor durante o período em que o aluno está conectado (PICARD, 2009).

4.1.6 Método avaliativo

Os métodos avaliativos relacionam-se à abordagens que se utilizam da inferência realizada a partir das conclusões dos próprios aprendizes. Esta é uma abordagem que normalmente envolve a interrupção, antes, durante ou depois da experiência de aprendizagem do aluno, para questionar acerca de seu estado afetivo em dado momento (PICARD, 2009).

Segundo Picard (2009), este método é considerado pouco confiável pois é intrusivo e está sujeito a muitas variações. Por outro lado, segundo Iepson, Bercht e Reategui (2011) apud Lucas *et al* (1977) e Robinson; West, (1992)

Sistemas desta natureza, em que o usuário é solicitado a informar seus estados afetivos, são utilizados com base em pesquisas que indicam que

humanos são mais propensos a informar sentimentos negativos sobre si mesmo a sistemas informatizados do que propriamente a outros humanos”.

4.2 TRABALHOS REALIZADOS A PARTIR DE PERSPECTIVAS SEMELHANTES

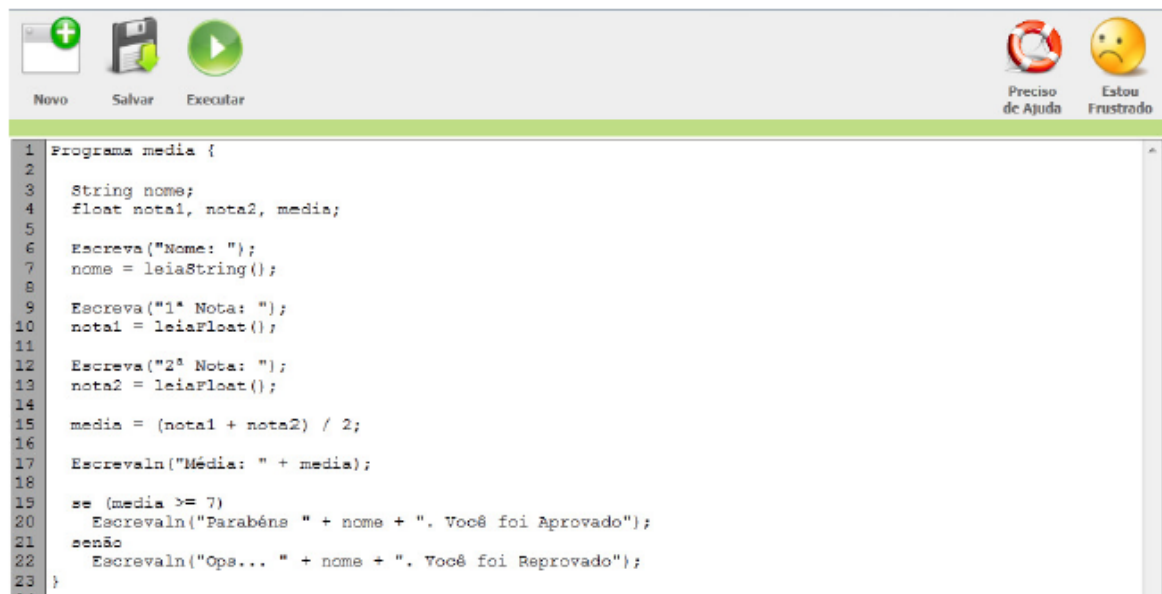
Neste momento, serão apresentados alguns trabalhos semelhantes a proposta desta pesquisa, que se utilizaram de alguns dos métodos descritos acima.

4.2.1 Detecção de frustração do aluno na disciplina de algoritmos

Na pesquisa realizada por Iepsen, Bercht e Reategui (2011), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o objetivo centrava-se em registrar ações dos alunos enquanto os mesmos desenvolviam determinadas atividades, buscando relacioná-las com informações quanto aos estados afetivos deles. Para isso, foram empregados dados de interação dos estudantes com o ambiente de programação criado, a partir da perspectiva de cada um deles quanto seus estados de ânimo.

Neste caso, os pesquisadores utilizaram-se da metodologia avaliativa para inferência dos estados afetivos dos estudantes, uma vez que, o estado afetivo de frustração foi inferido através da ação do aluno em clicar no botão “Estou Frustrado” adicionado à ferramenta. Cada nova ocorrência desta ação do usuário, indicava que o mesmo apresentava sinais de frustração.

Figura 10 - Interface de ferramenta para aprendizado de algoritmos



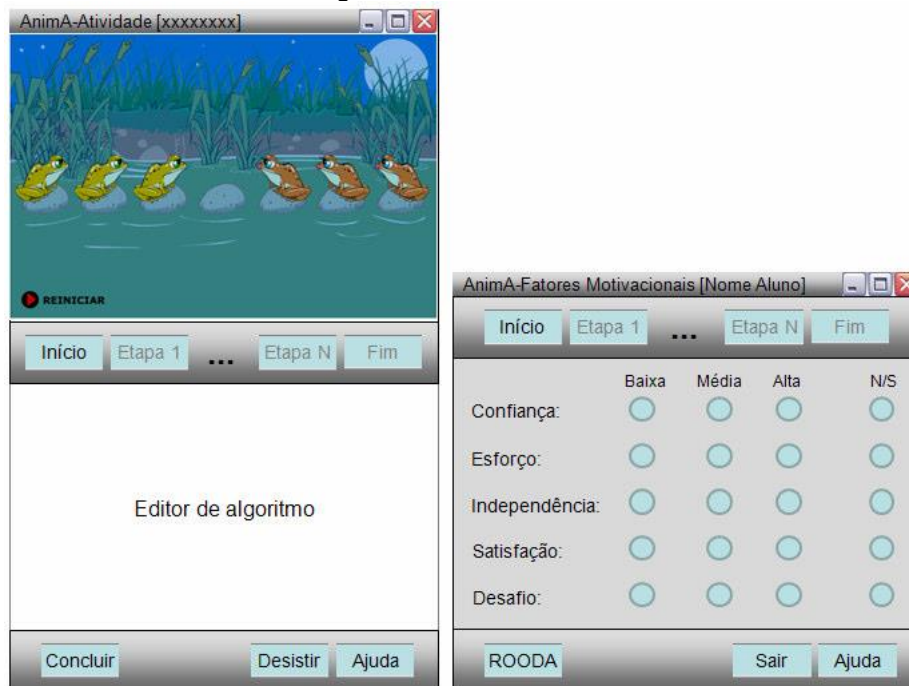
Fonte: Iepsen et al (2011)

Para análise, o estudo foi aplicado para duas turmas de Algoritmos e Lógica de Programação em um curso Superior em Tecnologias em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Nele, foi identificado que o botão “Preciso de Ajuda”, que indica um estado de pré frustração, foi clicado 21 vezes, ao passo que o botão “Estou Frustrado”, foi clicado 13. Com isso, foi possível verificar, que a ação deste último clique estava associado a, por exemplo, elevados números de compilações com erros e tempo despendido em um mesmo programa. Esta abordagem foi demasiadamente útil, pois pède observar quais situações antecedem o estado de frustração do aluno no decorrer das atividades nesta modalidade de ensino.

4.2.2 Protótipo Anima para o ambiente virtual ROODA

O trabalho realizado por Longhi, Bercht e Behar (2007), usou como base o Ambiente Virtual de Aprendizagem ROODA. Este, é um ambiente centrado no usuário e orientado valorizar o processo de cooperação, com objetivo de oferecer possibilidades através de recursos web, para que usuários realizem um trabalho cooperativo através de interações entre alunos e professores (LONGHI et al. 2007).

Figura 11 - Interface do AnimaA



Fonte: Longhi et al. 2007

Para esta pesquisa, foi criado o protótipo AnimaA, que tem por finalidade servir de apoio para a validação do reconhecimento de estados de ânimo presentes nas interações entre os alunos. Para inferência das emoções, o estudo utilizou um método híbrido, valendo-se de análises do sistema através de análise textual, e análise avaliativa. A verificação através de indicadores semi-aparentes (análise textual), dá-se na forma de captura de interações do usuário com o conteúdo, exercícios e atividades não colaborativos, baseando nas ações do aluno - como acertar ou errar exercícios, tempo despendido, entre outros.

Num segundo momento, foi utilizado o método de auto análise, onde o usuário era convidado a descrever seus estados de ânimos em diversos momentos do processo de aprendizagem em fóruns para inferência. Ressalta-se que neste estudo, desenvolveu-se métodos de experimentos para aplicação posterior, a fim de validar se os termos para averiguação de afeto escolhidos são de fato eficientes, ou não. (LONGHI, 2019).

4.2.3 Estrutura multimodal para reconhecimento automático de emoções

Nos estudos de Lit *et al* (2011), foram empregadas a captura de dados por expressões faciais e análise linguística, ambas explicadas nas seções 4.1.1 e 4.1.4, respectivamente. Dessa forma, foi aplicada uma abordagem híbrida, formando uma estrutura multimodal para reconhecimento automático de emoções.

Para realizar a integração de ambas as modalidades de reconhecimento de emoções de forma probabilística, foi construído um diagrama de influência, cujo qual gerou um vetor de probabilidade marginal para todas as classes de emoções predefinidas. Visando demonstrar sua viabilidade, a estrutura multimodal foi aplicada utilizando-se de um conjunto de emoções de referência contendo clipes de emoção audiovisuais compondo-se de expressões de quarenta e quatro sujeitos do sexo masculino de catorze diferentes nacionalidades. Com isso, os módulos do sistema foram treinados com quatro classes emocionais mais frequentemente presentes em cenários de tutoria inteligentes, que segundo os autores, se estabelecem em: felicidade, tristeza, surpresa e medo (Liu *et al.* 2011).

Os resultados desses estudos demonstraram que, a expressão por análise facial é uma modalidade mais discriminativa para reconhecimento de emoções. Todavia, sua precisão por ser impulsionada pela fusão de modalidades, como a entonação de voz. Conforme analisado, a fusão multimodal melhorou a classificação de raiva e tristeza em 6,55% e 7,17%, respectivamente.

5 PROPOSTA

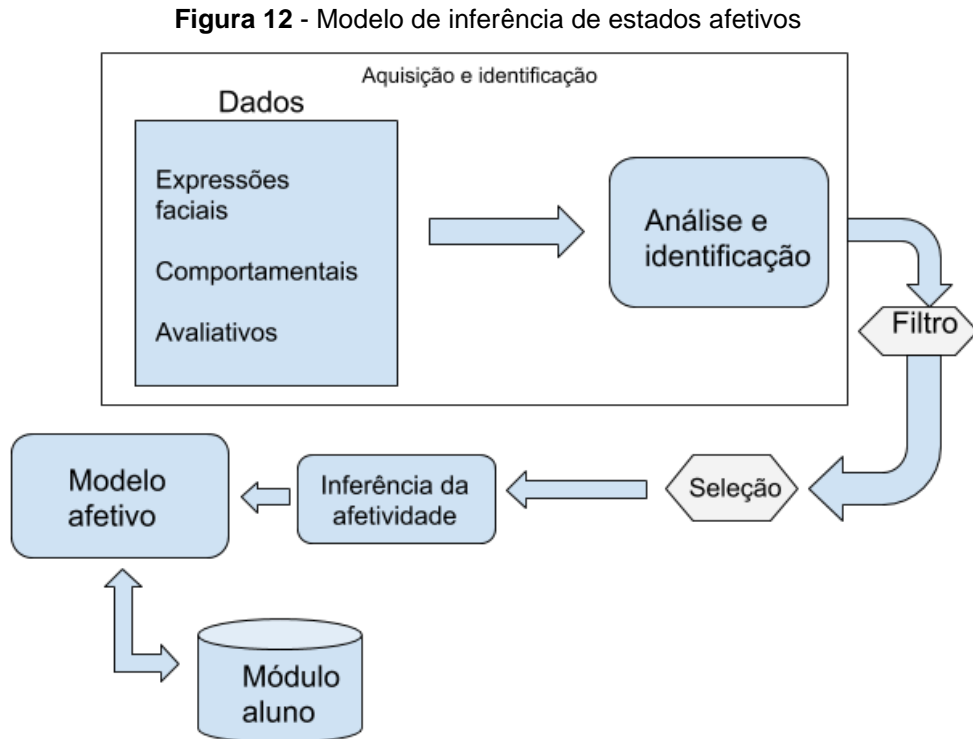
Neste capítulo, será descrito a proposta desenvolvida para o STI MAZK, a partir de tecnologias de computação afetiva e demais supracitadas na pesquisa bibliográfica. A mesma consiste em um levantamento de recursos necessários para a formulação de um modelo de framework capaz de captar estados emocionais de alunos, e a partir disso, poder intervir de maneira apropriada durante o processo de aprendizagem do usuário.

Esta proposta foi elaborada visando ser um modelo de apoio para desenvolvedores no que concerne os recursos teóricos necessários para implementação da tecnologia em trabalhos futuros. Para tanto, importante destacar as três etapas sobre as quais a proposta se fundamenta:

- 1) captura de dados;
- 2) abstração e análise;
- 3) possíveis intervenções;

A primeira etapa consiste nos meios e métodos que serão utilizados para aquisição das expressões que os alunos externalizam durante o uso do STI. Já na segunda etapa, trata-se da fase onde estes dados serão tratados, buscando-se aqui compreender as emoções que estão inferidas e o que elas representam num contexto cognitivo imerso num ambiente educacional. Por fim, na terceira etapa, discute-se que ações podem ser desenvolvidas que sejam mais condignas com o estado afetivo identificado, sempre visando auxiliar o estudante em seu processo de aprendizagem.

Na Figura 12 é possível visualizar de forma macro o modelo diagramado de inferência de dados afetivos aplicados ao MAZK.



Fonte: Adaptado de Longhi et al (2007)

Ressalta-se que as técnicas aqui abordadas são técnicas que se mostraram harmônicas com o STI MAZK, e que poderiam vir a ser trabalhadas, porém, não necessariamente aplicadas em sua integralidade e de forma conjunta. Assim, espera-se que com esta sessão, seja possível extrair as melhores formas de se implementar a coleta e tratamento de dados para intervenções inteligentes da forma mais congruente possível, seja utilizando-se de apenas uma, ou todas aqui elencadas.

5.1 CAPTURA DE DADOS

Nesta sessão serão abordadas três formas que foram julgadas neste trabalho como mais adequadas para captura, dado o contexto do tutor inteligente MAZK, objeto de pesquisa. Conforme elencado no capítulo 3, existem diversos meios para esta etapa. Dando-se ênfase nos indicadores aparentes, opta-se aqui pelos procedimentos que se utilizam de captura de expressões faciais, comportamentais e avaliativos. Abaixo, estará descrito como os métodos podem ser aplicados ao MAZK, e o porquê de serem escolhidos.

Os critérios utilizados para exclusão deram-se em: custo, acessibilidade e efetividade. Sendo assim, os demais métodos foram descartados devido a alguns fatores. No que concerne os métodos por sinais fisiológicos - métodos como pressão do mouse, pulseiras e sensores de postura - são menos acessíveis, mais custosos, e não apresentam o mesmo desempenho que a análise facial, segundo as referências estudadas.

De maneira análoga, a análise linguística, apesar de complementar bem a análise facial em termos de precisão, pode ser substituída nesta conjuntura por modelos mais acessíveis que apresentam resultados muito próximos. Quanto a análise efetuada através de pesquisadores em sala monitorando os alunos em tempo real, muito embora configura-se como um bom método complementar, não é o foco da proposta, uma vez que não está inserido em um contexto automatizado.

5.1.1 Análise de expressões faciais

O uso das tecnologias de identificação de expressões faciais foi escolhido como método de captura de dados afetivos por indicadores aparentes, pois mostrou-se ser o meio mais viável dentro de fatores analisados, dentro dos critérios estabelecidos. Esta ferramenta mostrou-se ser mais barata e acessível, uma vez que um dispositivo de câmera é menos custoso e de implementação mais simples do que sensores de postura e de condutância de pele, por exemplo. Ademais, este método apresentou ótimos resultados em estudos anteriores, conforme seção 4.2, por ser mais discriminativo em relação ao reconhecimento de emoções.

Com o uso de uma câmera de acoplada a um computador e um software de reconhecimento facial, é possível dar os primeiros passos em direção a captura de expressões dos estudantes do MAZK. Ambas as ferramentas são disponibilizadas no laboratório onde a pesquisa será realizada - LabTeC, UFSC.

Usualmente, o reconhecimento facial se faz por meio de softwares de reconhecimento facial. Estes softwares são alimentados com grandes quantidades de imagens com diferentes tipos de expressões faciais em diferentes rostos, e partir disso, consegue desenvolver padrões e codificar expressões dos indivíduos. Aqui propõe-se o uso do *FaceTracker*, um software de visão computacional que reúne informações faciais com base em 33 pontos de recursos mapeados: oito pontos ao

redor da boca, 6 em cada um dos olhos, três em cada sobrancelha e no queixo, duas nas narinas e duas nas extremidades laterais (MANO et al. 2011).

Considerando os estudos realizados por Sarrafzadeh *et al* (2006), após essas combinações, o estado emocional do aluno com mais frequência é comunicado, alterando um ou dois recursos distintos, como apertar os lábios em sinal de frustração/raiva. Para este reconhecimento, recomenda-se o uso do Sistema de Codificação de Ação Facial (FACS do inglês Facial Action Coding System), cujo qual divide o rosto em expressões faciais superiores e inferiores e classifica-as comparando-as com as descrições de determinadas categorias de emoções.

Para que estes experimentos sejam possíveis, sugere-se então, num primeiro momento, reunir o máximo de dados possíveis acerca dos estudantes inseridos no MAZK. Após obtenção destas informações, com base nas metodologias de processamento de dados e inferência de afetividade, é possível começar a deduzir emoções.

Para tanto, os alunos necessitam estar expostos a situações de aprendizado que comumente estão inseridos. Com isso, é fundamental que durante o teste de inferência, os estudantes resolvam exercícios, leiam as explicações, participem de fóruns, utilizem o chat - ou seja, as atividades cotidianamente ofertadas pelo MAZK.

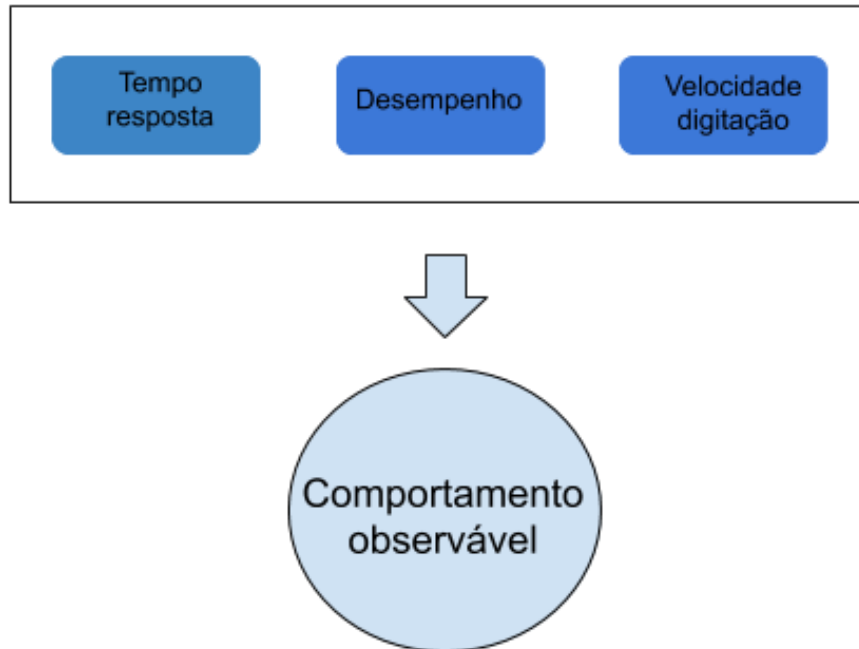
Ressalta-se que quanto mais atividades diferentes forem compreendidas, mais circunstâncias diferentes podem ser analisadas. Combinadas com os outros dois métodos apresentados nas próximas subseções, é esperado que o resultado seja bastante satisfatório.

5.1.2 Análise comportamental

A fim de resultados mais abrangentes, é ideal que diferentes formas de captura de dados sejam combinadas. Por conseguinte, para esta proposta, também será abordado um indicador semi-aparente, tratando-se da análise comportamental.

Os indicadores semi-aparentes se apresentam na forma como o aluno interage com o conteúdo exposto no sistema. Esta análise baseia-se nas ações do aluno, como acertar ou errar um exercício, o tempo passado no ambiente, a demora em efetivar uma resposta, ou ainda, a forma como expressa suas ideias e colabora com colegas através das ferramentas de comunicação (LONGHI et al. 2007).

Figura 13 - Representação de algumas das informações relativas ao comportamento observável



Fonte: a autora (2019)

Mediante o elencado, a análise comportamental pode ser aplicada ao tutor MAZK na medida em que o estudante interage em seu módulo aluno através do conteúdo postado pelo professor. Estas interações que podem ser analisadas, incluem-se as resoluções de exercícios, a participação nos chats disponíveis, velocidade de digitação, e além disso, o tempo em que os estudantes dispõem em cada questão e estatísticas de desempenho, dados que a própria ferramenta já disponibiliza.

5.1.3 Metodologia avaliativa

Visando complementar os métodos escolhidos e alcançar melhor performance na abstração de dados, optou-se também por utilizar a metodologia avaliativa no MAZK, uma vez que a mesma se caracteriza por ser uma abordagem de simples aplicação, e que auxilia na confirmação dos estados afetivos. Para este comportamento, julgou-se adequado utilizar a abordagem Manequim de Auto Avaliação (SAM), descrito a seguir.
















O SAM é uma escala pictográfica para avaliar a emoção em três espaços afetivos independentes, que são valência, excitação e domínio. Além disso, a representação pictórica de escala SAM sendo uma figura mais humana pode direcionar para uma decisão mais confiável sobre a emoção percebida. (GHETANJALI et al. 2017)

Este método consiste em utilizar-se de estímulos e induzir emoções, que serão representadas por *emoticons* em três dimensões: prazer, excitação e domínio, que serão indicadas pelos próprios usuários de acordo com seus estados afetivos em dado momento (SILVA, 2019). A escala SAM foi escolhida para esta abordagem tendo em vista que trabalha com recursos visuais que abrangem uma gama abrangente de sentimentos que o usuário pode estar se identificando em dado instante. Além disso, é uma abordagem que não demanda muitos recursos e processamentos complexos, sendo bastante acessível.

A proposta aqui é que a escala SAM e sua metodologia possam ser usadas no tutor pelos estudantes durante o desenvolvimento de atividades, antes e depois, a fim de captar nuances no processo. Essas informações podem ser cruzadas com as expressões obtidas pelas técnicas de reconhecimento facial e textual, a fim de aprimorar a abstração do tutor, ou ainda, de forma totalmente desvinculada das demais metodologias. A Figura 14 descreve os estados afetivos representados por emoticons utilizando-se como base a escala SAM apresentada por Ghentajali *et al* (2017).

Figura 14 - Representação de escala SAM

Por favor, selecione a emoção que mais descreve você neste momento.

Muito feliz	Feliz	Indiferente	Triste	Muito triste
				
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muito animado	Animado	Indiferente	Entediado	Muito entediado
				
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Totalmente no controle	No controle	Indiferente	Pouco controle	Sem controle
				
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: a autora (2019)

Consoante a isso, aqui, a forma como a técnica SAM poderia ser aplicada, atribuir-se-ia por perguntas durante o desenvolvimento de atividades e estudo de explicações. Mediante isso, é possível o interagir com o tutor demonstrando como está sentindo frente às situações em que está sendo exposto, selecionando a emoção mais condigna com seu estado afetivo no presente momento. Nesse sentido, o aluno seria convidado, em determinado momento de seu estudo, a selecionar a imagem que melhor representa seu estado afetivo naquele instante, conforme Figura 14, dentro de uma escala SAM.

Contudo, é preciso atentar-se a dois fatores especialmente controversos quanto a esse tipo de aplicação: o tempo para o estudante responder aos estímulos, e a confiabilidade da informação. Isto porque, tratando-se do primeiro ponto, Ghetanjali *et al* (2017), alerta para o fato de que quanto mais o tempo passa, mais chances dos resultados serem imprecisos, visto que as emoções alteram-se rapidamente e diferentes estímulos podem enganar a consistência dos indivíduos. Quanto ao segundo fator, explica-se por Picard (2009), ao destacar que métodos que dependem da avaliação do próprio usuário podem ser pouco confiáveis, uma vez que

são intrusivos, demorados e resultam em variações de confiabilidade. Enfatiza-se que, apesar disso, a abordagem continua válida e bem-vinda haja vista que será empregada como método complementar.

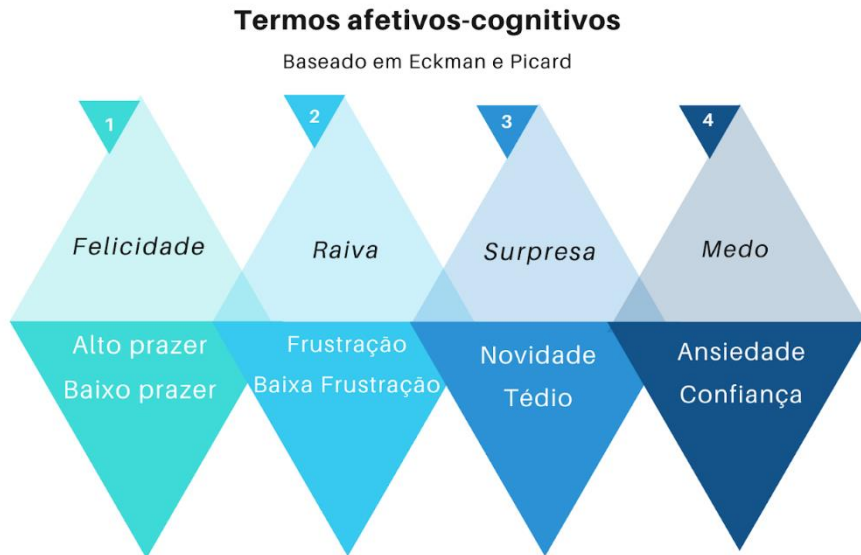
5.2 ABSTRAÇÃO E ANÁLISE DE EMOÇÕES

Uma vez em disposição dos dados, é preciso tratá-los de forma que eles possam ser úteis na identificação do estado de ânimo do estudante. Esta etapa é particularmente importante porque impactará diretamente na eficiência das intervenções futuras. Contudo, conforme Picard (2009), uma das dificuldades observadas neste ponto, é a de que não existe ainda uma teoria da emoção totalmente validada que seja capaz de abordar a aprendizagem e explicar quais e como as emoções impactam o aprendizado.

A maioria dos estudos da emoção não incluem os fenômenos observados em situações naturais de aprendizado, como interesse, tédio ou surpresa. Em vez disso, as definições de emoção enfatizam aspectos cognitivos de processamento de informações e as codificam em regras baseadas em máquina usadas na interação de aprendizagem, por exemplo, modelo de emoção OCC. (PICARD, 2019)

Tendo em vista isto, para essa proposta será utilizado o subconjunto de emoções elaborado por Picard (2009) para reconhecer os sentimentos dos alunos e para quais o tutor irá intervir. Assim, a categorização de emoções encontrada em Picard (2009) dá-se com base em Ekman com análises de expressões faciais que incluem alegria, raiva e medo. Para conseguir contextualizar no meio educacional, o componente cognitivo 'surpresa' foi incrementado a esta categorização. Foi criado então uma escala para cada termo de Ekman, resultando em quatro eixos ortogonais bipolares de afeto cognitivo, representados pela Figura 15.

Figura 15 - Termos afetivos-cognitivos



Fonte: a autora (2019)

Uma vez que se tem definido que tipo de emoções se tomará como base para intervenções, é preciso que as técnicas para obtenção das linhas que separam uma emoção da outra sejam o mais próximo da realidade possível. Como uma das técnicas de obtenção de entrada de dados se dará por análise de expressões faciais, é preciso se atentar ao fato, como levantado por McDaniel *et al* (2007) apud Picard (2009), de que, determinar exatamente qual emoção está sendo expressa pode ser uma tarefa árdua, visto que “pesquisas mostram que nem a frustração nem o tédio se distingue claramente de uma emoção neutra usando apenas uma câmera e unidades de ação facial.”

Por esse motivo, opta-se aqui por se utilizar da técnica de combinações de dois indicadores, para alcançar de forma mais precisa as emoções abstraídas. Com base nas emoções pilares da Figura 15, se usará da combinação de seguintes indicadores pontuados por Picard (2009): valência - que pode ser de natureza positiva ou negativa, e excitação, podendo ser alta ou baixa. Dessa forma, a figura 15 demonstra as combinações desses indicadores.

Figura 16 - Combinações de indicadores afetivos-cognitivos

Baseado em Picard (2009)

Fonte: a autora (2019)

Dado isso, vislumbra-se, através do exposto na Figura 16, que a combinação destes dois indicadores em seus níveis negativo/positivo e alto/baixo, são capazes de fornecer de forma mais clara e bem direcionada os aspectos afetivos necessários para averiguação no sistema. Dito isso, o primordial a partir da análise, é definir os planos a serem executados com base em cada estado afetivo avaliado, o que se confere na terceira etapa da proposta.

Em tempo, é de suma importância salientar que o objetivo com essas análises é conseguir um desenvolvimento pedagógico a longo prazo, ou seja, que o tutor do MAZK observe seus alunos de forma contínua e melhore ao longo do tempo suas intervenções, e não que apenas dê sugestões com base em momentos específicos. Por exemplo, que deixe um aluno em seu estado de tédio o menor tempo possível, ao passo que consiga saber quando intervir em um estado de estresse. Isto é, através de dados dinâmicos, o tutor deve ser capaz de formular métodos pedagógicos específicos para dada emoção, e personalizada para diferentes personalidades, semelhante ao que já ocorre na inteligência do tutor ao qual permite atualizar dinamicamente o nível do aprendiz.

5.3 INTERVENÇÕES DO TUTOR INTELIGENTE

Nesta última parte da proposta elaborada, busca-se trazer possíveis intervenções alinhadas com o estado afetivo-cognitivo captado na etapa anterior.

Aqui, têm-se o produto de todo o processo, onde é possível avaliar se as decisões tomadas foram concisas e se de fato é possível intervir de maneira positiva no desempenho dos aprendizes de um tutor inteligente, uma vez aplicado.

É de suma importância que os sentimentos que serão analisados sejam bem delimitados, para que o tutor só interfira quando necessário e de forma adequada, evitando assim o efeito oposto ao esperado. Se, por exemplo, o aluno não estiver tendo um bom desempenho, porém a curiosidade e excitação se fazem presentes de forma bastante relevante, não é o caso do tutor intervir. No Quadro 1 abaixo, é possível visualizar situações onde é pertinente que o tutor intervenha, tendo-se como base os eixos de afeto demonstrados anteriormente.

Quadro 1 - Casos de interferência

Aspectos cognitivos	Aspectos afetivos	Intervenção do tutor
Estudante comete um erro	Estudante está aparentemente focado e curioso Estudante está distraído	Sem intervenção necessária. O estudante está engajado em aprender e explorar. Ação necessária.
Estudante não está progredindo	Evidência de estresse Aparente estar entediado Estudante não está frustrado	Ação necessária. Estudante está sobre estresse. Intervenções utilizando tarefas extras são necessárias. Estudante não está engajado. Nenhuma ação necessária, estudante está curioso.
Estudante está realizando um progresso positivo	Estudante aparenta engajamento e não frustração Estudante está entediado (problemas parecem fáceis)	Sem intervenção necessária. Estudante está concentrado e focado. Propor desafios para o estudante.

Fonte: adaptado de Picard (2009).

Através do agente tutor do MAZK, serão apresentadas intervenções com base em feedbacks e incentivos. Isso significa que, tomando-se como base a tabela de inferência acima, o tutor irá tomar uma atitude nos momentos em que são convenientes para tal, dando feedbacks sobre o desempenho do aluno, incentivando-

o quando necessário, elogiando, ou ainda sugerindo materiais visando reforço ou dinamização do processo.

Uma das formas de intervenção, pensando-se em alunos com dificuldades ou iniciantes, é a apresentação dos trabalhos exemplos, o que reduz a carga cognitiva, tornando o desenvolvimento da atividade mais fluído e de fácil resolução. Quanto aos feedbacks, segundo Picard (2009), quanto mais prematuro o feedback, mais efetivo ele será para alunos com dificuldades, enquanto que, para alunos mais desenvolvidos, o feedback tardio pode ser a melhor escolha. Ressalta-se que esses feedbacks são importantes na medida em que podem melhorar o ânimo do aprendiz, o que reflete diretamente em seu processo cognitivo como já demonstrado ao decorrer deste trabalho, bem como pode reduzir as incertezas que circundam os alunos quanto ao seu desempenho, e até mesmo, melhorar a autoestima em alguns casos.

O Quadro 2 apresenta algumas das situações de intervenção e as respectivas ações que poderão ser tomadas pelo agente tutor do MAZK.

Quadro 2 - Respostas do agente aos sentimentos do aluno

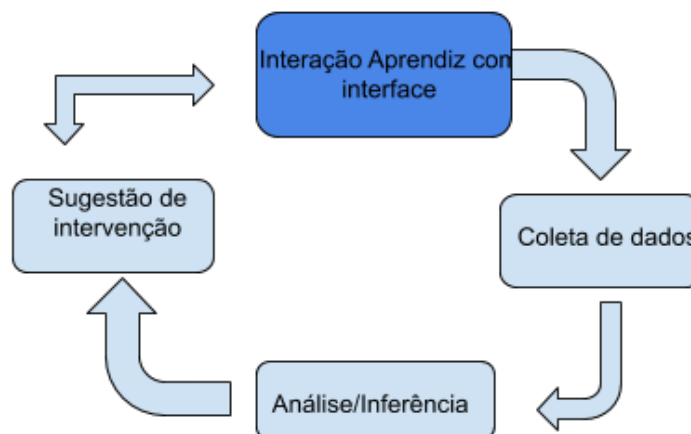
Emoções do estudante	Intervenções do agente
Caso o estudante apresente sinais de emoções negativas	Agente diz: “Estudantes costumam sentir dificuldades neste tipo de tarefa. Vamos ver alguns exemplos para inspirar-lhe.” Neste ponto o agente sugere materiais de apoio.
Caso o estudante pareça entediado	Agente diz: “Você parece entediado. Esta etapa realmente é cansativa, vamos tentar algo mais dinâmico.” Neste ponto, o agente oferece conteúdos diferentes e mais dinâmicos para manter o foco do estudante.
Estudante apresenta progresso	Agente diz: “Parabéns! Você indo muito bem, continue assim.”
Estudante apresenta demasiada facilidade	Agente diz: “Excelente! Você parece ter compreendido muito bem este conteúdo. Que tal algo mais desafiador?” Neste ponto, o agente sugere a opção de apresentar conteúdos mais avançados.

Fonte: adaptado de Picard (2009).

Inicialmente, propõe-se que as intervenções sejam feitas em formato de caixas de diálogo, e da maneira menos invasiva possível, evitando poluir a tela, ou atrapalhar a visão do usuário. No tocante a este ponto, o cuidado com a interface humano-computador é muito importante, uma vez que o mal-uso de recursos visuais pode surtir o efeito oposto ao desejado, deixando o aluno irritado, levando-o a perder o interesse.

Ressalta-se aqui, que no Quadro 2 tomou-se o cuidado de ao formular as frases, as mesmas ao invés de focar em pontos negativos, ter-se o tato de focar em soluções ou incentivos. Atesta-se a isso, pois, segundo Picard (2009), os estudantes geralmente trazem consigo uma percepção negativa sobre eles mesmos, e portanto, o suporte motivacional pode levar o aluno a persistir por mais tempo em suas atividades.

Figura 17 - Ciclo de relacionamento do aprendiz com o processo de inferência da afetividade



Fonte: a autora (2019)

A Figura 17 representa de forma geral o ciclo ao qual esta funcionalidade estará inserida. Enquanto o estudante está ativo, e por conseguinte interagindo com a interface, o módulo responsável estará coletando os dados, analisando e inferindo resultados. Com isso, baseando-se nos critérios anteriormente estabelecidos, irá intervir quando necessário, ao que o estudante acatará a sugestão ou apenas continuará com suas atividades, e assim sucessivamente, até cessar a seção do usuário.

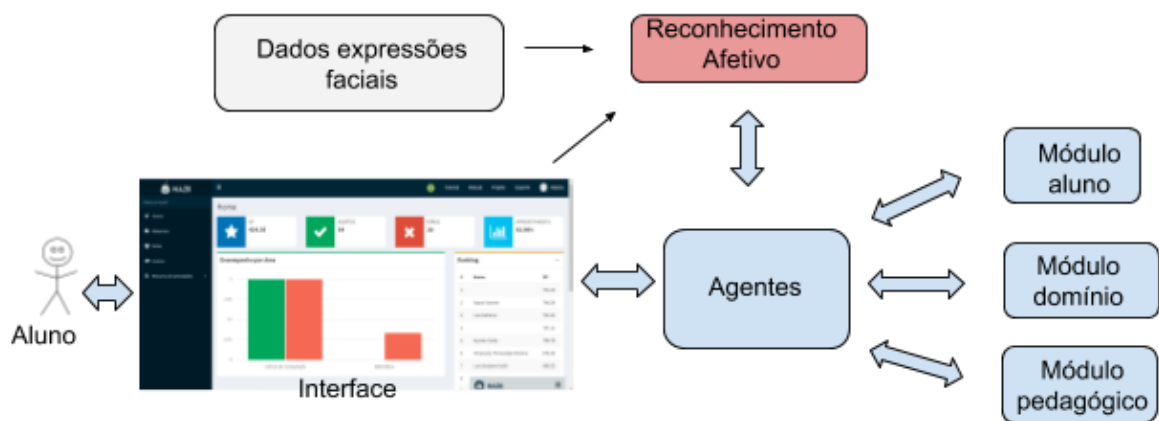
Ainda, considerando-se que o MAZK atende a diferentes públicos, a saber, estudantes de nível básico, médio e superior, é fundamental que se pense em abordagens que sejam condignas com cada nível. É evidente que um aluno do sistema básico de ensino não interpreta informações da mesma forma que um estudante de nível superior, da mesma forma que não responde aos mesmos incentivos.

A julgar estas afirmações, entende-se que os recursos utilizados podem variar de acordo com o nível educacional ao qual se insere o aprendiz. Por conta disso, propõe-se que, ao elaborar os diálogos com os usuários, deve-se atentar-se a fatores que correspondam às melhores abordagens para cada nível. Nesse sentido, considera-se que ao abordar aprendizes de nível escolar básico, deve-se aplicar maneiras que chamem atenção destes alunos, como por exemplo, utilizando-se de recursos lúdicos, referências a personagens animados, ou ainda, diálogos mais simples e curtos, evitando-se textos e termos que podem soar complexos ou cansativos.

5.4 MÓDULO DE RECONHECIMENTO AFETIVO

Nesta seção, têm-se por objetivo discutir e propor um modelo de arquitetura ao MAZK, agregado com as novas funcionalidades apresentadas. Nesse sentido, a Figura 18 exibe uma proposta de arquitetura contemplando estas novas tecnologias, inserindo-se o módulo Reconhecimento Afetivo.

Figura 18 - Arquitetura proposta



Fonte: a autora (2019)

Esta figura representa de maneira geral, a arquitetura atual do MAZK acrescida do módulo de reconhecimento afetivo. Este, recebe dados por duas vias: através do software de reconhecimento facial utilizado; e informações obtidas da interface, quando relativo às ações do usuário no sistema, estas todas presentes em seu log.

Bem como os demais módulos, o mesmo compartilha informações com os agentes, que se comunicando com o módulo aluno e pedagógico, armazenam as informações pertinentes relativos tanto às emoções de cada aprendiz, como as metodologias pedagógicas a serem empregadas de forma adequada para cada situação. Dessa forma, o módulo se comunicará com os agentes, que já realizam a comunicação com os módulos de aluno, domínio e pedagógico.

O módulo pedagógico, a partir das informações inferidas no que tange os dados dinâmicos quanto aos estados de ânimo do aprendiz, será responsável por delimitar a melhor abordagem de intervenção pedagógica ao estudante. Dessa forma,

será abastecido com materiais referentes às abordagens de intervenção elencadas na seção anterior, em conformidade com as informações atualizadas do aluno.

O módulo aluno receberá informações dinâmicas acerca do estado afetivo deste, e armazenará para que possa sincronizar com os demais dados, estáticos (nome, idade, nível, entre outros) e dinâmicos (desempenho, estado cognitivo), que moldam o perfil de cada aprendiz. Com isso, estima-se ser possível detectar através de padrões por usuário, por exemplo, com que frequência o aluno costuma ficar cansado, abalado ou excitado, perceber que tipo de material mais o motiva ou mais o deixa frustrado, além de que tipo de atividade o estudante estava realizando quando se desencadeou o gatilho para um estado de ânimo negativo. Dessa forma, torna-se possível trabalhar para prevenir estes estados posteriormente. Por intermédio disso, acredita-se ainda que as informações acerca dos alunos ficarão mais robustas e completas, aprimorando a inteligência do tutor.

A interação com o módulo domínio, dá-se na escolha de elementos indicados. O módulo precisa compreender que os materiais devem ser coerentes com o estado afetivo apresentado, ademais, deve permanecer em concordância com os demais módulos, conforme atualmente.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho foi desenvolvido buscando-se atender a seus objetivos expostos. Dentre eles, salienta-se o de buscar compreender os conceitos que circundam as tecnologias relacionadas a Computação Afetiva e IAED, e formular uma proposta de aplicação ao Sistema Tutor Inteligente MAZK. Partiu-se do pressuposto de que a mesma possa ser usada como arcabouço teórico no que tange os recursos necessários para tal aplicação, atendendo a trabalhos futuros.

Ao longo desse estudo, constatou-se por diversos autores das áreas de computação, psicologia, dentre outras, que, de fato a afetividade interfere até certo ponto nas atividades cognitivas do ser humano. Com isso, ao se tratar de novas tecnologias, como é o caso do Sistema MAZK, direcionar o foco em integrar essas duas esferas faz-se fundamental para um desempenho mais robusto do tutor.

Considerando-se o que compreende o objetivo principal, quanto a ser capaz de formular uma proposta ao Sistema Tutor Inteligente MAZK a partir dos conhecimentos obtidos, foi possível vislumbrar que este objetivo foi alcançado. Para que isso fosse possível, verificou-se num primeiro momento, diferentes métodos de captura de dados que seriam viáveis para o ambiente, seguido dos indicadores necessários para validação de estado afetivos e suas inferências sobre o processo de ensino-aprendizagem. Ainda, elencou-se algumas possíveis metodologias para intervenções inteligentes a serem utilizadas no tutor, com o intuito de estabelecer uma relação afetiva entre STI e aluno, propondo um módulo responsável por tal.

Mediante o exposto, foram constatadas algumas técnicas que se mostraram mais adequadas ao contexto do MAZK. Nesse sentido, para detecção dos dados necessários para análise, observou-se que um conjunto de três metodologias podem atender melhor aos critérios estabelecidos. Desse modo, a primeira metodologia escolhida foi a de detecção de expressões faciais, observada como uma das mais importantes formas de captura de dados afetivos. O segundo método escolhido foi o de auto avaliação, cujo o qual o próprio aluno insere informações acerca de seus sentimentos em determinado instante. Por fim, também foi avaliado e proposto o método de observação comportamental, cujo qual se refere aos dados quanto as interações do usuário com a interface.

Têm-se que esses três métodos combinados devem ser capazes de fornecer uma boa base para estudo de captura de dados afetivos, uma vez que se complementam em seus objetivos, e validam-se entre si. Ou seja, é possível verificar através das informações do aluno, se de fato ele estava sentindo emoções positivas ou negativas de acordo com o que o sistema inferiu, e assim, tornando o resultado mais consistente.

Quanto a segunda etapa da proposta, verificou-se que é de suma importância tratar os dados de forma adequada, uma vez que é essa etapa que interferirá diretamente no objetivo final de estabelecer a relação afetiva no tutor, e que valida o uso dos dados cooptados. Portanto, inferiu-se que, neste caso, a forma adequada de validação dá-se por meio da combinação de indicadores afetivos-cognitivos, ou seja, validação através de valências positivas e negativas.

Por fim, na terceira etapa desta proposta, foi possível observar que primordialmente é preciso estabelecer as circunstâncias corretas para intervenção do tutor, a fim de se chegar ao resultado esperado. Não obstante, tão importante quanto, é usar-se da abordagem correta, a fim de não obter-se o resultado oposto ao desejado. Neste trabalho, optou-se por se utilizar de técnicas de incentivos, feedbacks, e indicação de conteúdo. Desta forma, o STI terá o papel de auxiliar aqueles que apresentarem mais dificuldades, sugerindo dicas e materiais, ao passo que avalia positivamente o bom desempenho daqueles que não apresentarem sinais de maiores dificuldades e dados emocionais negativos.

Uma vez apresentados estes aspectos, espera-se ser possível que o presente trabalho contribua como apoio e base para desenvolvimento das funcionalidades na plataforma. Se continuados, estes trabalhos podem contribuir, sobretudo, para uma pedagogia virtual mais avançada e próxima da tutoria humana, beneficiando inúmeros estudantes. Outrossim, deverão colaborar para o avanço desta área de pesquisa que, no Brasil é relativamente nova, carecendo de resultados concretos.

Portanto, vê-se em trabalhos futuros uma vasta jornada em direção a um tutor mais adaptável e incisivo, no que tange compreender de fato todas as esferas do que engloba a aprendizagem humana. Vislumbrando-se estes trabalhos, é importante destacar que atualmente já existe uma equipe, compostos por alunos participantes do LabTeC, cuja qual está trabalhando no processo de reconhecimento facial, com pretensões futuras de ser capaz de abstrair sentimentos de seus usuários. Segundo

Silva (2018), está sendo elaborado um *dataset* próprio de faces capturadas de diferentes pessoas, e com a ajuda de redes neurais convolutivas, será possível reconhecer expressões apresentadas. Com este escopo teórico, almeja-se contribuir com a base necessária para implementar funcionalidades correlatas a Computação Afetiva em trabalhos futuros no Sistema Tutor MAZK.

Ainda, sugere-se aqui que, ao aplicar-se a Computação Afetiva, também seja estudado a colaboração dos professores no processo de formulação do método pedagógico a ser utilizado. Isso porque, como exposto neste trabalho, os professores já possuem as capacidades de discernimento no que tange este aspecto da interatividade humana.

Ademais, sugere-se ser de suma relevância estudar fatores de acessibilidade, buscando compreender as mais variadas formas de expressões afetivas cognitivas, como pessoas autistas, com síndrome de down, dentre outras. Com isso, pode-se tornar o sistema mais inclusivo e assertivo em seus métodos pedagógicos.

REFERÊNCIAS

BERCHT, M. **Em direção a agentes pedagógicos com dimensões afetivas**. 2001.

BITTENCOURT, William Nunes *et al.* **A utilização do tutor inteligente MAZK no processo de ensino-aprendizagem**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PTIC0043-D.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

CANAL, Z. F; PERREIRA, V. F; CANAL, R; SILVA, V; POZZEBON, E; FRIGO, B. L. MAZK: Desenvolvimento de um ambiente inteligente de aprendizagem. In: COMPUTER ON THE BEACH, 9., 2018. **Anais [...]**. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/12814/7311>. Acesso em: 10 nov, 2019.

CIEB. Notas Técnicas. **Inteligência Artificial na Educação**. 2019. Disponível em: http://cieb.net.br/wp-content/uploads/2019/11/CIEB_Nota_Tecnica16_nov_2019_digital.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

CUNHA, F. O; DA SILVA, Júlia, M. C. Análise das dimensões afetivas do tutor em turmas de EaD no ambiente virtual Moodle. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO: SBIE. 20., 2009. **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1190/1093>. Acesso em: 09 nov. 2019.

SILVA, J. V. *et al.* **Explorando afeto e sócioenação no cenário de um hospital**. Campinas: Instituto de Computação; Unicamp, 2019. (relatório técnico). Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~reltech/2019/19-02.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.

ELBEH, H. M. A. **A personalized emotional intelligent tutoring system**. 2012. Thesis (PhD) - Faculty of Engineering and Computer Science, Ulm University, Ulm, Germany, 2012. Available at: https://oparu.uni-ulm.de/xmlui/bitstream/handle/123456789/2477/vts_8205_11998.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Access in: 08 nov. 2019.

EMILIANO, J. M. Vigotski: a relação entre afetividade, desenvolvimento e aprendizagem e suas implicações na prática docente. **Cadernos de Educação: ensino e sociedade**, Bebedouro, v. 2, n. 1, p. 59-72, 2015. Disponível em: <http://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/cadernodeeducacao/sumario/35/06042015200306.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2019.

FRIGO, L. B; POZZEBON, E; BITTENCOURT, G. **O papel dos agentes inteligentes nos sistemas tutores inteligentes**. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, s.n., 2004. **Anais [...]**. São Paulo: WCE, 2004.

Disponível em:
http://home.ufam.edu.br/hiramamaral/04_SIAPE_FINAL_2016/SIAPE_Biblioteca%20Geral/00000_MeDSE_Mendeley_2015/MeDSE_AGentes_Estado%20da%20arte/frigo04a.pdf. Acesso em: 07 nov. 2019.

IEPSEN, E, F; BERCHT, M; REATEGUI, E. Detecção e tratamento do estado afetivo frustração do aluno na disciplina de algoritmos. In: Brazilian Symposium on Computers in Education: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE: 2012. **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1578>

GEETHANJALI, B., ADALARASU, K., HEMAPRABA, A., PRAVIN, Kumar, S., & Rajasekeran, R. (2017). Emotion analysis using SAM (Self-Assessment Manikin) scale. **Biomedical Research (0970-938X)**, 28. Disponível em: <https://www.alliedacademies.org/articles/emotion-analysis-using-sam-selfassessment-manikin-scale.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

JAQUES, A. P; NUNES, M. A. S. N; ISOTANI, S; BITTENCOURT, I. **Computação afetiva aplicada a educação: Dotando sistemas tutores inteligentes de habilidades sociais**. Acessado em: 15, Jul 2019.

LIU, X; ZHANG, L; YADEGAR, J; KAMAT, N. **A Robust Multi-modal Emotion Recognition Framework for Intelligent Tutoring Systems**. 2011.

LONGHI, M, T; BERCHT, MG; BEHAR, P, A. **Reconhecimento de Estados Afetivos do Aluno em Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Acessado em: 15, Set 2019.

LONGHI, M. T., REATEGUI, E., BERCHT, M., & BEHAR, P. A. (2007). **Um estudo sobre os fenômenos afetivos e cognitivos em interfaces para softwares educativos**. *Renote*, 5(1).

LONGHI, M. T; BERCHT, Magda; BEHAR, Patricia Alejandra. **Reconhecimento de estados afetivos do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem**. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS., 2007.

MANO, L. Y., Mazzo, A., NETO, J. R., MESKA, M. H., GIANCRISTOFARO, G. T., UEYAMNA, J., & JUNIOR, G. A. (2019). **Using emotion recognition to assess simulation-based learning**. *Nurse education in practice*, 36, 13-19.

PICARD, R. W. **Affective computing**. MIT press, 2000.

PINTO, F. E. M. Os (des) afetos da inteligência... O possível diálogo entre cognição e afetividade. **Publicatio UEPG: Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes**, v. 13, n. 1, 2005.

POZZEBON, E; BITTENCOURT, G; CARDOSO, J. **Uma arquitetura multiagente para suporte ao aprendizado em grupo em sistemas tutores inteligentes.**

In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2005. p. 179-189.

RAABE, A. L. A. **Uma proposta de arquitetura de sistema tutor inteligente baseada na teoria das experiências de aprendizagem mediadas.** 2005. Tese de

Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

REIS, H. M.; Maillard, P. A. J.; Isotani, S. (2018). **Sistemas tutores inteligentes que detectam as emoções dos estudantes: um mapeamento sistemático.** *Brazilian Journal of Computers in Education*, 26(03), 76.

SARRAFZADEH, A; ALEXANDER, S; DADGOSTAR, F; FAN C; BIGDELI, A. **See Me, Teach Me: Facial Expression and Gesture Recognition for Intelligent Tutoring Systems.** Acessado em: 15, Set 2019.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: EGC, 2001.

SILVA, V. I. **Um modelo para utilização da metodologia ativa aprendizagem baseada em casos no Sistema Tutor Inteligente MAZK.** 2019. No prelo.

TASSONI, E. C. M. **Afetividade e produção escrita: a mediação do professor em sala de aula.** (2000).

TASSONI, E. C. M; DA SILVA LEITE, Sérgio Antônio. Um estudo sobre emoções e sentimentos na aprendizagem escolar. **Comunicações**, v. 18, n. 2, p. 79-91, 2011.

VANLEHN, K. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 4, p. 197-221, 2011.

VICCARI, R. M; GIRAFFA, L.M. M. **Sistemas Tutores Inteligentes: abordagem tradicional x abordagem de agentes.** XIII Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, Curitiba, 1996.

VIDOTTO, K. N. S., Lopes, L., POZZEBON, E., & FRIGO, L. (2017, October). **Ambiente Inteligente de Aprendizagem MAZK com alunos do Ensino Fundamental II na disciplina de Ciências.** In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 28, No. 1, p. 1367).

WOOLF, B., BURLESON, W., ARROYO, I., DRAGON, T., COOPER, D., & PICARD, R. Affect-aware tutors: recognising and responding to student affect. **International Journal of Learning Technology**, v. 4, n. 3-4, p.129-164, 2009.