

**Universidade Federal de Alagoas
Coordenação de Pós-graduação do IQB/UFAL
Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para Inovação**

Flávio Santos da Silva

**Avalon: Sistema Web Especialista para
Avaliação por Competências Utilizando Lógica
Nebulosa**

Maceió, 2019

Flávio Santos da Silva

**Avalon: Sistema Web Especialista para
Avaliação por Competências Utilizando Lógica
Nebulosa**

Orientador: Prof. Dr. Ibsen Mateus Bittencourt

Co-orientadora: Tatiane Luciano Balliano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

Maceió, 2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário Responsável: Marcelino de Carvalho

S586a Silva, Flávio Santos da.
Avalon : sistema *web* especialista para avaliação por competências utilizando lógica
nebulosa / Flávio Santos da Silva. – 2019.
148 f. : il.

Orientador: Ibsen Mateus Bittencourt.

Coorientadora: Tatiane Luciano Balliano.

Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional de Propriedade Intelectual e
Transferência de Tecnologia para Inovação) – Universidade Federal de Alagoas.
Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2019.

Bibliografia: f. 120-125.

Apêndices: f. 126-148.

1. Avalon (Software). 2. Desempenho - Avaliação. 3. Conjuntos difusos. I. Título.

CDU: 004.4:65.015.25



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO**



BR 104 Km14, Campus A. C. Simões
Cidade Universitária, Tabuleiro dos Martins
57072-970, Maceió-AL, Brasil
Fone: (82) 3214-1144
Email: profnit.ufal@gmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

FLÁVIO SANTOS DA SILVA

**AVALON: SISTEMA WEB ESPECIALISTA PARA AVALIAÇÃO POR COMPETÊNCIAS
UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para Inovação, como requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para Inovação.

Dissertação aprovada em 3 de setembro de 2019.

COMISSÃO JULGADORA:

PROF. DR. IBSEN MATEUS BITTENCOURT SANTANA PINTO
(Orientador – PROFNIT/UFAL)

Tatiane Luciano Balliano

PROFA. DRA. TATIANE LUCIANO BALLIANO
(PROFNIT/UFAL)

PROF. DR. EDUARDO SETTON SAMPAIO DA SILVEIRA
(PROFNIT/UFAL)

PROF. DR. ALAN PEDRO DA SILVA
(PPGCI/UFAL)

Acredite em si próprio e chegará um dia em que os outros não
terão outra escolha senão acreditar com você. – Cynthia Kersey

Resumo

Esse trabalho visa apresentar uma alternativa eficaz e eficiente no que tange ao processo avaliativo tradicional presente massivamente nas instituições de ensino atualmente. A estrutura do sistema utiliza a metodologia de avaliação por competências juntamente com a lógica nebulosa para determinação de conceito para alunos em um processo avaliativo específico. As regras fuzzy utilizadas no sistema web especialista foram criadas respeitando as três etapas do ciclo fuzzy sendo as mesmas as subdivisões do raciocínio fuzzy. Esse sistema especialista foi testado em nove cenários reais de turmas de diversos cursos técnicos. Os resultados produzidos pelo sistema foram comparados estatisticamente com os resultados gerados por meio da avaliação dos docentes das nove turmas e averiguou-se que tal sistema nebuloso gerou resultados bastante lineares, padronizados e de modo automático. Além disso, como foi gerado com esse trabalho um estudo prospectivo de tecnologias educacionais, um software que contém o algoritmo proposto e o pedido de registro do respectivo software e da sua marca.

Palavras-chave: Avaliação, Competências, Lógica, Fuzzy, Sistema.

Abstract

This term paper aims to present an effective and efficient alternative to the traditional evaluative process massively present in educational institutions today. The structure of the system uses the methodology of competency evaluation along with the nebulous logic to determine the concept for students in a specific evaluation process. The fuzzy rules used in the expert web system were created respecting the three steps of the fuzzy cycle, being the same subdivisions of fuzzy reasoning. This expert system has been tested in nine real class scenarios from various technical courses. The results produced by the system were statistically compared with the results generated by the teachers' evaluation of the nine classes and it was verified that such a nebulous system generated very linear, standardized and automatic results. Moreover, as this work generated a prospective study of educational technologies, a software that contains the proposed algorithm and the application for registration of the respective software and its brand.

Keywords: Evaluation, Competency, Logic, Fuzzy, System.

Lista de Figuras

Figura 1: Gráfico da Função de Pertinência Triangular.	35
Figura 2: Gráfico da Função de Pertinência Trapezoidal.	36
Figura 3: Gráfico da Função de Pertinência Gaussiana.	37
Figura 4: Gráfico da Função de Pertinência em formato de Sino.	38
Figura 5: Gráfico da Função de Pertinência Sigmoidal.	39
Figura 6: Metodologia de trabalho dividida em fases.	51
Figura 7: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria ciências.	56
Figura 8: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria leitura.	56
Figura 9: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria matemática.	56
Figura 10: Crescimento dos depósitos de patentes por classificações de tecnologias educacionais de 2013 a 2017.	59
Figura 11: Distribuição das patentes por categoria CIP utilizando o cruzamento (education* and technolog*).	60
Figura 12: Distribuição das patentes por categoria CIP utilizando o cruzamento (educa* and technolog*).	62
Figura 13: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para as categorias Ruim, Regular e Bom.	72
Figura 14: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Ruim.	74
Figura 15: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Regular.	75
Figura 16: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Bom.	75
Figura 17: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para as categorias Ruim, Regular e Bom com as pertinências destacadas.	76
Figura 18: Defuzzificação para obtenção do IE utilizando Centro do Máximo.	76
Figura 19: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para os conceitos A, B, C, D e E.	77
Figura 20: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito E.	82
Figura 21: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito D.	82
Figura 22: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito C.	83
Figura 23: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito B.	83
Figura 24: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito A.	84
Figura 25: Gráfico de função de pertinência trapezoidal para os conceitos A, B, C, D e E com as pertinências destacadas.	84
Figura 26: Defuzzificação para obtenção do CSP utilizando Centro do Máximo.	85
Figura 27: Caso de uso da aplicação Avalon.	87
Figura 28: Arquitetura do Avalon.	92
Figura 29: Diagrama ER do banco de dados do sistema Avalon.	94
Figura 30: Diagrama de Classes do sistema Avalon.	95
Figura 31: Diagrama de sequência do caso de uso Manter Avaliação.	97
Figura 32: Diagrama de sequência do caso de uso Manter Situação-Problema – Cadastro.	98
Figura 33: Tela inicial do sistema apresentando as opções de menu “Home”, “Relatórios”, “Situação Problema”, “Avaliações” e “Logout”.	100
Figura 34: Tela para cadastro de situação-problema.	102
Figura 35: Página de relatório dos conceitos atribuídos a cada aluno de uma disciplina.	104

Figura 36: Tela de atribuição do atendimento das evidências a determinado aluno.	106
Figura 37: Funções que efetuam o cálculo do conceito do aluno.....	107
Figura 38: Método que efetua a chamada dos demais métodos que realizam os cálculos nebulosos.	110
Figura 39: Gráfico Comparativo de todos os conceitos atribuídos pelos docentes com os conceitos gerados pelo sistema.....	117

Lista de Quadros

Quadro 1: Comparativo entre Avaliação Quantitativa e Avaliação Qualitativa.	19
Quadro 2: Modelo Taylorista-Fordista em comparação ao Modelo Toyotista.	24
Quadro 3: Operações com conjuntos fuzzy.	31
Quadro 4: Comparativo entre os trabalhos que utilizam o Raciocínio Fuzzy com e para variados tipos de avaliação.	47
Quadro 5: Palavras-chave utilizadas nas pesquisas de patentes.	53
Quadro 6: Cruzamentos de palavras-chave e operadores utilizados nas pesquisas de patentes.	54
Quadro 7: Maiores países depositantes de patentes para o cruzamento (education* and technolog*) na base WIPO.	55
Quadro 8: Maiores depósitos de patentes para as strings criadas a partir do levantamento feito Cardoso et al (p392, 2015).	57
Quadro 9: Patentes encontradas na base WIPO para os tipos de tecnologias educacionais.	57
Quadro 10: Patentes encontradas na base WIPO para as classificações de tecnologias educacionais.	58
Quadro 11: Maiores depositantes de patentes na base WIPO para o cruzamento (education* and technolog*).	60
Quadro 12: Resultados de patentes buscadas na base INPI.	61
Quadro 13: Modelo de situação-problema utilizado como base para a avaliação docente.	66
Quadro 14: Situação-Problema com capacidades e critérios de avaliação com pesos e evidências com sua criticidade.	70
Quadro 15: Inferência das evidências.	73
Quadro 16: Regras fuzzy para capacidade com peso 5.	78
Quadro 17: Regras fuzzy para capacidade com peso 4.	79
Quadro 18: Regras fuzzy para capacidade com peso 3.	79
Quadro 19: Regras fuzzy para capacidade com peso 2.	80
Quadro 20: Regras fuzzy para capacidade com peso 1.	80
Quadro 21: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Cadastro.	88
Quadro 22: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Edição.	89
Quadro 23: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Exclusão.	90
Quadro 24: Descrição do Caso de Uso Manter Avaliação.	91
Quadro 25: Conceitos que um aluno pode receber numa situação-problema.	111
Quadro 26: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Administração, na disciplina de administração mercadológica e processos comerciais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	112
Quadro 27: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Edificações, na disciplina de gestão de pessoas em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	112
Quadro 28: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Eletrotécnica, na disciplina de projetos de sistemas elétricos industriais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	113
Quadro 29: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Eletrotécnica, na disciplina de projetos de sistemas elétricos prediais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	113

Quadro 30: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Informática, na disciplina de lógica de programação, para a turma 01, em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	113
Quadro 31: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Informática, na disciplina de lógica de programação, para a turma 02, em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	114
Quadro 32: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Manutenção de Máquinas Industriais, na disciplina de comunicação e informática em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	114
Quadro 33: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Petroquímica, na disciplina de gestão de pessoas em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	115
Quadro 34: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Redes de computadores, na disciplina de fundamentos de eletroeletrônica em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.	115
Quadro 35: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Administração, na disciplina de Administração mercadológica e processos comerciais.	128
Quadro 36: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Edificações, na disciplina de Gestão de pessoas.	132
Quadro 37: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Eletrotécnica, na disciplina de Projetos de sistemas elétricos industriais.	136
Quadro 38: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Eletrotécnica, na disciplina de Projetos de sistemas elétricos prediais.	139
Quadro 39: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos das duas turmas do curso Técnico em Informática, na disciplina de Lógica de programação. ..	142
Quadro 40: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Manutenção de Máquinas Industriais, na disciplina de Comunicação e informática.	143
Quadro 41: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Petroquímica, na disciplina de Gestão pessoas.	145
Quadro 42: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Redes de Computadores, na disciplina de Fundamentos de eletroeletrônica.	146

Lista de Equações

Equação 1: Função de pertinência do subconjunto fuzzy.....	30
Equação 2: Contradomínio do subconjunto fuzzy.....	31
Equação 3: Subconjunto fuzzy F de U	31
Equação 4: Suporte de F para um conjunto clássico de U	31
Equação 5: Função de pertinência da avaliação de um aluno.	34
Equação 6: Função de pertinência Triangular.	35
Equação 7: Função de pertinência Trapezoidal.	36
Equação 8: Função de pertinência Gaussiana.....	36
Equação 9: Função de pertinência Sino (ou sinóide).	37
Equação 10: Função de pertinência Sigmoidal.....	38
Equação 11: Implicação mínima ou Mamdani.	40
Equação 12: Fórmula centróide de defuzzificação.....	41
Equação 13: Função de pertinência do índice das evidências.	72
Equação 14: Média ponderada para o cálculo do MCE.	74
Equação 15: Função de pertinência para o conceito da situação-problema.	77
Equação 16: Média ponderada para o cálculo do MCSP.	81

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Motivação	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	Organização do Trabalho	16
2	Revisão da Literatura	18
2.1	O Processo Avaliativo	18
2.2	Metodologia de Avaliação por Competências	23
2.3	Lógica Fuzzy	27
2.3.1	Conjuntos difusos	29
2.3.2	Etapas do Raciocínio Difuso	32
2.3.2.1	Fuzzificação	32
2.3.2.2	Inferência	39
2.3.2.3	Defuzzificação	41
2.3.3	Aplicações da Lógica Nebulosa	42
2.4	Trabalhos relacionados	43
3	Metodologia	50
4	Prospectando tecnologias educacionais	52
5	Proposta do Algoritmo Fuzzy e Sistema Web	63
5.1	Lógica Fuzzy e Metodologia de Avaliação por Competências	64
5.1.1	Conceito Parcial da Situação-Problema	71
5.1.1.1	Aplicando Lógica Fuzzy para Obter os Índice das Evidências	71
5.1.1.1.1	Fuzzificando os Índice das Evidências	71
5.1.1.1.2	Inferindo o Índice das Evidências	73
5.1.1.1.3	Determinando o Índice das Evidências	74
5.2.1	Conceito Final da Situação-Problema	77
5.2.1.1	Fuzzificando o Conceito da Situação-Problema	77
5.2.1.2	Inferindo o Conceito da Situação-Problema	78
5.2.1.3	Determinando o Conceito Final da Situação-Problema	81
5.2	Sistema Web Especialista Nebuloso: Avalon	86
5.2.1	Requisitos e Atores do Sistema	86
5.2.2	Arquitetura e funcionamento do sistema	92
5.2.3	Projeto e desenvolvimento do sistema	93
5.2.3.1	Cadastrando uma situação-problema	99
5.2.3.2	Inserindo Atendimento das Evidências	105
5.3	Validando o Sistema	110
6	Considerações Finais	119
6.1	Trabalhos Futuros	120
	Referências	122
	Apêndice	128
	APÊNDICE A – Formulários das situações-problema utilizados na validação do sistema.	128

1 Introdução

1.1 Motivação

Para fundamentar suas decisões as pessoas utilizam como prática o ato de avaliar e adicionam essa forte característica do ser humano nas mais diversas atividades como: avaliar o que vestir, o que comer, quão perigosa ou importante é determinada atividade. O homem avalia praticamente tudo, inclusive o aprendizado.

De acordo com Luckesi (2011), avaliar consiste em atribuir qualidade aos resultados da aprendizagem, tendo por base seus aspectos essenciais e, como objetivo final, uma tomada de decisão que direcione o aprendizado e, conseqüentemente, o desenvolvimento do aluno. Isso significa que avaliar vai além de estipular um grau, uma nota, um valor. O processo avaliativo deve ser capaz de: verificar, julgar, estimar, situar, representar e determinar o estágio em que o indivíduo que está sendo avaliado se encontra. Portanto, para Araújo (2001) o processo avaliativo das escolas de ontem e que ainda está presente nas escolas de hoje não consegue cobrir todas as características de uma avaliação, pois os profissionais da educação estão meramente preocupados em avaliar o certo ou errado na sua própria visão, não acompanhando a evolução do processo ensino-aprendizagem.

Dessa forma, faz-se necessária a utilização de um método de avaliação que seja capaz de cobrir as características de uma avaliação. Um método eficaz que remova a responsabilidade do docente em ter que atribuir uma nota ou grau e que avalie os alunos diante das competências que eles realmente desenvolveram. Assim, tais alunos sairão com suas competências bem desenvolvidas e com a segurança que os conceitos aferidos ao aprendizado dos mesmos dizem respeito, de fato, ao conhecimento adquirido ao longo do processo de formação pelo qual passaram (PERRENOUD, 2006).

Assim, esse trabalho visa apresentar uma alternativa eficiente para o processo de avaliação de alunos. Uma solução computacional que considere as especificidades dos alunos e as competências a serem atingidas ao longo do processo, baseadas no perfil requerido e com métricas coerentes com o que o docente almeja averiguar na avaliação.

1.2 Justificativa

Uma vez que o processo avaliativo atualmente implementado na grande maioria das escolas não cobre todas as nuances que envolvem a avaliação, faz-se necessária a utilização de uma metodologia de avaliação que busque avaliar o aluno de forma diagnóstica, formativa e somativa e que esse processo seja objetivo, prático e eficiente. É preciso uma avaliação capaz de considerar todo o processo de aprendizado dos alunos, todas as suas etapas e suas particularidades. É necessário um mecanismo de avaliação que acrescente valor ao ciclo educacional.

Além disso, de acordo com Depresbiteris (2010, p10) “a avaliação de competências segue uma lógica diferente daquela de uma avaliação voltada para uma função classificatória (avaliação tradicional)”. A avaliação por competências busca verificar a capacidade do aluno no enfrentamento de situações concretas (SENAI, p110, 2012), sendo que seu foco não é apenas na tarefa, mas na mobilização e articulação dos recursos que o educando dispõe, construídos formal ou informalmente. Por isso, a metodologia de avaliação por competências encaixa-se perfeitamente como uma possível solução da problemática apresentada nesse trabalho que é avaliar as manifestações das competências do aluno a medida que ele vai adquirindo novos saberes e atribuir uma nota final, isto é, um conceito ao mesmo baseado nas capacidades e competências atingidas ou não.

Contudo, a avaliação por competência por si só não se caracteriza como fator inovador para o processo, uma vez que é uma metodologia relativamente antiga, ainda que pouco aplicada. É preciso que essa metodologia de avaliação seja utilizada juntamente com uma metodologia matemática atrelada a recursos computacionais para que esse processo de avaliação ganhe uma nova perspectiva, bem como novos e necessários indicadores (MARINHO, RABELO, p454, 2015).

Assim, o recurso matemático utilizado na solução computacional proposta nesse trabalho será a Lógica Fuzzy, também conhecida como Lógica Nebulosa ou Lógica Difusa, que foi escolhida por permitir avaliar variáveis pobremente definidas, em ambientes de complexidade e subjetividade, bem como trabalhar com variáveis linguísticas (VOSKOGLOU, p208, 2013). De fato, a avaliação do aprendizado estudantil é extremamente complexa e mais ainda subjetiva. Então, a Lógica Fuzzy

associada a avaliação por competências traz uma possível solução para esse difícil problema que é a avaliação estudantil, pois como apontam Aguado e Cantanhede (2011), a Lógica Fuzzy é bastante utilizada em ambientes incertos, necessitando somente de um modelo matemático que cubra a especificidade do cenário em que ela esteja sendo aplicada.

Merece nota também que soluções de software que considerem o processo avaliativo como o seu cerne representam somente 10% do total de estudos relacionados à educação (CARDOSO, SANTOS, GATTI, p03, 2015). Considerando que a avaliação consiste em uma das principais etapas do processo educativo, esse número indica uma clara deficiência nos estudos e soluções computacionais que poderiam tornar essa etapa do processo educacional mais rápida, prática e precisa.

Ademais, mesmo com diversas ferramentas de inteligência artificial e tomada de decisão disponível, as que utilizam lógica fuzzy requerem domínio de conhecimento matemático e, por vezes, computacional como é o caso do Matlab, FuzzyClips, sciFLT, Flip++, jFuzzy Qt, AForge.Net dentre outras. Então, esse trabalho apresenta uma solução computacional que encapsula para o usuário final todo o algoritmo de tomada de decisão. Além disso, o algoritmo proposto nesse trabalho para gerar os resultados das avaliações dos alunos foi especificamente projetado para atender o cenário de avaliação que leva em consideração a metodologia de avaliação por competências e situações-problema necessitando, assim, de uma estrutura modelada para esse contexto em específico. Consoante a essa circunstância, a proposta desse trabalho visa apresentar uma solução de avaliação para o dia-a-dia do docente, ou seja, avaliar alunos dentro de determinadas disciplinas produzindo um conceito para o aluno. Desse modo, a proposta desse trabalho distancia-se de modelos de avaliação em larga escala como, por exemplo, a Teoria de Resposta ao Item (TRI).

Justifica-se, portanto, essa pesquisa por apresentar uma alternativa de avaliação que utiliza a tecnologia, onde a lógica fuzzy funcionará como complemento à avaliação por competência, de modo a servir como base matemática para aferição dos conceitos dos alunos em sala de aula, porque para que a avaliação consiga ser prática e funcional é necessário que essa metodologia de avaliação seja utilizada juntamente com um método matemático atrelado a recursos computacionais. Por isso, nesse trabalho a metodologia de avaliação por competência será utilizada juntamente com um método matemático

atrelado a recursos computacionais para que o processo de avaliação se torne mais fácil de gerenciar, adaptável, prático e efetivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Esse projeto visa desenvolver um sistema web especialista de avaliação de alunos baseado na metodologia de avaliação por competências e no método matemático para tomada de decisão, a lógica nebulosa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudo prospectivo sobre o uso de tecnologias educacionais e qual o espaço que tecnologias que tratam do processo avaliativo ocupam nesse contexto;
- Desenvolver um sistema web especialista para avaliação por competências utilizando lógica nebulosa como motor para tomada de decisão;
- Estruturar uma avaliação por competência onde a lógica nebulosa (fuzzy) lidará com as informações de caráter avaliativo do aluno (entrada);
- Implementar um sistema que forneça o conceito que determinado aluno obteve na referida etapa de avaliação (saída);
- Validar o sistema em nove turmas de cursos técnicos a fim de comparar os conceitos gerados pelo sistema com as notas atribuídas aos alunos por meio de avaliadores/docentes.

1.4 Organização do Trabalho

Os próximos capítulos desse trabalho estão estruturados da seguinte forma:

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura e trata dos conceitos de avaliação e qual sua função e importância no ciclo educacional. Esse capítulo também

apresenta a metodologia de avaliação por competências, bem como seus pontos positivos e negativos quando comparada com a metodologia de avaliação tradicional. Ainda nesse capítulo são descritas as características e aplicações da lógica nebulosa e são apresentados trabalhos relacionados com essa proposta de pesquisa.

O capítulo 3 apresenta a metodologia de trabalho utilizada.

O capítulo 4 traz um estudo prospectivo sobre tecnologias educacionais, suas patentes, seu desenvolvimento no Brasil e no restante do mundo e uma projeção de evolução de tais tecnologias nos próximos anos.

O capítulo 5 descreve a proposta desse trabalho, com os algoritmos que foram implementados no sistema sendo descritos. Nesse capítulo também é apresentado o sistema web especialista nebuloso Avalon, bem como sua arquitetura e funcionamento.

O capítulo 6 trata da validação do sistema web proposto e descreve como o sistema se comportou em aplicações reais. Nesse capítulo estão os resultados gerados pelo sistema e o comparativo desses resultados com os conceitos produzidos pelos docentes sem a utilização do sistema.

O capítulo 7 apresenta as conclusões desse trabalho, destacando os principais resultados, as limitações da proposta e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão da Literatura

A revisão da literatura desse trabalho se propõe a descrever o processo avaliativo e as principais funções da avaliação. São descritos também o que vem a ser avaliação por competência, associando competência e avaliação e comparando as metodologias de avaliação tradicional com a metodologia de avaliação por competências.

Nessa revisão da literatura também é descrita a lógica fuzzy, suas características e aplicabilidades e, por fim, são apresentados, sucintamente, os trabalhos relacionados a essa proposta sendo realizado um comparativo entre as propostas descritas e esse trabalho.

2.1 O Processo Avaliativo

O ato de avaliar, conforme indica Vianna (1995), surgiu com o homem e é apresentado como um estado de observação, julgamento e, portanto, avaliação realizados pelo próprio homem. Tendo origem no latim, conforme aponta Luckesi (2011), o termo avaliar provém da composição a – valere, que quer dizer “dar valor a ...”. O termo avaliação significa “atribuir um valor ou qualidade a alguma coisa, ato ou curso de ação...”. Não se limita à configuração do valor atribuído ao objeto em questão, mas possui uma conseqüente decisão de ação.

Avaliar consiste em um processo contínuo, diário e inevitável que, consciente ou inconscientemente, começa a partir do momento em que acordamos (COSTA, 2004). Para muitos, avaliação pressupõe a mensuração sendo constantemente confundido com medir o que, aparentemente, se deve por sua própria origem histórica (SAVIANI, 2013). Contudo, avaliação não implica mensuração e vai muito além disso. Avaliar é emitir um juízo de valor a respeito de uma grandeza, com determinados propósitos (SANTOS, 1996). Por isso, toda avaliação deve possuir um propósito que a sustente e a justifique atribuindo valor e significado tanto para quem está avaliando quanto para quem é avaliado.

A avaliação deve ser um mecanismo de mediação a ser utilizado para encorajar o estudo ao aprendizado contínuo (HOFFMANN, 1991).

No entanto, o que se observa nas práticas educacionais é uma grande confusão, confunde-se avaliação com teste e/ou prova, avaliar passa a ser o

mesmo que medir e provar, fato constatado não só nas escolas, mas também na execução do modelo avaliativo adotado pelos governos brasileiros, desde a oficialização do Programa de Avaliação Estatal, a partir da década de 80, em todos os níveis de ensino do país (COSTA, 2004).

Dividindo-se entre qualitativa e quantitativa (DEPRESBITERIS, 2017, p14) uma avaliação significativa deve, na verdade, possuir essas duas funções. O Quadro 1 apresenta um exemplo de como seria com as duas avaliações constituindo uma única avaliação que possua tanto o caráter quantitativo como o avaliativo (SENAI, 2012, p124).

Quadro 1: Comparativo entre Avaliação Quantitativa e Avaliação Qualitativa.

Avaliação Quantitativa	Avaliação Qualitativa
1. Tem como base de julgamento os critérios quantitativos. 2. Seus critérios são explicitados por indicadores numéricos. 3. Seus padrões são medidos através de números. 4. É objetiva. 5. Permite uma abordagem focalizada e pontual e estruturada, utilizando-se de dados quantitativos. 6. A coleta de dados quantitativos se realiza através da obtenção de respostas estruturadas. 7. Técnicas de análise dedutivas e orientadas pelos resultados. 8. Resultados generalizáveis.	1. Quantificação numérica desejável do que deve ser acertado pelo aluno. 2. Estabelece padrões verificados através de fatos observáveis. 3. É subjetiva. 4. Tem características não estruturadas, é rica em contexto e enfatiza as interações. 5. A coleta de dados se realiza através de respostas que são semiestruturadas ou não-estruturadas. 6. As técnicas de análise são indutivas, orientadas pelo processo. 7. Resultados não são generalizáveis.
Exemplificação	
Quantidade de medidas realizadas pelo aluno para levantar uma alvenaria.	Solicitadas 5 medidas para o aluno realizar a construção da alvenaria, ele deverá acertar no mínimo 3 medidas na parede levantada.

Fonte: (SENAI, 2012, p124).

O Quadro 1 demonstra que para ser boa, a avaliação quantitativa deve refletir qualidade, uma vez que a qualidade não se desvincula da avaliação quantitativa e deve estar presente, de forma implícita ou explícita, no seu julgamento (SENAI, 2012, p124).

Quando uma avaliação considera apenas o quantitativo ela acaba tendo somente a função de medir sem parâmetros ou propósitos. Mlodinow (2008) endossa esse argumento ao afirmar que pais, professores e alunos se equivocam quanto ao significado de provas como o vestibular, e enólogos cometem os mesmos erros com relação à classificação de vinhos. De fato, avaliações como as que ocorrem em provas de vestibular possuem uma forte conotação quantitativa e acabam deixando completamente de lado a maioria dos pilares que estruturam uma avaliação verdadeira, a saber: Verificar, Julgar, Estimar, Situar, Representar e Determinar (COSTA, 2004).

Seja qual for o processo avaliativo, ele deve estar fundamentado nas três funções da avaliação: diagnóstica, formativa e somativa (DEROSA, FREIRE, 2017, p4). A avaliação diagnóstica objetiva a descoberta de dificuldades de aprendizagem e quais suas causas, permitindo inserir o aluno na etapa correspondente ao seu estágio de desenvolvimento. A avaliação formativa permite redirecionar o ensino e a aprendizagem, tendo em vista garantir a sua qualidade ao longo de um processo formativo. As informações obtidas por meio da avaliação somativa podem se constituir em informações diagnósticas para a etapa subsequente do ensino (SENAI, 2012, p122). Dessa forma, nenhuma avaliação é completa e real se deixar de considerar qualquer uma dessas três funções da avaliação.

O modo como se avalia sinaliza para os alunos o que o professor e a escola valorizam, sendo fundamental para a concretização do projeto educacional, conforme aponta Luckesi (2008).

O processo avaliativo que se predispõe somente a atribuir notas influencia também os professores, afetando suas relações, a maneira pela qual lecionam e o próprio currículo (SILVA, 2005). De fato, um processo avaliativo mal estruturado, incapaz de agregar valor e significado aos discentes faz com que a relação aluno-educador se torne cada vez mais espaçada, distante. Luckesi (2008) aponta que isso desmotiva o docente, pois da mesma forma que o aluno não consegue compreender a relação avaliação-conteúdo ministrado o professor também não compreende essa

ligação. Assim, docentes passam décadas lecionando sempre da mesma maneira, não se importando com as particularidades dos alunos e, conseqüentemente, não adaptam sua metodologia de ensino, afinal, a avaliação a qual os alunos serão submetidos não levará em conta tais particularidades.

Considerando que o aluno somente necessita de um grau (nota) para ser aprovado, Mlodinow (2008) aponta que muitos lançam mão de diversos meios inadequados para a obtenção desse grau. Dentre esses meios, Luckesi (2002) destaca:

- “Colar” durante as provas: Por não entender ou perceber um significado na avaliação os estudantes utilizam diversos meios para apenas conseguirem a nota necessária para serem aprovados. Os alunos não compreendem o porquê de serem avaliados, pois a avaliação quando ocorre sem considerar todo o processo de aprendizado dos alunos, quando ela não considera as especificidades dos seres humanos e quando não é realizada de maneira a proporcionar um significado a quem é avaliado ela apenas tem caráter quantitativo e não reflete a realidade do aprendizado do aluno.
- Decorar o assunto da prova: Com essa estratégia assunto permanece na memória do aluno somente enquanto ele não realiza a sua avaliação e, depois disso, todo aquele conteúdo decorado é totalmente esquecido e nunca mais utilizado. Portanto, nenhum saber novo é adquirido quando o aluno utiliza essa prática e infelizmente ela é usada em larga escala, pois o processo avaliativo vigente nas provas dá espaço para inúmeras estratégias de decoração momentânea de conteúdo.

Por vezes ocorre de alunos obterem notas altas sem ter estudado, ou colado na prova ou decorado o assunto. Essa probabilidade, conhecida como “chute”, é bastante alta e Mlodinow (2008), físico especialista em estatística e probabilidade, fez um estudo que num grupo de alunos que responderam uma prova apenas por meio de chutes e constatou que as chances de muitos alunos obterem notas altas é bastante elevada. Segundo o físico, em um grupo de alunos que se propõem a responder uma prova com questões apenas de verdadeiro ou falso existe a probabilidade de 45 alunos tirarem 80% da nota válida para aquela prova em um total de 100 alunos. Além disso, Mlodinow

(2008, p24) aponta que em uma classe de 25 alunos, a probabilidade de que ao menos um deles acerte 80% ou mais das questões, se todos os alunos estiverem apenas chutando as respostas, encontra-se em torno de 75%. Tais dados reforçam que uma avaliação apenas de caráter quantitativo é claramente insuficiente para avaliar os alunos de forma completa.

Na avaliação tradicional, perguntas devem ser respondidas em tempos previamente definidos, não levando em consideração que cada pessoa tem seu próprio tempo de aprender. Segundo Portilho e Sousa (2008) o aprendizado ocorre o tempo todo e no próprio tempo de cada indivíduo. Cada pessoa tem um tempo de aprendizagem diferente e aprende de um jeito singular.

Nesse tipo de avaliação o aluno geralmente não tem conhecimento do que será avaliado e isso dificulta para o discente comprovar que adquiriu o conhecimento e que atingiu as competências desejadas se ele sequer sabia que evidências seriam exigidas. Esse é possivelmente um dos mais fortes motivos que desestimulam o aluno. Por não saber em que será avaliado e porque será avaliado é praticamente impossível que o aluno valorize o processo de ensino e, conseqüentemente, o processo avaliativo.

A avaliação quantitativa consolidada na cultura escolar tem grande parte de suas características relacionadas à imersão dela numa dinâmica da pedagogia tradicional como aponta Melo (2012):

Inserido numa dinâmica da pedagogia tradicional, o processo avaliativo assume os princípios dessa concepção, os quais se centram em seus aspectos quantitativos, traduzindo numericamente nas notas que compõem os diários de classe.

Por meio do modelo tradicional de avaliação o conhecimento acabou desvalorizando-se e se transformou numa “coisa” que é medida por provas que possuem graus, isto é, escalas de notas. A mensuração do conhecimento tornou-se equivocada e este tipo de avaliação aplicada nos alunos está longe de ser uma real e completa avaliação.

Portanto, as avaliações que abordam a metodologia tradicional, em todos os níveis, estão padronizadas. Ainda que o processo educacional tenha evoluído ao longo dos anos o mesmo não ocorreu no quesito qualidade de avaliação. Sendo assim, os estudantes não aprendem o que as escolas se propõem a ensinar, pois criou-se um forte

instinto de aprendizado efêmero, isto é, limitado apenas ao espaço de tempo em que dura a avaliação, ou seja, a prova.

2.2 Metodologia de Avaliação por Competências

A sociedade contemporânea atual aponta para a necessidade de uma formação orientada ao desenvolvimento constante de competências que serão permitam que o indivíduo não somente desenvolva habilidades necessárias para suas atividades profissionais diárias, mas também para uma atuação ativa e consciente na sociedade possibilitando, assim, a auto realização do indivíduo.

A competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc.) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações e Perrenoud (2006) ainda reforça que a noção de competência designa uma “capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação”. Essa é, evidentemente, uma característica que os docentes tentam desenvolver em seus alunos na sala de aula. Contudo, vale salientar que a competência não é um estado de formação educacional ou profissional (MARINHO, RABELO, 2015, p444). Competência é a mobilização e aplicação de conhecimentos e capacidades dentro de uma situação específica, que possui recursos e restrições próprias a essa situação (ASSUMPÇÃO, 2011).

No Brasil, a educação começou a ser influenciada pela pedagogia das competências somente a partir da década de 1990 como apontam Perrenoud (2008), Costa (2004) e Marinho e Rabelo (2015). Essa demora do sistema educacional brasileiro em aplicar essa metodologia de avaliação tem resultados negativos até os dias atuais onde ainda existem poucas iniciativas voltadas para a educação por competências mesmo ela sendo, conforme argumenta MELLO (2011), a atual resposta para um velho problema: a permutação de conhecimentos.

Uma excelente maneira de demonstrar as diferenças entre uma educação voltada às competências e o modelo atualmente aplicado na maioria das escolas é a realização de um comparativo do Modelo Taylorista-Fordista com o Modelo Toyotista. Ainda que ambos sejam modelos voltados para produtos, isto é, para a indústria, eles se encaixam muito bem como representações da metodologia tradicional e da metodologia por competências, conforme pode ser observado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Modelo Taylorista-Fordista em comparação ao Modelo Toyotista.

Modelo Taylorista-Fordista (Análogo à metodologia tradicional de avaliação)	Modelo Toyotista (Análogo à metodologia de avaliação por competências)
1. Capacidade de cumprir tarefas. 2. Capacidade de realizar tarefas simples e repetitivas. 3. Disciplina e obediência às instruções. 4. Trabalho individual e isolado. 5. Conhecimentos técnicos especializados e limitados.	1. Capacidade de iniciativa, de tomada de decisões e de assumir responsabilidades. 2. Capacidade de realizar tarefas variadas e complexas. 3. Capacidade de identificar e resolver problemas com base em uma compreensão global. 4. Capacidade de adaptação às mudanças e ao trabalho em equipe. 5. Nível elevado de conhecimentos técnicos transferíveis.

Fonte: Adaptado, SENAI (2012).

O ensino voltado para o desenvolvimento de competências permite que o aluno erre para conseguir encontrar a melhor resposta, ainda que essa melhor resposta não seja a que o docente oferece, pois há diversos caminhos para o desenvolvimento de determinada competência. Nessa metodologia o aluno pode e deve encontrar meios de adquirir determinado conhecimento, cabendo ao docente o papel de mediador e não de detentor de todos os caminhos e meios possíveis. Portilho (2008) endossa essas palavras ao afirmar que “os erros fazem parte da aprendizagem e faz-se necessário aprender a errar e errar para aprender até encontrar o caminho para atingir o conhecimento”, sendo esse argumento reforçado por Tanus e Darsie (2012, p171) e por Sousa e Sousa (2012, p6).

Analisando as características dos dois modelos apresentados no Quadro 2, fica claro que, enquanto o modelo Taylorista-Fordista (análogo à metodologia clássica) prioriza a mecanização, o resultado pelo resultado, o modelo Toyotista (análogo à metodologia por competências) requer um indivíduo pensante, formador de opinião e autônomo em suas decisões.

Para evidenciar a competência de um aluno em executar determinada tarefa é preciso que ele passe por um processo avaliativo. Contudo, face ao exposto, o processo avaliativo que é hoje aplicado em massa na maioria das escolares não consegue atestar se o aluno adquiriu determinado conhecimento ou não (COSTA, 2004), tornando a metodologia tradicional de avaliação pouco eficiente em constatar a competência do indivíduo, conforme aponta Melo (2012):

[...] o sistema avaliativo mais utilizado pelas escolas atualmente se configura como um exame, pois tem as seguintes características: é pontual, interessando-se apenas pelo momento de realização do teste e não levando em consideração todo o desenvolvimento escolar do aluno; classificatória, pois segrega os alunos em escalas de zero a dez e é excludente, privilegiando os alunos que atingem os melhores resultados (MELO, 2012).

Em contrapartida, a avaliação por competências é uma excelente alternativa que visa identificar se o aluno desenvolveu determinadas capacidades que o tornam competente em determinada tarefa e/ou ação, pois:

[...] favorece as aproximações construtivistas, a avaliação formativa, a pedagogia diferenciada, que pode facilitar a assimilação ativa dos saberes, coloca os professores em movimento, motivando-os a falar de pedagogia e a cooperar no Quadro de equipes ou de projetos do estabelecimento escolar (PERRENOUD, 2006).

Uma avaliação necessita ser formativa ao longo do ciclo de aprendizagem e permitir aquisições essenciais e duráveis (PERRENOUD, 2006). Não pode e não deve considerar apenas o fator nota, pois conforme Depresbiteris (2017) a ênfase à atribuição de notas (medida) na avaliação provoca desvios significativos, dentre os quais o de atribuir um caráter meramente comercial, contabilístico, desconsiderando seu aspecto educacional de orientação do aluno.

Vale ressaltar que existem importantes diferenças entre avaliar e medir, ainda que o processo avaliativo inclua a medida, tal processo não se esgota nela.

A medida diz o quanto o aluno possui de determinada habilidade; a avaliação informa sobre o valor dessa habilidade. A medida descreve os fenômenos com dados quantitativos; a avaliação descreve os fenômenos e os interpreta, utilizando-se também de dados qualitativos (DESPREBITERIS, 1998).

O grande problema evidente é uma cultura de “avaliação classificatória”, que está tão enrustida na metodologia das avaliações escolares que muitos as consideram apenas como um instrumento para atribuição de notas, e não como uma ferramenta para análise e orientação. A avaliação é um processo contínuo e dinâmico, que orienta o planejamento e atuação do professor (MELO, 2012).

Perrenoud (2006) indica que “como qualquer metodologia que foque no desenvolvimento e preparação de pessoas, é preciso que as competências sejam avaliadas e essa avaliação deve ser séria, porém não com testes com papel e lápis”. Essa metodologia de avaliação denomina-se Avaliação por Competências e inspira-se nos seguintes princípios:

- Incluir somente tarefas contextualizadas;
- Considerar problemas complexos;
- Contribuir para que os estudantes desenvolvam ainda mais suas competências;
- Exigir a utilização funcional dos conhecimentos disciplinares;
- Fixar um tempo de avaliação das competências de modo a não haver nenhum constrangimento;
- Conhecer a tarefa e suas exigências antes da situação de avaliação;
- Exigir uma certa forma de colaboração entre os pares;
- Considerar as estratégias cognitivas e metacognitivas utilizadas pelos estudantes;
- Corrigir não deve levar em conta o que não sejam erros importantes na ótica da construção de competências.

De acordo com Mello (2011), “a abordagem por competências considera os conhecimentos como ferramentas a serem mobilizadas conforme as necessidades, a fim de que se possa resolver determinadas situações-problema apresentadas na escola, no trabalho e fora dele”. Por isso, situações de aprendizagem construtivistas são dispositivos pedagógicos que não são compatíveis com critérios de avaliação que dão prioridade a tarefas simples, fechadas, individuais (PERRENOUD, 2003). Além disso, uma situação de aprendizagem deve, conforme aponta Marinho e Rabelo (2015, p454), focar no desenvolvimento de competências que o aluno necessitará tanto para o convívio na sociedade quanto para o desenvolvimento adequado de suas atividades no mercado de trabalho, pois se o mercado de trabalho cobra determinadas competências de seus funcionários e sendo a escola formadora desses indivíduos, devendo partir da escola o desenvolvimento de tais habilidades (MELLO, 2011).

Uma vez que é orientada por processos pré e bem estabelecidos, a avaliação por competências oferece parâmetros de referência e de comparação para avaliar o que o

aluno é ou deve vir a ser capaz de fazer, isto é, as competências que ele deve alcançar. Isso ocorre porque na avaliação por competência tem-se claramente definidos quais os objetivos da avaliação informando e orientando para a melhoria do processo ensino-aprendizagem (DESPREBITERIS, 1998).

Na metodologia de avaliação por competências, as evidências são levantadas previamente e, antes mesmo de lecionar um conteúdo, o docente já sabe em que momento aquele conteúdo será avaliado e que capacidades o aluno terá que desenvolver em relação a cada conhecimento ensinado. As evidências levantadas devem sempre ser comparadas com os objetivos da unidade curricular (disciplina) mesmo quando elas já estiverem em curso e, ainda mais importante, quando elas acabam. Assim, o docente poderá sempre adaptar as evidências de acordo com as características de cada turma (SENAI, 2012).

Resultados individuais são comparáveis somente com os critérios de desempenho e não com os outros avaliados. Portanto, o desempenho do aluno A não causará impacto na avaliação do aluno B uma vez que cada um deles terá que atingir as mesmas capacidades podendo evidenciar elas de diferentes maneiras.

Mello (2011) reforça que “a abordagem por competências não rejeita nem os conteúdos, nem as disciplinas, mas sim acentua sua implementação”. Com a metodologia de avaliação por competências, o professor passa a ser mais eficiente e eficaz ao educar e, conseqüentemente, avaliar o aluno. Por isso, Souza (2005) aponta que a avaliação deve estar comprometida com a eficiência e com a eficácia, sendo exigido um processo cuidadoso e contínuo de avaliação que possibilite uma reflexão crítica sobre todos os elementos, fatores e momentos que interferem na formação a fim de determinar os resultados alcançados. Dessa forma, a metodologia de avaliação por competências torna essa percepção de avaliação contínua uma realidade totalmente possível e aplicável.

2.3 Lógica Fuzzy

A lógica fuzzy, também conhecida como lógica nebulosa ou lógica difusa, tornou-se um método conhecido ao ser proposta pelo professor Lotfi Zadeh na Universidade da Califórnia, em Berkeley, no ano de 1965, dando nas décadas seguintes

seus maiores passos atingindo diversos países rapidamente (HSIEH et al., 2012, p527). Mas foi o filósofo e lógico polonês Jan Lukasiewicz, em 1930, o primeiro que introduziu esse conceito (MARRO, 2012) e seu aprimoramento se deu em 1937, pelo filósofo Max Black, que propôs a ideia de graus de pertinência, definindo, assim, o primeiro conjunto fuzzy e descrevendo algumas ideias básicas de operações com conjuntos fuzzy, conforme apontam Aguado e Cantanhede (2011) e Fazlollahtabar e Muhammadzadeh (2012, p38).

Na década de 1970 a lógica fuzzy começou a ser utilizada, no continente europeu, na área de engenharia de controle. Entretanto, sua utilização em larga escala ocorreu somente após 1990, estando presente em mais de 1100 aplicações em 1996. Todo esse crescimento e adoção dessa lógica deve-se, como apontam Babaei e Setayandeh (2018, p2), à adaptabilidade da mesma e proximidade com problemas do mundo real o que possibilitou que, em 2000, a lógica fuzzy se tornasse uma tecnologia padrão para controle de múltiplas variáveis passando a ser aplicada em análise de dados, sinais de sensores, em finanças e negócios (AGUADO, CANTANHEDE, 2011).

Conforme Rodrigues (2013), “a lógica fuzzy foi desenvolvida para a modelagem de raciocínio aproximado e vago, permitindo descrever de forma efetiva as características de sistemas complexos ou que não podem ser definidos de forma exata”. Ela visa resolver problemas onde a informação não é precisa, ou seja, tal informação varia de acordo com a compreensão que se tem sobre um determinado assunto. Por isso, ainda segundo Rodrigues (2013), na lógica fuzzy os relacionamentos entre elementos e conjuntos seguem uma transição entre pertinência e não-pertinência gradual, indicando valores de pertinência intermediários entre o verdadeiro e o falso da lógica clássica.

Tendo como sua principal característica a não restrição ao verdadeiro ou falso, conforme ocorre com a lógica booleana, a lógica fuzzy possui vários níveis entre o verdadeiro e falso. Isso implica que, de modo geral, a lógica clássica enxerga apenas duas cores, enquanto a lógica fuzzy consegue enxergar uma gradação de cores. Assim, a lógica fuzzy é construída com base em conceitos com graus, outrora em termos "preto e branco" (CARVALHO, 2000). Essa característica tem feito com que a lógica fuzzy seja cada vez mais utilizada para tratar dados e informações qualitativas, subjetivas, vagas e incertas, possibilitando obter conclusões seguras e robustas através de raciocínio aproximado (RODRIGUES, 2013).

Marro (2012) aponta que “a lógica fuzzy está presente em sistemas especialistas, sistemas multiagentes, reconhecimento de padrões, robótica, sistemas de controle inteligentes, sistemas de apoio à tomada de decisão, algoritmos genéricos e data mining”. McNeill e Thro (1994) indicam que sistemas complexos difíceis ou impossíveis de modelar, sistemas controlados por especialistas, sistemas com entradas e saídas complexas e contínuas, sistemas que se utilizam da observação humana como entradas ou como base para regras, sistemas que são naturalmente “vagos”, como os que envolvem ciências sociais e comportamentais, cuja descrição é extremamente complexa, todos se beneficiam das características da lógica fuzzy.

Desse modo, é possível constatar que as características de destaque da lógica fuzzy são:

- Não requer entradas precisas, podendo tais entradas possuírem ruído ou até mesmo estarem incompletas (CARVALHO, 2000);
- Poder ser modificada com facilidade já que ela é baseada em regras;
- Ser capaz de prover controle de sistemas não-lineares mesmo se um modelo matemático não existir (KOHAGURA, 2007);
- Ser um recurso muitas vezes barato e de implementação mais rápida, com diversas ferramentas genéricas e úteis para diversos contextos.

Com isso, constata-se que através de sistemas fuzzy é possível definir limites e manter uma ligação mais intensa com a linguagem natural (CARVALHO, 2000). Além disso, fornece uma adição rica e significativa à lógica padrão permitindo que as aplicações que podem ser geradas ou adaptadas à lógica difusa sejam amplas e forneçam a oportunidade para modelagem sob condições imprecisamente definidas (VOSKOGLOU, 2015).

2.3.1 Conjuntos difusos

Estabelecida por Zadeh (RODRIGUES, 2013), a teoria dos conjuntos difusos considera que os graus de pertinência de um objeto devem variar entre 0 e 1 (BRITANNICA ACADEMIC, 2018). Em contrapartida, um objeto de um conjunto clássico, de acordo com a lógica tradicional, ou é totalmente pertencente a um grupo ou não pertence totalmente (0 ou 1). Nos conjuntos fuzzy, um objeto pode pertencer parcialmente a um grupo e parcialmente a outro grupo.

Os conjuntos difusos são úteis para representar conceitos com limites imprecisos. Por exemplo, assumimos um conjunto de temperaturas X como universo de discurso. Se quisermos representar um subconjunto de temperaturas altas, o uso de conjuntos difusos nos livra da restrição de ter que

categorizar cada temperatura como sendo um membro ou não deste conjunto, e nos permite caracterizar de forma mais natural usando os graus de pertinência (ARIAS, 2012).

Por possuírem uma forte adaptabilidade, os conjuntos fuzzy podem atender a praticamente qualquer necessidade de utilização, pois todos os conceitos de conjuntos clássicos podem ser expandidos para os conjuntos fuzzy com suas devidas adaptações conforme indicam Rodrigues (2013) e (BRITANNICA ACADEMIC, 2018). Uma vez que herda todas as características dos conjuntos clássicos é possível efetuar, nos conjuntos fuzzy, as mesmas operações efetuadas nos conjuntos clássicos.

2.3.1.1 Subconjuntos difusos

De acordo com Gomide et al. (1995, p6), Secco (2013, p23) e Rodrigues (2013) um subconjunto fuzzy F de um conjunto universo U é definido em termos de uma função de pertinência μ onde cada elemento x de U associa um número $\mu(x)$, entre zero e o máximo grau de pertinência de x em F , isto é, 1.

Desse modo, sendo U um conjunto clássico, um subconjunto fuzzy A de U é uma função

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1],$$

Equação 1: Função de pertinência do subconjunto fuzzy.

denominada função de pertinência do subconjunto fuzzy A .

Assim, $\mu_{A(x)} \in [0,1]$ relaciona qualquer elemento $x \in U$ ao conjunto fuzzy A com grau de pertinência no intervalo entre 0 e 1, onde $\mu_{A(x)} = 0$ indica que x não pertence ao conjunto fuzzy A e $\mu_{A(x)} = 1$, indica que x pertence totalmente ao conjunto fuzzy A .

Para obter a definição de subconjunto fuzzy é preciso ampliar o contradomínio da função característica, ou seja, o conjunto $\{0, 1\}$, para o intervalo $[0, 1]$. Isso justifica o argumento que um conjunto clássico A de U é uma derivação do conjunto fuzzy no qual a função de pertinência μ_A é sua função característica de X_A , isto é,

$$\varphi_A: U \rightarrow \{0,1\}$$

Equação 2: Contradomínio do subconjunto fuzzy.

Elementos x oriundos de um conjunto clássico U são os que compõem um subconjunto fuzzy F que possuem valor de pertinência em F , dado por $\varphi_F(x)$. Assim, pode-se dizer que um subconjunto fuzzy F de U é dado por um conjunto de pares ordenados, conforme indicam Gomide et al. (1995, p7), Secco (2013, p26), e Rodrigues (2013):

$$F = \{(x, \varphi_F(x)), x \in U\}.$$

Equação 3: Subconjunto fuzzy F de U .

Por fim, o conjunto clássico de U definido por

$$supp F = \{x \in U: \varphi_F(x) > 0\},$$

Equação 4: Suporte de F para um conjunto clássico de U .

é denominado suporte de F e possui bastante importância na relação entre as teorias de conjuntos clássica e fuzzy.

2.3.1.2 Operações com Conjuntos Difusos

Para demonstrar as operações com conjuntos fuzzy é preciso considerar três conjuntos fuzzy A , B e C no universo U . Sendo x um elemento no universo em questão, definem-se as operações presentes no Quadro 3, conforme apresentado por Gomide et al. (1995, p3) e Secco (2013, p23):

Quadro 3: Operações com conjuntos fuzzy.

Operação	Operação no Conjunto Fuzzy
Inclusão	$A \subseteq B \Leftrightarrow (\varphi_{A \subseteq B} \Leftrightarrow \forall x \in U: \varphi_A(x) \leq \varphi_B(x))$
União	$\varphi_{A \cup B}(x) = \varphi_A(x) \vee \varphi_B(x) = \max\{\varphi_A(x), \varphi_B(x)\}$

Intersecção	$\varphi_{A \cap B}(x) = \varphi_A(x) \wedge \varphi_B(x) = \min\{\varphi_A(x), \varphi_B(x)\}$
Complemento	$\varphi_{A'}(x) = 1 - \varphi_A(x)$

Fonte: Gomide et al. (1995, p3), Secco (2013, p23) e Rodrigues (2013).

Assim, os operadores fuzzy de união, intersecção e complemento podem se resumir a (KOHAGURA, 2007):

- A and B = min(a,b)
- A or B = max(a,b)
- not A = 1 – A

2.3.2 Etapas do Raciocínio Difuso

Mamdani e Assilian (1975) foram os criadores do sistema fuzzy de regras de conjuntos difusos dividindo o processo de raciocínio fuzzy em quatro passos:

- (1) fuzzificação,
- (2) avaliação das regras fuzzy,
- (3) agregação das regras fuzzy e
- (4) defuzzificação.

Tais etapas, geralmente, são sintetizadas em três (SECCO, 2013, p70):

- (1) fuzzificação,
- (2) inferência (avaliação das regras fuzzy e agregação das regras fuzzy) e
- (3) defuzzificação.

Essas três etapas, segundo Kohagura (2007), compõem um ciclo que permite solucionar muitos problemas sendo bastante utilizados em sistemas de controle e tomada de decisão.

2.3.2.1 Fuzzificação

A fuzzificação é a primeira etapa do raciocínio fuzzy na qual se define as variáveis linguísticas de forma subjetiva bem como as funções pertinência analisando tomando como base o problema em questão.

Kohagura (2007) aponta que fuzzificar significa transformar um dado numérico em um termo de linguagem natural. Kohagura (2007) exemplifica essa definição da seguinte forma: quando um professor diz que o aluno tirou uma nota “ótima” por causa de um 9,5 ou quando uma mulher diz que está “gorda” por estar pesando 60kg, todos esses são exemplos de fuzzificação de dados.

Conforme indica Secco (2013, p70) uma máquina consegue fuzzificar dados numéricos através das funções de pertinência que verificam o quanto esses dados pertencem a determinada classificação (conjunto fuzzy). Portanto, “fuzzificar é determinar os graus de pertinência dos dados em cada conjunto” (KOHAGURA, 2007).

Os termos “ótimo”, “gordo”, “alto” etc. são chamados de modificadores e eles modificam a forma dos conjuntos fuzzy, isto é, a intensidade dos valores fuzzy (MARRO, 2012). Os modificadores podem ser classificados em aumentadores, quando aumentam a área de pertinência de um conjunto fuzzy, ou diminuidores, quando diminuem a área de pertinência de um conjunto fuzzy.

Por sua vez, os modificadores são os valores que uma variável linguística pode assumir. Arias (2012) define que variáveis linguísticas são variáveis cujos valores são palavras em linguagem natural representadas em conjuntos difusos. Tais variáveis podem ter um número infinito de elementos (modificadores). Por exemplo, a variável linguística idade poderia assumir as seguintes definições: jovem, idoso, muito jovem, e assim por diante (ARIAS, 2012). Portanto, uma variável linguística, diferentemente de uma variável numérica, admite apenas valores definidos na linguagem fuzzy que está utilizando-se dela (MARRO, 2012).

Arias (2012) também aponta que as variáveis linguísticas permitem estimativas numéricas de termos da linguagem natural, evitando a falsa precisão que as estimativas numéricas podem fornecer. Isso permite a determinação de estimativas mais razoáveis, mesmo nos casos em que os dados são escassos.

A quantidade de variáveis linguísticas e a complexidade de um problema são diretamente proporcionais, ou seja, quanto mais variáveis, mais difícil é o problema em lógica nebulosa, porque serão necessárias regras com nível de complexidade maior para que o sistema consiga produzir saídas conforme desejado (RODRIGUES, 2013).

Zadeh (1965) caracteriza uma variável linguística como sendo a quintupla (L, T, X, G, M), onde:

L - é o nome da variável linguística.

T - são os termos linguísticos dos subconjuntos difusos do universo de discurso.

X - é o universo de discurso.

G - é uma regra sintática para a geração dos termos dos valores de L.

M - é uma regra semântica que associa cada valor de X com seu significado.

Para exemplificar essa definição considera-se a avaliação de desempenho de um aluno que possui os seguintes modificadores para a variável linguística Dificuldade: “baixo”, “mais ou menos baixo”, “médio”, “mais ou menos alto” e “alto”. Tem-se:

L - Dificuldade.

T - {“baixo”, “mais ou menos baixo”, “médio”, “mais ou menos alto”, “alto”}.

X - {0,10}.

G - Se acerto entre 7.5 e 9.0 então T(acerto) = mais ou menos alto.

M - {(x, $\mu_1(x)$); (x, $\mu_2(x)$); (x, $\mu_3(x)$); (x, $\mu_4(x)$); (x, $\mu_5(x)$)}

No exemplo acima, uma possibilidade, dentre os inúmeros resultados possíveis para M, seria (9, “mais ou menos alto”), onde $x = 9$ e $\mu_1(x) = \text{“mais ou menos alto”}$. Portanto, o valor M se comporta como sendo uma função de pertinência resumida do problema onde $\mu_1(x) = \text{“mais ou menos alto”}$ nada mais é que o grau de pertinência de $x=9$. A expressão a seguir apresenta uma função de pertinência o exemplo em questão:

$$\mu(x) = \begin{cases} \text{"baixo",} & \text{se } 0 \leq x < 3 \\ \text{"mais ou menos baixo",} & \text{se } 3 \leq x < 6 \\ \text{"médio",} & \text{se } 6 \leq x < 7,5 \\ \text{"mais ou menos alto",} & \text{se } 7,5 \leq x < 9 \\ \text{"alto",} & \text{se } 9 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

Equação 5: Função de pertinência da avaliação de um aluno.

O caso acima é apenas uma dentre as possíveis soluções de função de pertinência para o exemplo supracitado, podendo variar de acordo com os parâmetros de pertinência estabelecidos.

As funções de pertinência predefinidas, mais famosas e importantes do raciocínio fuzzy segundo Vaz (2006), Gomide et al. (1995, p6) e Secco (2013, p70) são:

- **Função de pertinência Triangular**

É uma $f(x)$ que depende de três parâmetros escalares [a, b, c] sendo caracterizada pela equação:

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{b-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

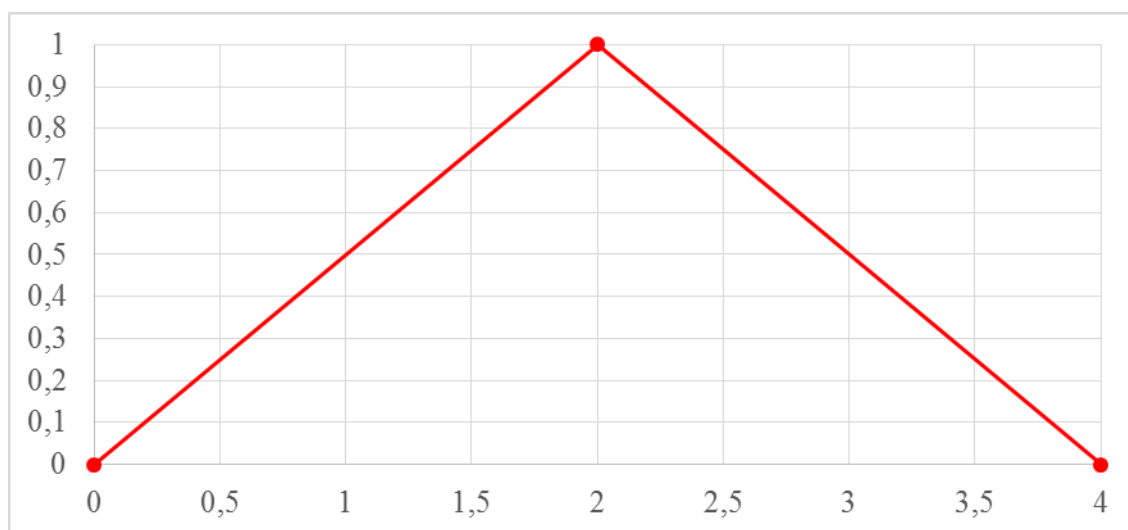
Isto é,

$$f(x; a, b, c) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right)$$

Equação 6: Função de pertinência Triangular.

Nessa função os parâmetros “a” e “c” correspondem aos valores f(x) localizados nos vértices do triângulo no gráfico da função de pertinência triangular da Figura 1, que possuem pertinência igual a zero. Por sua vez, o parâmetro “b” é o valor de f(x) localizado no vértice com pertinência igual a 1 no gráfico da Figura 1.

Figura 1: Gráfico da Função de Pertinência Triangular.



Fonte: Vaz (2006), adaptado.

- **Função de pertinência Trapezoidal**

É uma f(x) que depende de quatro parâmetros escalares [a, b, c e d] sendo caracterizada pela equação:

$$f(x:a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases}$$

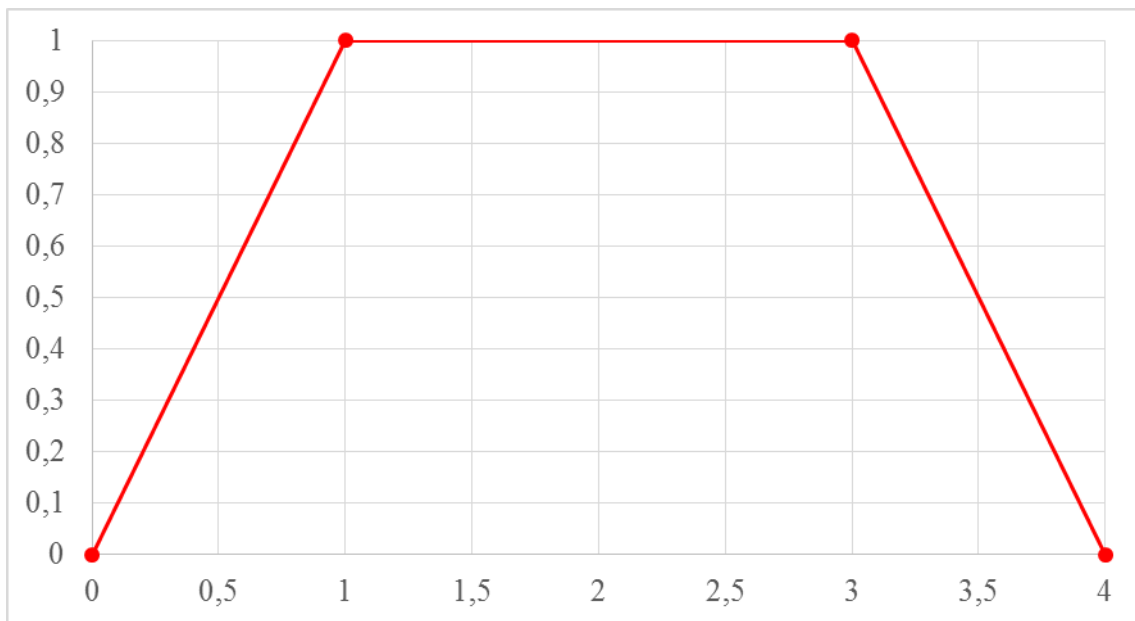
Isto é,

$$f(x:a,b,c,d) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right)$$

Equação 7: Função de pertinência Trapezoidal.

Nessa função os parâmetros “a” e “d” correspondem aos valores f(x) que possuem pertinência igual a zero, enquanto os parâmetros “b” e “c” correspondem a valores de f(x) com pertinência igual a 1 (VAZ, 2006). O gráfico da Figura 2 representa a função de pertinência trapezoidal.

Figura 2: Gráfico da Função de Pertinência Trapezoidal.



Fonte: Vaz (2006), adaptado.

- **Função de pertinência Gaussiana**

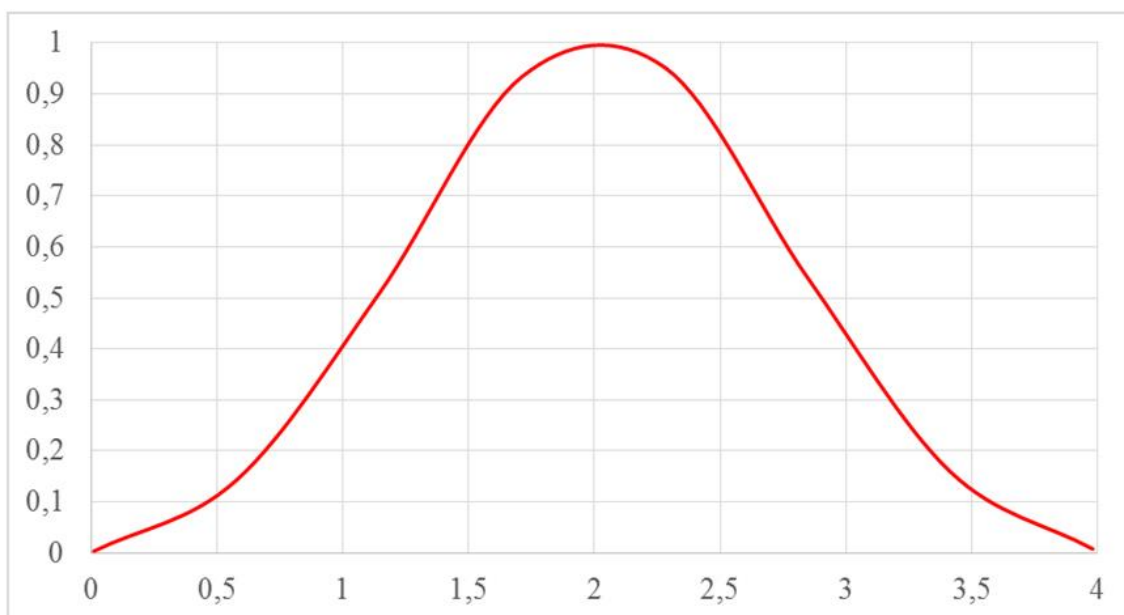
Essa função de pertinência depende de dois parâmetros [σ e c] e é caracterizada pela equação:

$$f(x:\sigma,c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}$$

Equação 8: Função de pertinência Gaussiana.

Nessa função σ é o desvio padrão e c é a média (VAZ, 2006). A Figura 3 a seguir apresenta o gráfico da função de pertinência Gaussiana.

Figura 3: Gráfico da Função de Pertinência Gaussiana.



Fonte: Vaz (2006), adaptado.

- **Função de pertinência Sino (ou sinóide)**

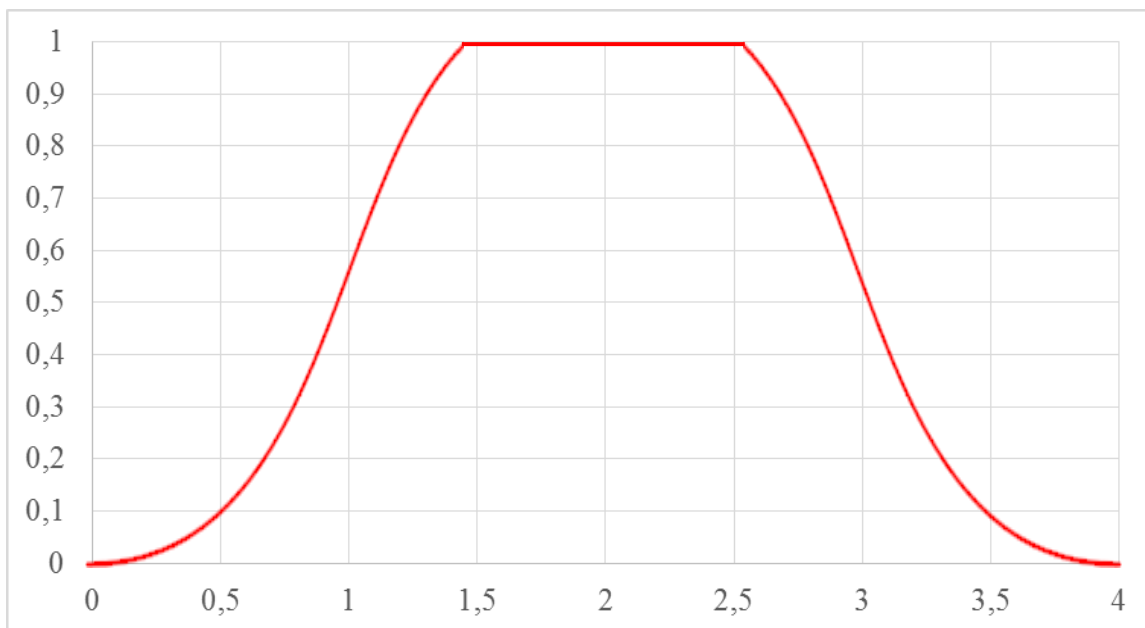
A função $f(x)$ Sino depende de três parâmetros $[a, b \text{ e } c]$ sendo definida pela equação:

$$f(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Equação 9: Função de pertinência Sino (ou sinóide).

Onde o parâmetro b costuma ser positivo e o parâmetro c localiza-se sempre no centro da curva do Sino (VAZ, 2006), conforme gráfico da Figura 4.

Figura 4: Gráfico da Função de Pertinência em formato de Sino.



Fonte: Vaz (2006), adaptado.

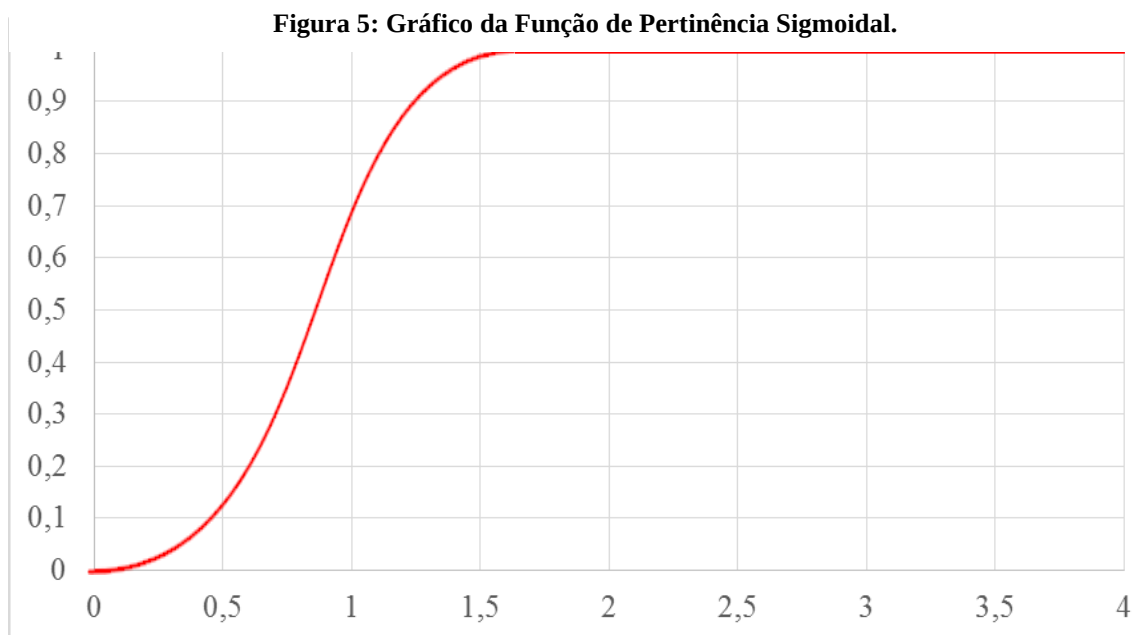
- **Função de pertinência Sigmoidal**

Essa função depende de dois parâmetros [a e c] e sua equação é:

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$

Equação 10: Função de pertinência Sigmoidal.

Onde o parâmetro c determina o deslocamento da curva para a direita ou esquerda do eixo das ordenadas e o parâmetro a indica se a função é crescente (caso $a > 0$) ou decrescente (caso $a < 0$) (VAZ, 2006). Seu gráfico é apresentado na Figura 5.



Fonte: Vaz (2006), adaptado.

Marro (2012) aponta que “a definição da função de pertinência deve ser sempre feita por especialistas no problema”, pois como as funções de pertinência para um problema tendem ao infinito, então é necessário conhecimento específico do problema e um tempo considerável dedicado nessa etapa do processo para a escolha da função de pertinência mais adequada.

2.3.2.2 Inferência

Nessa segunda etapa do raciocínio fuzzy define-se a matriz de regras fuzzy para o problema. Na inferência calcula-se a importância de uma determinada regra para a situação corrente e a influência de cada regra nas variáveis de saída, conforme indicam Marro (2012), Secco (2013, p71) e Gomide et al. (1995, p8). Nessa etapa é realizada a tomada de decisão utilizando os dados resultantes da fuzzificação através de regras do tipo IF-THEN como indica Rodrigues (2013). Lançando mão mais uma vez do exemplo apresentado por Arias (2012), tem-se que:

SE (IF) o acerto é “alto” ENTÃO (THEN) a dificuldade é “baixa”.

Uma vez que o objetivo no exemplo acima é identificar o motivo do acerto ter sido “alto”, então houve uma inferência que determina a ação “baixa” para a dificuldade como solução para a situação em questão.

Marro (2012) indica que o raciocínio fuzzy divide-se em duas etapas sendo elas: (1) avaliar o antecedente da regra e (2) aplicar o resultado no consequente. Para o exemplo supracitado, o antecedente seria “acerto” e o consequente nessa regra fuzzy seria “dificuldade”. Por sua vez, “alto” e “baixo” são conjuntos difusos e o “acerto” e “dificuldade” são variáveis linguísticas (ARIAS, 2012). Desse modo, uma proposição difusa (inferência) expressa relações entre variáveis linguísticas e conjuntos difusos.

Há casos (não raros) de regras fuzzy que possuam vários antecedentes. Nesses casos, se o conectivo entre os antecedentes for E (AND), então o método de combinação deve ser utilizado contanto que o resultado não seja maior que o valor de menor pertinência entre os antecedentes (MARRO, 2012). Em casos em que o conectivo entre os antecedentes for OU (OR), também devem-se utilizar métodos de combinação, mas nesse caso o resultado não pode ser menor que o maior grau de pertinência. Podem existir também vários consequentes, mas quando isso ocorrer o grau de pertinência resultante será o mesmo para todos os consequentes. Um exemplo com mais de um antecedente seria:

SE (IF) o acerto é “alto” E (AND) o tempo é “médio” ENTÃO (THEN) a dificuldade é “média”.

Após o estabelecimento de cada regra é preciso interpretar o significado das mesmas e determinar a influência produzida pela parte antecedente na parte consequente em determinada regra, sendo esse procedimento conhecido como implicação difusa (ARIAS, 2012). Mizumoto (1988) define que existem várias formas para definir uma implicação difusa, derivadas do *modus ponens* e *modus tollens*, mas a implicação mais utilizada é a implicação mínimo ou Mamdani, derivada do *modus ponens* generalizado (GOMIDE et al., 1994):

$$\alpha_{ik} = \max_{\{(l1,l2) | R_D(l1,l2)=k\}} \{ \min(f_{pi,l1}, f_{qi,l2}) \}$$

Equação 11: Implicação mínima ou Mamdani.

Onde α_{ik} é a saída implicação difusa mínimo para P_i e Q_i no conjunto difuso k . $l1$ e $l2$ são os níveis difusos associados aos valores difusos f_p e f_q (ARIAS, 2012).

Kovacic e Bogdan (2005) apontam que as regras difusas são a parte central do controlador difuso representando a “inteligência” dos algoritmos de controle difuso. Por

isso, assim como na etapa de fuzzificação, a etapa de inferência do raciocínio fuzzy exige o conhecimento de um especialista no problema para que um apropriado conjunto de regras difusas seja criado.

2.3.2.3 Defuzzificação

A defuzzificação é a terceira e última etapa do raciocínio fuzzy e, em linhas gerais, realiza o processo contrário ao executado pela fuzzificação. Marro (2012) aponta que ao invés de transformar um dado quantitativo em um termo nebuloso, a defuzzificação transforma o dado nebuloso em dado quantitativo. Por exemplo, transformar uma nota “ótima” de um aluno em uma nota 9 nada mais é que o processo de defuzzificação transformando o dado qualitativo em um quantitativo.

Através de uma determinada regra, que varia para qual fim a lógica fuzzy é utilizada, os dados coletados caracterizados como incertos são analisados de acordo com a regra implementada e aproximados por números para possibilitar a interpretação das máquinas e computadores (KOHAGURA, 2007).

Kohagura (2007) e Santos (2008) destacam que há diversos algoritmos de defuzzificação, sendo os mais importantes:

- **Centróide (Centro de gravidade - COG)**

A técnica centróide obtém o ponto onde uma linha vertical divide ao meio um conjunto agregado, conforme indicam Voskoglou (2013, p212) e Marro (2012). Essa técnica é regida pela seguinte fórmula matemática:

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)}$$

Equação 12: Fórmula centróide de defuzzificação.

Ainda que a escolha de intervalos maiores permita um cálculo de resultados mais rapidamente, essa fórmula começa a ficar imprecisa a medida que esses intervalos aumentam (MARRO, 2012). Esse fato torna a utilização desse método de defuzzificação uma escolha entre maior precisão ou maior velocidade. Por isso, tais características fazem da centróide a mais complexa e ao mesmo tempo a mais robusta técnica de defuzzificação.

- **First-of-Maxima (Primeiro do Máximo)**

Essa técnica dá como valor de saída o valor do ponto mais alto do gráfico da função de pertinência. Tal técnica é a mais simples de todas, porém a menos adequada quando se deseja uma precisão grande dos valores de saída do sistema (RODRIGUES, 2013). Portanto, essa função é caracterizada como a menos complexa e ao mesmo tempo a menos robusta das técnicas de defuzzificação.

- **Middle-of-Maxima (Centro do Máximo)**

Essa técnica sugere tomar como valor de saída o ponto central dos máximos sendo calculado através da média entre os pontos de máximo do gráfico de pertinência (RODRIGUES, 2013), gerando resultados rápidos e com grau de precisão elevado. É junto com a centroide e critério máximo, uma das técnicas de defuzzificação mais utilizadas (GOMEZ et al., 2016, p7).

- **Critério Máximo**

Essa técnica fornece como saída do sistema o valor cujo grau de pertinência é máximo na função de pertinência e, por conseguinte, no gráfico da função de pertinência (RODRIGUES, 2013).

Nem todos os problemas necessitam que as três etapas do raciocínio fuzzy sejam utilizadas. Nesse trabalho, conforme o grau de complexidade que o modelo proposto exige, serão utilizadas as três etapas do raciocínio fuzzy.

2.3.3 Aplicações da Lógica Nebulosa

Conforme citado nas seções anteriores, a lógica nebulosa possui características que fazem dela uma excelente solução para problemas complexos que necessitam de um resultado aproximados do raciocínio humano. Assim,

...a Inteligência Artificial é talvez a área onde a Lógica seja mais usada, visto que ela é o principal formalismo de representação do conhecimento, e, portanto, é muito útil no desenvolvimento de sistemas inteligentes, em especial os especialistas e os multiagentes, visto que, conforme comentado por Luger (2005) e Konar (2000), a

representação e a inteligência são o real desafio da Inteligência Artificial (MARRO, 2012).

Desse modo, a lógica nebulosa é utilizada nas mais diversas áreas e cenários (MARRO, 2012), a saber:

- Algoritmos genéticos;
- Data mining.
- Robótica;
- Sistemas com entradas e saídas complexas e contínuas;
- Sistemas complexos que são difíceis ou impossíveis de modelar;
- Sistemas controlados por especialistas;
- Sistemas de apoio à tomada de decisão;
- Sistemas de controle inteligentes;
- Sistemas multiagentes;
- Sistemas para reconhecimento de padrões;
- Sistemas que são naturalmente “vagos”, como os que envolvem ciências sociais e comportamentais, cuja descrição é extremamente complexa.
- Sistemas que se utilizam da observação humana como entradas ou como base para regras.

2.4 Trabalhos relacionados

Existem na literatura vários trabalhos relacionados à lógica nebulosa, que estão relacionados não somente à avaliação em ambiente escolar, mas também a variados ambientes e ainda trabalhos que tratam da lógica nebulosa, porém em contextos que não envolvem a avaliação. Nesse trabalho serão abordados somente estudos que tratam da lógica nebulosa associada a alguma metodologia de avaliação, principalmente a educacional.

O primeiro trabalho que merece ser referenciado é o de Weon e Kim (2001) por terem notado que os métodos que estavam sendo utilizados para avaliar os alunos não era satisfatório e não representava o real desempenho dos alunos. Por isso, eles criaram um método de avaliação que utilizou lógica fuzzy para analisar as variáveis “complexidade”, “importância” e a “dificuldade” de cada questão presente numa avaliação tradicional. Desse modo, o método de Weon e Kim (2001) gera quatro resultados finais de acordo com o tipo de avaliação utilizado, o tempo gasto, a importância, a complexidade ou dificuldade das questões respectivamente (ARIAS, 2012).

Outros dois métodos que merecem ser referenciados são: o método de Bai e Chen (2006) e o método de Saleh e Kim (2009). Bai e Chen (2006) utilizam as variáveis “peso”, “esforço” e “ajuste final requerido” e todas essas variáveis, como preconiza a lógica fuzzy, são determinadas por um especialista. Nesse método os pesos variam de acordo com as classificações dos alunos e não é possível obter valores ótimos para esses pesos. Já a proposta de Saleh e Kim (2009) é composta por dados de entrada, processo de avaliação e dados de saída sendo que esse sistema de avaliação do desempenho dos alunos considera três fatores, isto é, possui três variáveis: “a dificuldade”, “a complexidade” e a “importância das questões” variável também considerada por Weon e Kim (2001).

Por sua vez, Arias (2012) propõe um modelo de avaliação utilizando lógica fuzzy para ambientes de educação mediado por computador. A proposta de Arias (2012) se baseia no método de Weon e Kim (2001) e produz como saída um vetor de notas que demonstram o desempenho dos alunos.

Santos (2007) objetivou em seu trabalho determinar em que etapa de evolução uma criança se encontra por meio de uma avaliação qualitativa que considera os estágios de desenvolvimento de Piaget. Assim, a lógica fuzzy é aplicada para determinar o grau fuzzy de desenvolvimento da criança, auxiliando profissionais como professores, orientadores, psicólogos.

Já Kohagura (2007) propôs a criação de um programa para avaliar o desempenho dos alunos como solução para agilizar e melhorar a qualidade de avaliação. Em sua proposta, Kohagura lançou mão do raciocínio fuzzy como meio para sanar as incertezas e complexidade que envolvem o processo avaliativo tradicional.

Hseih et al. (2012) propôs que a lógica nebulosa fosse utilizada como um sistema de classificação da avaliação tradicional, dividido em quatro tipos de operações que se predispunham a avaliar e classificar o desempenho acadêmico do aluno.

Rosa (2000), por sua vez, propôs utilizar conjuntos difusos na avaliação tradicional na tentativa de superar toda a complexidade e subjetividade que a avaliação possui. A autora defendeu que o uso da abordagem difusa permitiria que ela fosse também qualitativa e não apenas quantitativa. Rosa (2000) aplicou lógica fuzzy nas notas obtidas pelos alunos nas disciplinas de modo a não somente estabelecer se eles

foram aprovados ou não, mas também definir qual área de conhecimento o aluno tem mais habilidade e qual ele precisa de reforço. Assim, essa proposta auxilia o docente não somente no processo avaliativo, mas também no seu planejamento e acompanhamento da aprendizagem dos alunos.

O trabalho de Sturm (2004) se propôs a utilizar lógica fuzzy e questões definidas pelos especialistas para avaliar o desempenho das equipes de projeto P&D acarretando numa melhor gestão da mesma e uma alocação mais adequadas dos membros em cada projeto.

Malvezzi (2010) apresentou uma ferramenta baseada na teoria fuzzy que visava acompanhar o desempenho dos estudantes no modelo presencial mediado por tecnologia. Tal ferramenta possibilitaria ao docente tomar decisões metodológicas e pedagógicas para a melhoria do desempenho dos alunos, utilizando como base de dados as atividades realizadas pelos alunos num ambiente virtual e as avaliações escritas realizadas pelo docente.

Chen et al. (2015) utilizou a lógica nebulosa para avaliar o desempenho de professores universitários. Nesse trabalho foi utilizado pesos fatoriais e subfatoriais, uma aplicação para teste da sua proposta foi sugerida e parâmetros como “planejamento e preparação”, “comunicação e interação”, “ensino-aprendizagem”, “gerenciamento do processo de aprendizagem”, “avaliação estudantil” e “profissionalismo” foram utilizados como variáveis de entrada no sistema.

Rodrigues (2013) lançou mão do raciocínio fuzzy para avaliar a qualidade das compras em lojas online. Nesse trabalho foram considerados o valor do produto comprado (se barato, médio, caro) e o prazo de entrega (se bom, médio, ruim), com o intuito de indicar sempre o melhor produto considerando não somente seu valor, mas também o tempo que o mesmo demoraria para chegar até o cliente. O caráter avaliativo em si é pouco considerado nesse trabalho. Em contrapartida, as regras fuzzy constituem o núcleo do mesmo.

Ozdemir e Tekin (2016) aplicaram a lógica nebulosa para na avaliação das habilidades de apresentação de professores. Para testar a efetividade de sua proposta eles compararam os resultados gerados por meio dessa metodologia com os resultados

produzidos sem o uso da lógica fuzzy. Os parâmetros de avaliação utilizados por eles foram “preparação”, “comunicação”, “método”, “interação” e “avaliação”.

Gomez et al. (2014) propôs um sistema especialista que utiliza lógica nebulosa para avaliar as competências de funcionários em um feedback de 360°. Os parâmetros de avaliação utilizados foram “avaliação por pares”, “autoavaliação”, “avaliação dos subordinados”, “avaliação do superior”, “avaliação de fornecedores e clientes”.

Voskoglou (2013) utilizou a lógica fuzzy para propor um modelo para avaliar o conhecimento e as habilidades dos alunos com base em três características: conhecimento do assunto, habilidades de resolução de problemas e habilidades de raciocínio analógico. Além disso, realizou um estudo quantitativo e qualitativo, apresentando resultados práticos de seu estudo.

Método de Fazlollahtabar e Muhammadzadeh (2012) por sua vez utilizaram a lógica nebulosa para propor um programa que otimiza o currículo do usuário de sistemas de e-learning, permitindo que uma melhor e mais precisa percepção dos perfis e características dos usuários fosse detectada.

O Quadro 12 apresenta um comparativo da metodologia proposta nesse trabalho com os trabalhos supracitados, indicando quais técnicas foram utilizadas no que diz respeito ao ciclo fuzzy.

Quadro 4: Comparativo entre os trabalhos que utilizam o Raciocínio Fuzzy com e para variados tipos de avaliação.

	Raciocínio Fuzzy			Avaliação
	Fuzzificação	Inferência	Defuzzificação	Tradicional / Por competências / Outra
Método de Rosa (2000)	Ferramenta Matlab	Mamdani's	-	Utilização da lógica fuzzy na avaliação tradicional visando atribuir qualidade à avaliação realizada nas disciplinas do ensino regular.
Método de Weon e Kim (2001)	-	Funções de Avaliação	-	Utilização da lógica fuzzy para analisar as variáveis “complexidade”, “importância” e a “dificuldade” de cada questão presente numa avaliação tradicional.
Método de Sturm (2004)	Método Triangular	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy com a avaliação por competências para identificar o desempenho de indivíduos em equipes de projetos P&D.
Método de Bai e Chen (2006)	Método Triangular	Máximos e Pesos	Valores de Defuzzificação	Utilização da lógica fuzzy na atribuição de pesos nas questões presentes na avaliação tradicional submetida ao aluno.
Método de Santos (2007)	Método Trapezoidal / Método Sinóide	Mamdani's	-	Utilização da lógica fuzzy na avaliação do estágio de desenvolvimento em que uma criança se encontra.
Método de Kohagura (2007)	Método Triangular / Método Trapezoidal	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy na avaliação tradicional dos alunos visando obter um resultado (bom, ruim, etc) considerando o desempenho do aluno na prova e o nível da mesma.
Método de Saleh e Kim (2009)	Método Triangular	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy na avaliação tradicional para identificar o desempenho dos alunos considerando os fatores “a dificuldade”, “a complexidade” e a “importância das questões”.
Método de Malvezzi (2010)	Método Triangular	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy como motor de uma ferramenta de avaliação do desempenho dos estudantes através de provas e atividades realizadas no ambiente virtual.
Método de Fazlollahtabar e Muhammadzadeh (2012)	Método Trapezoidal	Mamdani's	Centro das Somas	Utilização da lógica fuzzy para propor um programa que otimiza o currículo do usuário de sistemas de e-learning.
Método de Arias (2012)	Método Triangular	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy em ambientes onde o ensino-aprendizagem é mediado por computador dando a avaliação realizada pelos profissionais uma exposição do real desempenho dos alunos.
Método de Hsieh et al. (2012)	Método Triangular	Mamdani's	Critério Máximo / Primeiro do Máximo / Centro do Máximo	Utilização da lógica fuzzy para propor um sistema de classificação da avaliação tradicional, dividido em quatro tipos de operações.

	Raciocínio Fuzzy			Avaliação
	Fuzzificação	Inferência	Defuzzificação	Tradicional / Por competências / Outra
Método de Rodrigues (2013)	Método Triangular / Método Trapezoidal	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica fuzzy na avaliação da qualidade das compras via Internet.
Método de Voskoglou (2013)	Método Trapezoidal	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG)	Utilização da lógica nebulosa para avaliar o conhecimento e as habilidades dos alunos de acordo com três características predefinidas.
Método de Gomez et al. (2014)	Método Triangular / Método Trapezoidal	Mamdani's	Centro de Gravidade (CoG) / Critério Máximo	Criação de sistema especialista que utiliza a lógica fuzzy para avaliar em 360° as competências de funcionários.
Método de Chen et al. (2015)	Método Triangular	Mamdani's	Centro do Máximo	Utilização da lógica fuzzy para avaliar o desempenho de professores universitários.
Método de Ozdemir e Tekin (2016)	Método Triangular	Mamdani's	Centróide	Utilização da lógica fuzzy para avaliar as habilidades de apresentação dos professores.
Proposta desse trabalho	Método Trapezoidal / Método Sinóide	Mamdani's	Centro do Máximo	Utilização da lógica nebulosa na metodologia de avaliação por competências para atribuir o conceito mais adequado ao aluno por meio do sistema especialista web nebuloso Avalon.

Fonte: Próprio Autor.

Analisando os trabalhos relacionados é possível constatar que o trabalho aqui proposto se destaca por aplicar a lógica fuzzy na metodologia de avaliação por competências ao avaliar alunos. Enquanto nos outros trabalhos a lógica nebulosa foi utilizada como uma solução para o melhoramento da avaliação tradicional ou para a identificação de determinadas competências de profissionais do mercado de trabalho, aqui ela será utilizada em consonância com a avaliação por competências. Embora os objetivos em ambos os casos sejam semelhantes (realizar uma avaliação por meio de algoritmo de tomada de decisão) os meios são consideravelmente diferentes como observado no referencial teórico e no capítulo que trata da proposta propriamente dita, descrita a seguir.

3 Metodologia

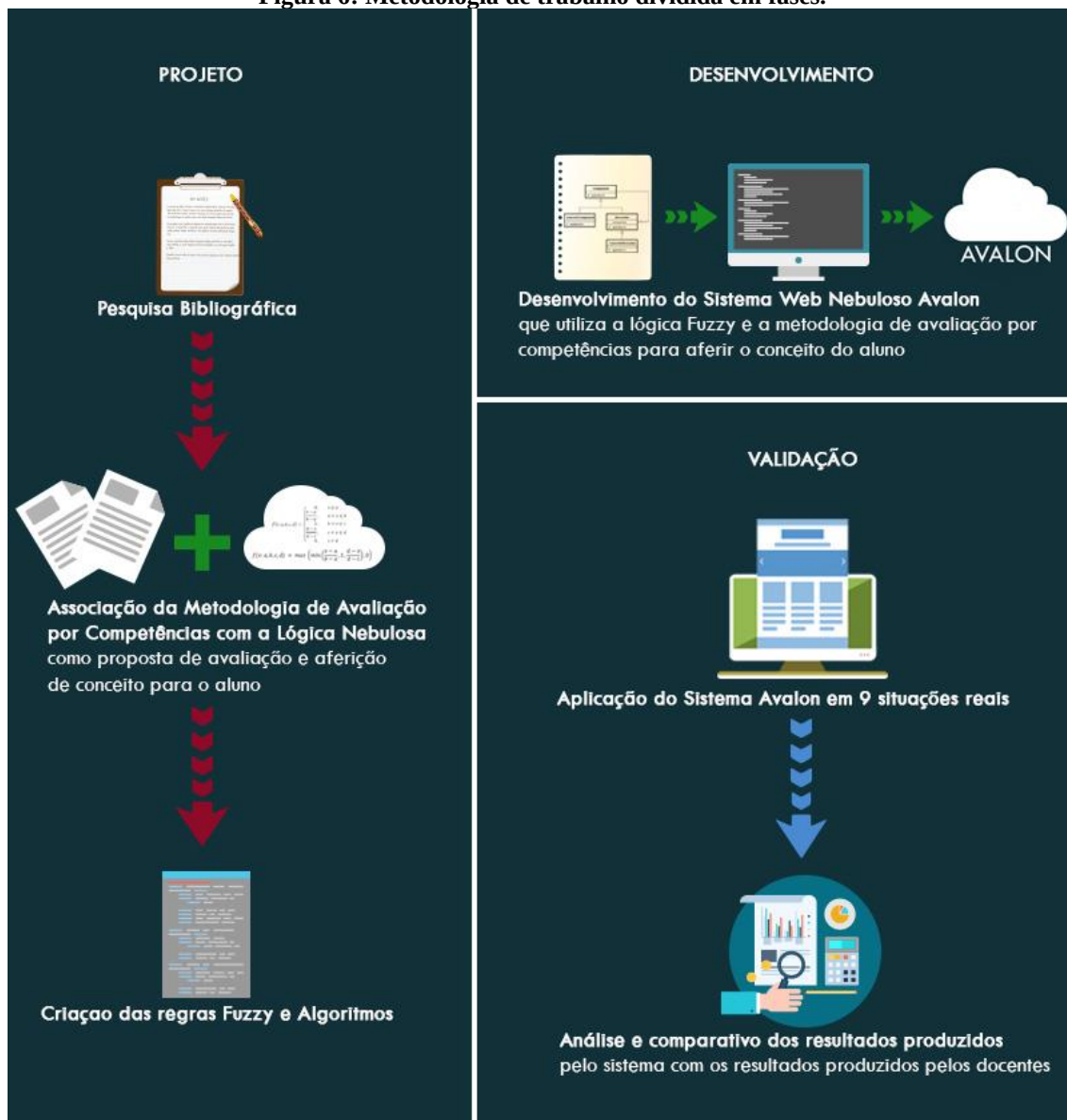
Esse trabalho fundamenta-se em uma pesquisa bibliográfica em artigos, revistas, monografias e teses que buscaram analisar os tipos de avaliação tradicional, por competências e suas características. Tal pesquisa bibliográfica também considerou a lógica fuzzy e suas aplicações, principalmente como recurso para análise e tomada de decisão no âmbito de avaliação. Na pesquisa bibliográfica identificou-se que os trabalhos existentes consideravam apenas o método de avaliação tradicional e/ou Educação a Distância (EAD) associados a lógica fuzzy, mas não havia estudos que considerassem a aplicação da lógica fuzzy em conjunto com a avaliação por competências para produção de conceitos para os alunos. Dessa forma, percebeu-se a necessidade de criação de um método de avaliação que unisse esses dois processos e a criação de uma solução de software web que possibilitasse o teste para identificar sua aplicabilidade.

Após a realização da pesquisa bibliográfica e associação da metodologia de avaliação por competências com a lógica fuzzy, foram criadas as regras fuzzy e algoritmos que determinariam como as variáveis seriam tratadas e quando seriam tratadas para produção do conceito através do sistema web.

Em seguida, o sistema web nebuloso intitulado Avalon (Avaliação com lógica nebulosa) foi projetado e, posteriormente, desenvolvido tendo como base a metodologia de avaliação por competências e a lógica fuzzy. Posteriormente, a metodologia de estudo de caso será aplicada e testada em 9 situações reais de avaliação para averiguar a capacidade do mesmo de ser uma ferramenta para auxílio a tomada de decisão, isto é, um sistema web especialista capaz de aferir o conceito dos alunos com base nas variáveis inseridas por docentes. Por fim, os resultados produzidos pelo sistema serão analisados e comparados com os resultados produzidos pela avaliação dos docentes sem o auxílio do sistema.

Desse modo, a metodologia utilizada permitiu a organização desse trabalho em três fases, a saber: fase de projeto, fase de desenvolvimento, e fase de validação. A Figura 6 descreve o fluxo dessas fases bem como consolida o que foi realizado em cada uma delas.

Figura 6: Metodologia de trabalho dividida em fases.



Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado na figura, a fase de projeto se constitui da pesquisa bibliográfica que permitiu a criação dos capítulos anteriores desse trabalho e embasou a proposta aqui descrita. Nessa fase também foi estabelecido que a metodologia de avaliação por competências seria utilizada em associação com a lógica fuzzy. Após definir quais metodologias seriam utilizadas foram criadas as regras fuzzy e algoritmos apresentados nos capítulos seguintes. Por sua vez, na fase de desenvolvimento o cerne do sistema especialista foi desenvolvido, bem como sua interface, seu banco de dados, suas classes e seu fluxo de informação. Ainda nessa fase, as regras fuzzy e algoritmos criados na fase 1 foram convertidos em linguagem de programação, respeitando a estrutura do raciocínio fuzzy, a saber: fuzzificação, inferência e defuzzificação das informações. Por fim, na fase de validação o sistema criado será testado ao receber

avaliações de alunos de 9 turmas diferentes e os resultados que o sistema produzir como saída serão comparados com os resultados de avaliação atribuídos pelos docentes dessas 9 turmas. Essa fase de validação possuirá algumas sub etapas, a saber:

- Solicitação de situações-problema já preenchidas para a gerência de educação do SENAI/AL;
- Será pedido para os docentes que realizaram a avaliação de cada situação-problema que eles atribuam pesos para as capacidades, para os critérios de avaliação e definam as criticidades de cada evidência da situação-problema que cada um utilizou para avaliar os alunos em sala de aula;
- Cada avaliação será cadastrada no sistema com as mesmas capacidades e seus pesos, critérios e seus pesos, evidências e suas criticidades, conforme utilizado e indicado pelos docentes;
- Serão realizadas, no sistema, as mesmas marcações das evidências que foram realizadas pelos docentes nas fichas de avaliação que eles usaram em sala de aula;
- Por fim, os resultados gerados pelo sistema serão comparados com os resultados atribuídos pelos docentes sem a utilização do sistema.

4 Prospectando tecnologias educacionais

Tecnologia educacional consiste no uso efetivo de ferramentas tecnológicas na aprendizagem. Endossado pela academia BrianCert (2015) trata-se de uma série de ferramentas como mídia, máquinas e hardware de rede, bem como as perspectivas teóricas subjacentes para sua aplicação efetiva e incluem diversos tipos de mídias como texto, áudio, imagens, animação, transmissão de vídeo, aplicativos, aprendizado baseado em computador, intranet, internet, aprendizagem baseada na web.

Tais tecnologias dividem-se, conforme indica a academia BrianCert (2015), em três tipos: síncrona e assíncrona, aprendizado linear, aprendizado colaborativo; e nas seguintes classificações (DEY, p22, 2017): impressão visual (verbal) ou duplicada, visual não-projetada bidimensional, visual não-projetada tridimensional, visual

projetada, áudio, audiovisual projetada com movimento (multissensorial), pacotes multimídia, mídias emergentes.

Prospectar sobre esse tema torna-se fundamental para balizar e justificar a proposta desse trabalho que consiste em uma tecnologia educacional voltada para a avaliação de alunos e, para tal, faz-se necessário compreender qual o investimento científico está sendo aplicado nessa área e a tendência de evolução da mesma, dimensionando, com isso, a relevância desse trabalho. Desse modo, uma revisão da literatura científica na base WIPO e INPI para busca de patentes relacionadas ao tema. Também foram realizadas pesquisas na literatura em repositórios como Scielo, Google Acadêmico e Periódicos Capes. A definição das palavras chave a serem utilizadas para pesquisa nas bases de patentes seguiu três parâmetros:

1. Palavras chave com base nos segmentos da educação em que as tecnologias educacionais atuam por Cardoso et al (p392, 2015).
2. Palavras chave com base nos tipos de tecnologias educacionais apontados por BrianCert (2015).
3. Palavras chave com base nas classificações das tecnologias educacionais (DEY, p22, 2017).

No quadro 5, as palavras chave presentes na coluna à esquerda foram as utilizadas nas bases internacionais. Por conseguinte, na coluna à direita dessa tabela estão listadas as palavras chave utilizadas na base de patentes INPI.

Quadro 5: Palavras-chave utilizadas nas pesquisas de patentes.

Palavras chave bases internacionais	Palavras chave base nacional
education, technology, evaluation, game, development, simulation, EAD, synchronous, asynchronous, linear, collaborative, visual, two-dimensional, audio, three-dimensional, audio-visual, multi-media, media, artificial intelligence, intelligent system, adaptive systems.	educação, tecnologia, avaliação, jogo, desenvolvimento, simulação, EAD, síncrona, assíncrona, linear, colaborativo, visual, bidimensional, tridimensional, áudio, audiovisual, multimídia, mídia, inteligência artificial, sistema inteligente, sistema adaptativo.

Fonte: próprio autor.

O Quadro 6 apresenta os cruzamentos realizados entre essas palavras-chave bem como os operadores, contudo, como cada base possui uma padronização diferente para os operadores, no Quadro 6 os operadores foram generalizados.

Quadro 6: Cruzamentos de palavras-chave e operadores utilizados nas pesquisas de patentes.

Cruzamentos bases internacionais	Cruzamentos base nacional
(education* and technolog*)	(educa* and tecnolog*)
(education* and technolog* and evaluation)	(educa* and tecnolog* and avalia*)
(education* and technolog* and gam*)	(educa* and tecnolog* and jogo)
(education* and technolog* and development)	(educa* and tecnolog* and desenvolv*)
(education* and technolog* and simulat*)	(educa* and tecnolog* and simula*)
(education* and technolog* and ead)	(educa* and tecnolog* and ead)
(education* and technolog* and (synchronous or asynchronous))	(educa* and tecnolog* and (s?ncrono or ass?ncrono))
(education* and technolog* and linear)	(educa* and tecnolog* and linear)
(education* and technolog* and collaborative)	(educa* and tecnolog* and colaborativo)
(education* and technolog* and visual)	(educa* and tecnolog* and visual)
(education* and technolog* and two-dimensional)	(educa* and tecnolog* and bidimensional or (duas and dimens?es))
(education* and technolog* and three-dimensional)	(educa* and tecnolog* and audio)
(education* and technolog* and audio)	(educa* and tecnolog* and ?udio?visual)
(education* and technolog* and audio-visual)	(educa* and tecnolog* and (m?dia or multi?m?dia))
(education* and technolog* and (media or multi-media))	(educa* and intelig* and artifici*)
(educational and intelligent* and system*)	(educa* and sistem* and intelig*)
(educational and artifici* and intelli*)	(educa* and sistem* and adapta*)
(education* and adapti* and system*)	(educa* and sistem* and especial*)
(education* and special* and system*)	

Fonte: próprio autor.

As pesquisas pelo termo mais universal do tema na base WIPO por meio do cruzamento (*education* and technolog**) retornaram os países indicados no Quadro 7.

Quadro 7: Maiores países depositantes de patentes para o cruzamento (education* and technolog*) na base WIPO.

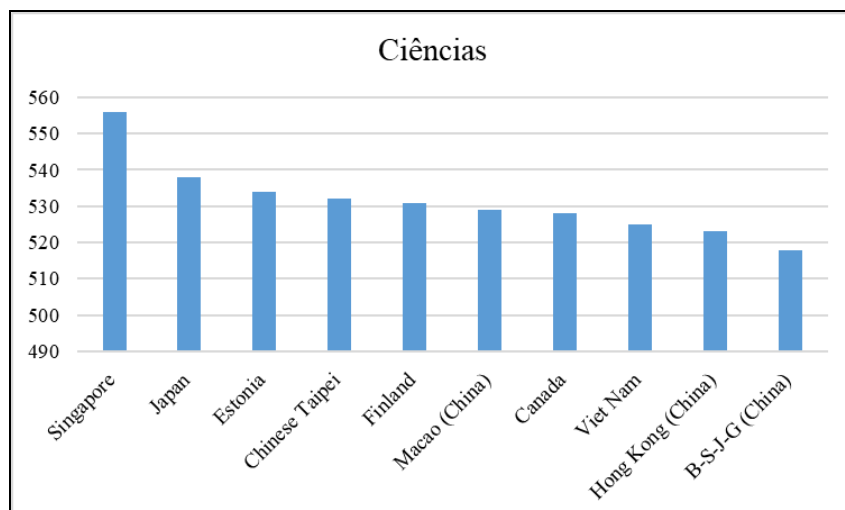
Depositante	Patentes depositadas
China	3717
PCT	776
United States	693
Republic of Korea	669
India	169
European Patent Office	130
Japan	109
Australia	79
Canada	47
Russian Federation	41

Fonte: base WIPO (2018).

Comparando os dados do Quadro 7 com as informações disponibilizadas pelo PISA (2015), presentes nas Figuras 7, 8 e 9 que tratam do desempenho dos estudantes em ciências, leitura e matemática nos diferentes países. Percebe-se que a China, país que mais deposita patentes relacionadas às tecnologias educacionais, figura entre os 10 países mais bem ranqueados pelo PISA (2015) nas três categorias e que países como Coreia, Japão, Canadá e alguns europeus também aparecem nas primeiras posições.

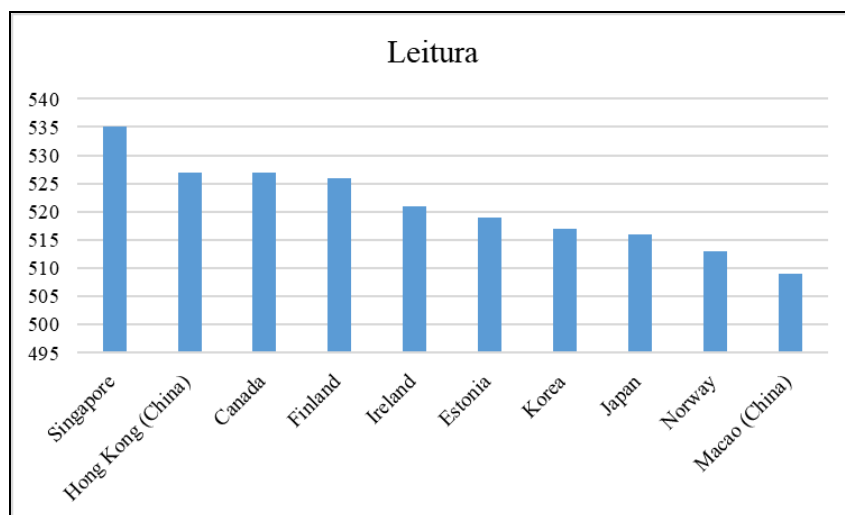
Nesse contexto, a China merece considerável destaque uma vez que possui mais que o dobro de patentes registradas e está entre os melhores desempenhos educacionais do mundo em ciências, leitura e matemática. O desempenho do país está diretamente relacionado à qualidade da sua educação, conforme indicado no relatório da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2016) elaborado especificamente para a China e que apresentam dados como a origem do fundo de investimento em educação no país onde 80% é originária do Governo e o restante de iniciativas privadas.

Figura 7: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria ciências.



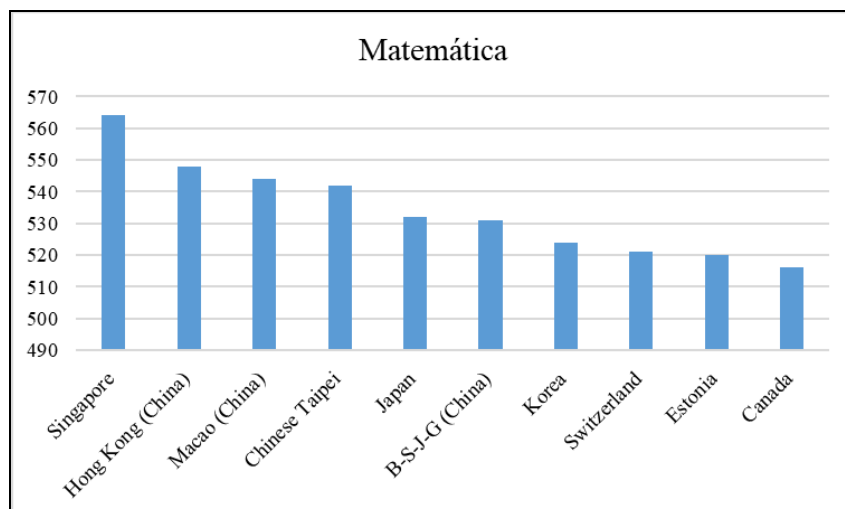
Fonte: PISA (2015).

Figura 8: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria leitura.



Fonte: PISA (2015).

Figura 9: Países com os melhores desempenhos no PISA (2015) para a categoria matemática.



Fonte: PISA (2015).

Ao minerar na base WIPO por patentes diretamente relacionadas aos segmentos de estudos de tecnologias educacionais presentes na literatura (Cardoso et al, p392, 2015), os resultados são conforme visualizados no Quadro 8.

Quadro 8: Maiores depósitos de patentes para as strings criadas a partir do levantamento feito Cardoso et al (p392, 2015).

String de busca	Patentes
(education* and technolog* and development)	394
(education* and technolog* and simulat*)	217
(education* and technolog* and gam*)	169
(education* and technolog* and evaluation)	147

Fonte: base WIPO (2018).

Analisando os dados do Quadro 8 e comparando-os com o levantado por Cardoso et al (p392, 2015) para a distribuição dos tipos de trabalhos acadêmicos relacionados às tecnologias educacionais, percebe-se que recursos relacionados ao desenvolvimento são, em ambos os casos, bastante focados quando se pensa tanto na produção acadêmica, quanto na produção de produtos/serviços. Todavia, ainda que estudos relacionados a tecnologias educacionais e games ocupe o primeiro lugar em trabalhos acadêmicos (CARDOSO et al, 2015), no registro de patentes tal categoria ocupa somente a terceira colocação. Isso deve-se, provavelmente, ao fato que o registro do software é opcional uma vez que ele é protegido por copyrights (TIGRE, 2009), tornando a quantidade de patentes inferior ao esperado.

Ao pesquisar pelos cruzamentos inerentes aos tipos de tecnologias educacionais apontados por BrianCert (2015) os resultados gerados foram os visualizados no Quadro 9.

Ao observar esses dados, percebe-se essa categorização para as tecnologias educacionais é pouco utilizada pelos depositantes de patentes, pois do contrário o tipo que diz respeito à tecnologia educacional colaborativa teria muito mais registros encontrados, porque trata-se de um dos principais tipos de tecnologias educacionais atualmente criadas.

Quadro 9: Patentes encontradas na base WIPO para os tipos de tecnologias educacionais.

String de busca	Patentes
(education* and technolog* and (synchronous or asysnchronous))	58
(education* and technolog* and linear)	51
(education* and technolog* and collaborative)	12

Fonte: Base WIPO (2018).

Buscando pelas strings relacionadas às classificações das tecnologias educacionais (DEY, p22, 2017) e pelos termos comumente utilizados em trabalhos acadêmicos que tratam dessa temática foram encontradas as patentes listadas no Quadro 10.

Quadro 10: Patentes encontradas na base WIPO para as classificações de tecnologias educacionais.

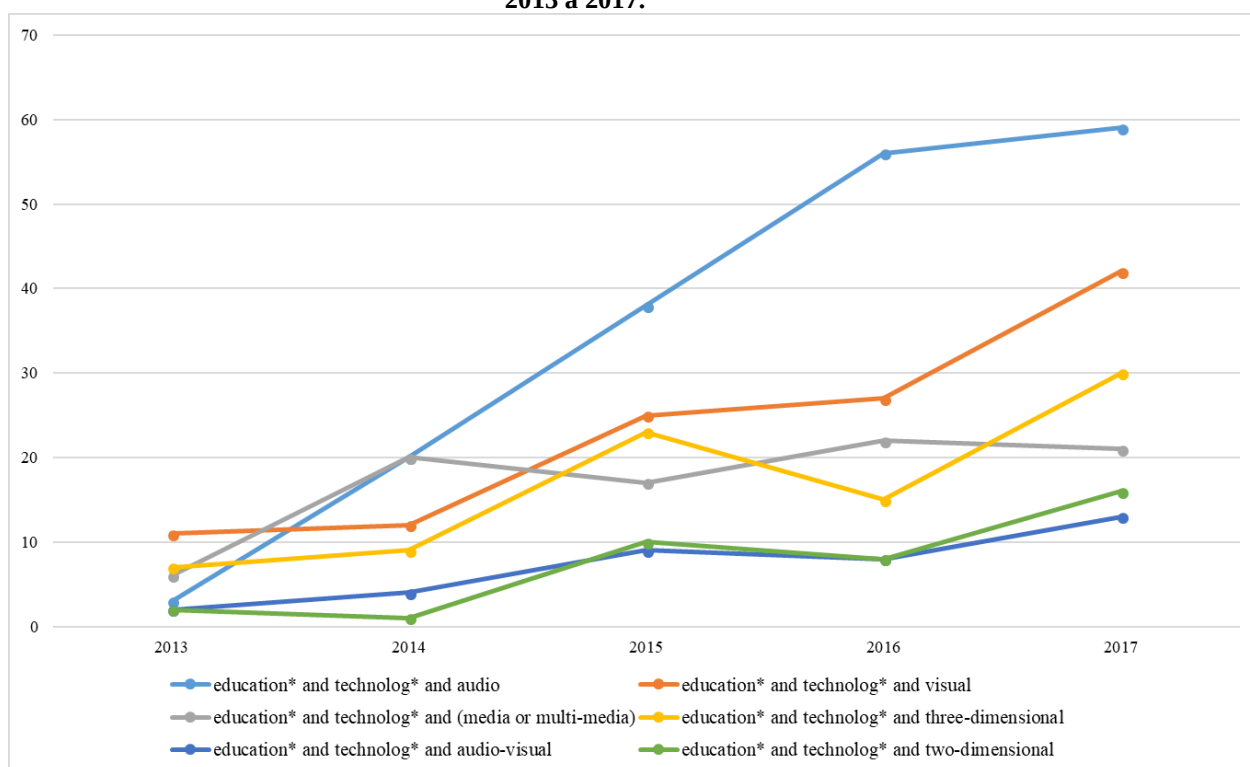
String de busca	Patentes
(education* and technolog* and audio)	261
(education* and technolog* and visual)	178
(educational and artifici* and intelli*)	170
(education* and technolog* and (media or multi-media))	152
(educational and special* and system*)	147
(education* and technolog* and three-dimensional)	123
(education* and adapti* and system*)	119
(educational and intelligent* and system*)	118
(education* and technolog* and audio-visual)	63
(education* and technolog* and two-dimensional)	60

Fonte: Base WIPO (2018).

Analisando os resultados do Quadro 9 é possível observar que poucos depositantes utilizam no depósito de suas patentes a categorização de tipos utilizada na literatura. Isso ocorre porque os depositantes acabam priorizando por tipos mais genéricos ou com uma padronização internacionalizada, como a classificação internacional de patentes (CIP) cujos dados são apresentados no gráfico da Figura 10 mais à frente. Nota-se pelos resultados apresentados no Quadro 10 que buscas por palavras-chave comumente utilizadas em trabalhos acadêmicos que tratam de sistemas educacionais inteligentes ou especialistas ou adaptativos trazem um retorno de patentes registradas bastante relevante nesse contexto de estudo, mas ainda representa um número de registro baixo para uma área de estudo tão relevante na sociedade.

Com os resultados do Quadro 10 percebe-se que tecnologias educacionais que utilizam recursos de áudio ou visuais são dominantes nos depósitos de patentes. Ao varrer tais números em busca da tendência de estudos e depósitos de patentes para os próximos anos notam-se que há um crescimento exponencial em depósitos de patentes relacionadas a áudio, visual e tridimensional, conforme gráfico da Figura 10.

Figura 10: Crescimento dos depósitos de patentes por classificações de tecnologias educacionais de 2013 a 2017.

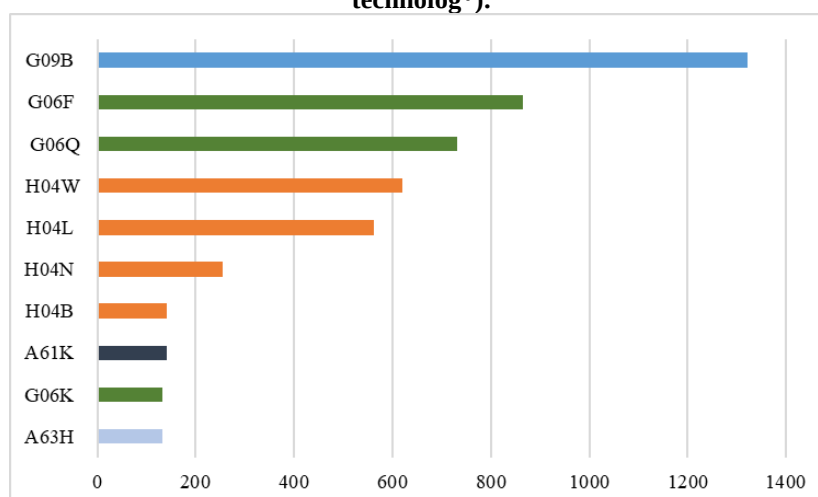


Fonte: WIPO (2018).

Tal crescimento nessas três categorias deve-se pelo acelerado aumento na disponibilidade de equipamentos que fazem uso de recursos de áudio, vídeo e três dimensões como celulares e tablets (HEATHER et al, 2016). Como tais equipamentos se tornaram bastante comuns e acessíveis ao público em geral e possuem uma estimativa de crescimento ano a ano pelo menos até 2025 (HEATHER et al, 2016), então estima-se que os dados apresentados no gráfico da Figura 10 mantenham a tendência com tecnologias educacionais que utilizam recursos de áudio, vídeo e três dimensões sendo o foco das patentes.

O gráfico da Figura 11 apresenta as famílias das patentes depositadas para tecnologias educacionais, de acordo com a CIP.

Figura 11: Distribuição das patentes por categoria CIP utilizando o cruzamento (education* and technolog*).



Fonte: Base WIPO (2018).

Conforme dados do gráfico da figura 11 observa-se que as famílias mais utilizadas nas patentes depositadas para tecnologias educacionais são as da categoria G09 e G06. Essas categorias equivalem, respectivamente, a patentes relacionadas à educação, criptografia, apresentação visual, anúncios, logotipos e computador, cálculo, contagem. Ao considerar a CIP completa, as patentes estão massivamente concentradas em aparelhos educativos ou de demonstração e simuladores (WIPO, 2018).

Ainda em relação as buscas realizadas para a string (education* and technolog*), as organizações que mais depositam patentes são as visualizadas no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Maiores depositantes de patentes na base WIPO para o cruzamento (education* and technolog*).

Depositante	Patentes depositadas
Samsung Electronics Co., LTD.	735
Tianjing University of Technology and Education	492
한국기술교육대학교 산학협력단	349
Korea University of Technology and Education Industry-University Cooperation Foundation	382
Nanjing Dawu Education and Technology Co., LTD.	159

Fonte: Base WIPO (2018).

Os dados do Quadro 11 apresentam uma surpresa na primeira colocação uma vez que todas as demais depositantes são organizações com fins educacionais. Contudo, ao analisar as políticas educacionais adotadas pela empresa (Samsung, 2018) percebe-se que ela tem realizado um investimento considerável em tecnologias educacionais e que

suas invenções possuem bastante apelo para uso na educação. Tal constatação passa a fazer muito sentido quando é levado em consideração que a empresa tem sua base de atuação em países asiáticos e, conforme já visualizado acima, os países asiáticos possuem resultados acima da média no desenvolvimento educacional de seu povo (PISA, 2015). As outras colocações do Quadro 11 também são ocupadas por instituições asiáticas, o que endossa a afirmação que os investimentos em tecnologias educacionais estão diretamente relacionados ao desempenho estudantil no PISA (2015).

Ao realizar as buscas na base nacional de patentes, utilizando as strings citadas na tabela 2, tem-se os resultados apresentados no Quadro 12. Foram excluídas da contagem patentes que não possuíam relação direção com educação.

Quadro 12: Resultados de patentes buscadas na base INPI.

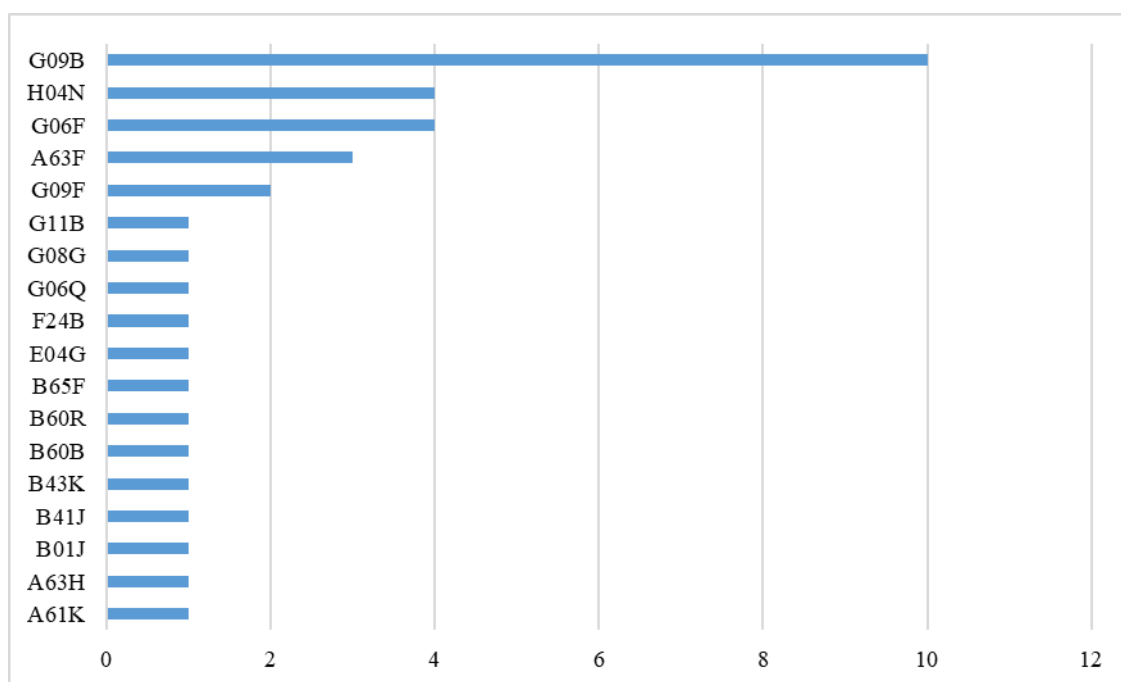
Cruzamentos base nacional	Patentes depositadas
(educa* and tecnolog*)	36
(educa* and tecnolog* and avalia*)	2
(educa* and tecnolog* and jogo)	2
(educa* and tecnolog* and desenvolv*)	9
(educa* and tecnolog* and simula*)	3
(educa* and tecnolog* and ead)	0
(educa* and tecnolog* and (s?ncrono or ass?ncrono))	0
(educa* and tecnolog* and linear)	0
(educa* and tecnolog* and colaborativo)	0
(educa* and tecnolog* and visual)	1
(educa* and tecnolog* and bidimensional or (duas and dimens?es))	0
(educa* and tecnolog* and audio)	4
(educa* and tecnolog* and ?udio?visual)	1
(educa* and tecnolog* and (m?dia or multi?m?dia))	0
(educa* and artifici* and inteli*)	1
(educa* and sistem* and intelig*)	3
(educa* and sistem* and adapta*)	2
(educa* and sistem* and especial*)	6

Fonte: Base INPI (2018).

As patentes registradas no Brasil para tecnologias educacionais, no contexto de apresentado, ainda são escassas como visualizado acima. Apesar disso, as que estão presentes na base INPI seguem as tendências das patentes presentes na base WIPO, como: a baixa utilização dos tipos de tecnologias educacionais ao descrever as patentes dessa temática; e a maior quantidade de patentes relacionadas a tecnologias educacionais que utilizam recursos de áudio, visual ou ambos.

As buscas na base INPI por família CIP indicam que o país tem seguido a tendência mundial e direcionado suas pesquisas para temas associados à família G e H, conforme Figura 12.

Figura 12: Distribuição das patentes por categoria CIP utilizando o cruzamento (educa* and tecnolog*).



Fonte: Base INPI (2018).

É perceptível que a baixa quantidade de patentes relacionadas às tecnologias educacionais no Brasil possui relação com sua posição no PISA (2015), onde o país figura entre os piores resultados, inclusive abaixo da média internacional. Além disso, boa parte do investimento no desenvolvimento da educação no país vem do Governo e como os gastos com investimento em educação foram congelados no país por 20 anos (AMORIM, 2016), espera-se que o cenário das tecnologias educacionais não sofra alteração durante o mesmo período. Cabe salientar também que outro fator que impede o crescimento das tecnologias educacionais é o elevado custo que a tecnologia em geral

possui no Brasil (PRIOR, 2011). Além disso, o baixo registro de patentes mesmo quando pesquisado por termos comumente utilizados em trabalhos acadêmicos, possivelmente, evidencia que indivíduos que realizam pesquisa nessa área no Brasil não dão preferência ao registro de patentes ou software.

Assim, de acordo com as patentes e literatura pesquisada, é possível prospectar que a evolução das tecnologias educacionais acompanhará o desenvolvimento educacional de países que melhor figuram no PISA (2015) e que tais tecnologias estão condicionadas ao progresso de equipamentos eletrônicos. Estima-se ainda que as tecnologias educacionais dos próximos anos comecem a convergir para soluções educacionais voltadas para o aprendizado social em nuvem, uma vez que é para esse caminho que a computação está convergindo (BRITLAND, 2013). Esse fato implica que tecnologias educacionais que almejam sucesso nos próximos anos devem ser soluções web e/ou mobile que permitam que o usuário as utilize a qualquer momento, de qualquer lugar.

Analizando os dados supracitados é possível notar uma clara tendência de evolução das tecnologias educacionais e que esse crescimento está relacionado ao aumento de equipamentos como celulares e tablets e os maiores investidores nessa tecnologia são os países asiáticos onde os índices educacionais são altíssimos. Nesse sentido, o Brasil acaba figurando como um país que ainda está em fase inicial de desenvolvimento de tais tecnologias quando comparado ao que tem sido produzido em países como China e Coréia. Além disso, percebe-se com essa prospecção considerável deficiência de tecnologias educacionais voltadas para a avaliação no Brasil e que as tecnologias que existem, provavelmente, não estão sendo registradas, tornando o estudo proposto nesse trabalho uma alternativa para ajudar a suprir essa carência e o registro da proposta um agregador para aumentar o número de registro nessa temática no país.

5 Proposta do Algoritmo Fuzzy e Sistema Web

Com base na revisão da literatura tratada anteriormente nesse trabalho, a lógica nebulosa e a metodologia de avaliação por competências unidas se apresentam como uma possível solução para um processo avaliativo conciso e coeso. Assim, tais conceitos serão utilizados na proposta deste trabalho.

5.1 Lógica Fuzzy e Metodologia de Avaliação por Competências

Para que seja possível a aplicação da avaliação por competências, este trabalho utiliza situações de aprendizagem como método de avaliação por competências. A situação de aprendizagem é uma forma de avaliação da aprendizagem que, como apontou Desprebiteris (1998), visa a especificação clara do que será avaliado, com que estratégias e com quais critérios, adequa técnicas e instrumentos, propicia uma autoavaliação por parte do aluno e incentiva a reflexão e melhoria. Assim, o aluno que tem conhecimento do que se espera dele, quais competências desenvolver, em quais critérios de avaliação será exigido, as evidências que necessita apresentar para atestar sua capacidade, consegue estudar mais facilmente e torna-se crítico no que diz respeito ao seu aprendizado, podendo como aponta Desprebiteris (1998) verificar até as inconsistências entre o que foi ensinado e o que foi avaliado.

Uma situação de aprendizagem deve conter Capacidades Técnicas, Capacidades Sociais, Organizativas e Metodológicas, Critérios de Avaliação e Evidências onde (PRADO, 2005):

- **Capacidade Técnica, Capacidade Social, Organizativa e Metodológica** indicam quais competências o indivíduo deve possuir para ser capaz de desenvolver bem determinada atividade;
- **Critério de Avaliação** está diretamente associado a uma capacidade técnica ou capacidade social, organizativa e metodológica, atribuindo a mesma um critério pelo qual o indivíduo será avaliado e o qual ele deve atingir para conseguir desenvolver a capacidade relacionada.
- **Evidências** estão relacionadas diretamente com o critério de avaliação e determinam o quanto um critério foi atendido ou não.

As capacidades técnicas, sociais, organizativas e metodológicas, critérios de avaliação e evidências devem ser definidos previamente, antes da avaliação iniciar garantindo que eles não sofram influência subjetiva que dependem do “humor” do professor (SENAI, 2012).

Uma situação de aprendizagem pode ser uma Situação Problema, um Projeto, um Estudo de Caso ou uma Pesquisa (SENAI, 2012), onde:

- Um Estudo de Caso é uma Estratégia de Aprendizagem Desafiadora que se caracteriza pela apresentação de um fato ou um conjunto de fatos, reais ou fictícios, que compõem uma situação problemática, com a sua respectiva solução.
- O Projeto é a explicitação de um conjunto de ações planejadas, executadas e controladas com objetivos claramente definidos, dentro de um período limitado, com início e fim estabelecidos. Caracteriza-se pela flexibilidade e abertura ao imprevisível, podendo envolver variáveis e conteúdos não identificados a priori e emergentes no processo.
- Uma Pesquisa visa oportunizar ao aluno o conhecimento e o aprofundamento das diferentes contribuições científicas disponíveis sobre determinado tema.
- Uma situação-problema apresenta ao aluno uma situação real ou hipotética, de ordem teórica e prática, própria de uma determinada ocupação e dentro de um contexto que a torna altamente significativa.

Nesse trabalho, o tipo de situação de aprendizagem utilizado será a Situação-Problema e o modelo da mesma será uma adaptação do modelo que a instituição de ensino SENAI utiliza desde o lançamento da Metodologia SENAI de educação profissional (SENAI, 2012) em todos os cursos ofertados por ela no país. As capacidades técnicas, sociais, organizativas e metodológicas serão condensadas e todas a se chamar somente capacidades. O quadro 13, apresenta um modelo de Situação-Problema utilizado nesse trabalho.

Quadro 13: Modelo de situação-problema utilizado como base para a avaliação docente.

Capacidade	Critério de Avaliação	Evidências	Atendimento			
			Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Planejar construção do software	Fluxograma	Construiu fluxo especificando as telas que o programa deve apresentar				
		Utilizou simbologias corretamente				
		Descreveu fluxo exato do programa				
	Entregas	Determinou datas para apresentação de cada uma das telas e funcionalidades				
		Listou funcionalidades a serem construídas				
Codificar softwares utilizando uma linguagem de programação	Reuso de código	Utilizou funções para não repetir blocos de códigos				
		Não repetiu linhas de código que estão presentes em condicionais				
	Eficácia do software	Implementou as funcionalidades necessárias para o atendimento da proposta				
		Eliminou bugs que porventura vieram a aparecer no programa				
	Usabilidade	Construiu o fluxo de ações de maneira sequencial				
		Descreveu as ações e nomeou menus de maneira a tornar os comandos intuitivos				
		Construiu telas amigáveis ao usuário				
	Manutenibilidade	Utilizou comentários dentro do código				
		Endentou o código				
Gerenciar atividades	Gestão do tempo	Foi pontual durante o decorrer da unidade				
		Conseguiu respeitar o prazo determinado para a atividade				
	Gestão dos fatores externos	Manteve o foco enquanto construía seu projeto				
		Conseguiu solucionar imprevistos				
Interagir socialmente	Relacionamento interpessoal	Tratou cordialmente os colegas de turma e o instrutor				
		Prestou auxílio quando lhe foi pedido				
	Trabalho em equipe	Participou das decisões de grupo				
		Soube lidar com as opiniões alheias				

Fonte: SENAI (2012), adaptado.

Nessa proposta, a definição das capacidades, dos critérios de avaliação e das evidências será feita pelo docente de cada turma a ser avaliada.

Para cada capacidade e critério de avaliação deverá ser associado um peso. Tais pesos se fazem necessários para atribuição de graus de importância aos elementos da avaliação, pois em um cenário onde os pesos não existem, qualquer aluno que apresentar 3 capacidades num universo de 9 possíveis tiraria exatamente a mesma nota independentemente se as 3 capacidades que o aluno A atingiu são relativamente mais complexas que as atingidas pelo aluno B. Por exemplo: se dentre essas 9 capacidades técnicas 3 fossem relacionadas ao aluno ser capaz de realizar divisão de números, 3 fossem relacionadas ao aluno ser capaz de realizar multiplicação de números e 3 relacionadas a capacidade do aluno somar números ter-se-ia que um aluno que evidenciasse ser capaz apenas de somar números tiraria o mesmo conceito (nota) que um aluno capaz de multiplicar números. Porém, ao serem estabelecidos pesos, o aluno obterá um resultado equivale à importância dos critérios de avaliação e capacidades técnicas que ele atingiu.

Assim, considerando a Situação-Problema dessa proposta, o docente deverá indicar os pesos que cada capacidade e que cada critério de avaliação terá no processo avaliativo, utilizando notação numérica com o valor variando de 1 a 5. Quanto a esta notação dois fatores são importantes:

- O intervalo escolhido (1 a 5) poderia ser outro intervalo, todavia ele foi escolhido tomando como base os possíveis conceitos que o aluno poderá receber ao final do processo avaliativo que são:

Quadro 14: Conceitos que um aluno pode receber numa situação-problema.

Conceito	Descrição
A	Aluno com desempenho excelente. Conseguiu desenvolver todas ou quase todas as capacidades.
B	Aluno com bom desempenho. Não conseguiu desenvolver todas as capacidades, mas teve um aproveitamento bom.
C	Aluno com desempenho regular. Conseguiu desenvolver algumas capacidades, mas sem apresentar um bom

	aproveitamento.
D	Aluno com desempenho ruim. Não conseguiu desenvolver a maior parte das capacidades.
E	Aluno com péssimo desempenho. Desenvolveu poucas ou numa capacidade.

Fonte: SENAI (2012), adaptado.

Caso mais conceitos sejam inseridos, será necessário que o universo de graus possíveis se ajuste aos mesmos. Um procedimento similar deve ser adotado em caso de remoção de conceitos. Vale salientar que quanto maior o universo de graus possíveis, mais heterogêneos serão os conceitos numa determinada turma e, quanto menor o universo de graus, mais homogênea será a distribuição de conceitos. Essa proposta, ao atribuir um intervalo entre 1 e 5 graus, procura um meio termo e será averiguado na aplicação prática dessa proposta se essa tentativa foi bem-sucedida ou não.

- O zero não pertence ao intervalo porque uma capacidade ou critério de avaliação que possui peso zero sequer deveria ser considerada, pois zero atribui o caráter sem importância e toda capacidade ou critério de avaliação irrelevante não precisa existir numa avaliação.

Após o início da avaliação do aluno (que deve ocorrer, preferencialmente, durante toda a disciplina) os pesos não poderão ser alterados até que tal processo seja finalizado e um novo se inicie.

Após a definição das capacidades técnicas e seus pesos, bem como dos critérios de avaliação e seus pesos, será preciso que as evidências sejam classificadas em Críticas [C] ou Desejáveis [D].

Os Critérios de Avaliação Críticos são os essenciais, aqueles que o aluno deve necessariamente alcançar durante o desenvolvimento de uma determinada Situação de Aprendizagem para que se possa comprovar que ele está preparado para prosseguir sem dificuldades [...] Os Critérios de Avaliação Desejáveis são também relevantes, porém não essenciais em uma dada Situação de Aprendizagem. Devem ser desenvolvidos e avaliados formativamente durante o processo, porém não comprometem o prosseguimento quando não alcançados. Se isso acontecer, os critérios de avaliação desejáveis deverão ser propostos novamente nas Situações de Aprendizagem seguintes, podendo em algum momento, no decorrer da Unidade Curricular, do Módulo ou do Curso, assumir a condição de críticos (SENAI, 2012).

Com todas essas informações inseridas no sistema, bastará que o docente marque se o aluno atendeu determinada evidência, se o aluno não a atendeu, ou se o atendimento da evidência foi parcial.

Dessa forma, o modelo da Situação-Problema apresentado no Quadro 13 passaria a comportar os pesos das capacidades técnicas e critérios de avaliação e a criticidade das evidências. Tal modelo, adequado para a necessidade desta proposta, ficaria como segue:

Quadro 14: Situação-Problema com capacidades e critérios de avaliação com pesos e evidências com sua criticidade.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Planejar construção do software	4	Fluxograma	4	Construiu fluxo especificando as telas que o programa deve apresentar	C			
				Utilizou simbologias corretamente	C			
				Descreveu fluxo exato do programa	D			
		Entregas	2	Determinou datas para apresentação de cada uma das telas e funcionalidades	C			
				Listou funcionalidades a serem construídas	C			
Codificar softwares utilizando uma linguagem de programação	5	Reuso de código	3	Utilizou funções para não repetir blocos de códigos	C			
				Não repetiu linhas de código que estão presentes em condicionais	D			
		Eficácia do software	5	Implementou as funcionalidades necessárias para o atendimento da proposta	C			
				Eliminou bugs que porventura vieram a aparecer no programa	D			
		Usabilidade	4	Construiu o fluxo de ações de maneira sequencial	C			
				Descreveu as ações e nomeou menus de maneira a tornar os comandos intuitivos	C			
				Construiu telas amigáveis ao usuário	D			
		Manutenibilidade	3	Utilizou comentários dentro do código	C			
				Endentou o código	C			
				Nomeou variáveis de forma condizente com o que elas armazenam	C			
Gerenciar atividades	3	Gestão do tempo	5	Foi pontual durante o decorrer da unidade	C			
				Conseguiu respeitar o prazo determinado para a atividade	C			
		Gestão dos fatores externos	4	Manteve o foco enquanto construía seu projeto	D			
				Conseguiu solucionar imprevistos	C			
Interagir socialmente	2	Relacionamento interpessoal	5	Tratou cordialmente os colegas de turma e o instrutor	C			
				Prestou auxílio quando lhe foi pedido	D			
		Trabalho em equipe	3	Participou das decisões de grupo	C			
				Soube lidar com as opiniões alheias	C			

Fonte: SENAI (2012), adaptado.

Uma vez que o docente precisará apenas marcar na coluna de atendimento das evidências o que o aluno está conseguindo totalmente, em parte ou não conseguiu evidenciar a missão dele no processo avaliativo praticamente finaliza quando ele estipula as métricas da Situação-Problema.

5.1.1 Conceito Parcial da Situação-Problema

Considerando a Situação-Problema do Quadro 14, o primeiro passo para a obtenção do conceito final, isto é, o Conceito da Situação-Problema (**CSP**) do aluno é a obtenção do valor numérico que será chamado de Índice das Evidências (**IE**).

Já nessa primeira etapa cabe a utilização da lógica fuzzy para a obtenção desse Índice. Para tanto, serão utilizadas as três etapas do raciocínio fuzzy: fuzzificação, inferência e defuzzificação.

Além disso, nesse trabalho será utilizado o método de fuzzificação trapezoidal. Inicialmente, o método sinóide de fuzzificação foi experimentado, mas o mesmo apresentou resultados extremamente próximos ao método trapezoidal, com diferenças na casa milésima e com tempo de retorno maior que os resultados gerados pelo método trapezoidal. Desse modo, como os resultados gerados pelos dois métodos produziram sempre os mesmos conceitos, optou-se pelo método que gerou os resultados de forma mais rápida, isto é, o método de fuzzificação trapezoidal. Ademais, a função de pertinência trapezoidal se caracteriza por permitir intervalos de pertinência máximo ao invés de um ponto máximo de pertinência somente, como é o caso da função de pertinência triangular, sinóide ou gaussiana, por exemplo. Intervalos de pertinência máximas permitem que a precisão de um determinado elemento dentro de um intervalo seja alta e mais concisa.

5.1.1.1 Aplicando Lógica Fuzzy para Obter os Índice das Evidências

5.1.1.1.1 Fuzzificando os Índice das Evidências

Para fuzzificar o Índice das Evidências serão considerados os termos linguísticos “Baixo”, “Regular”, “Bom” e a função de pertinência que considera tais termos seria:

$$\mu(x) = \begin{cases} \text{"Baixo"}, & \text{se } 0 \leq x \leq 2 \\ \text{"Regular"}, & \text{se } 1,5 \leq x \leq 3,5 \\ \text{"Bom"}, & \text{se } 3 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

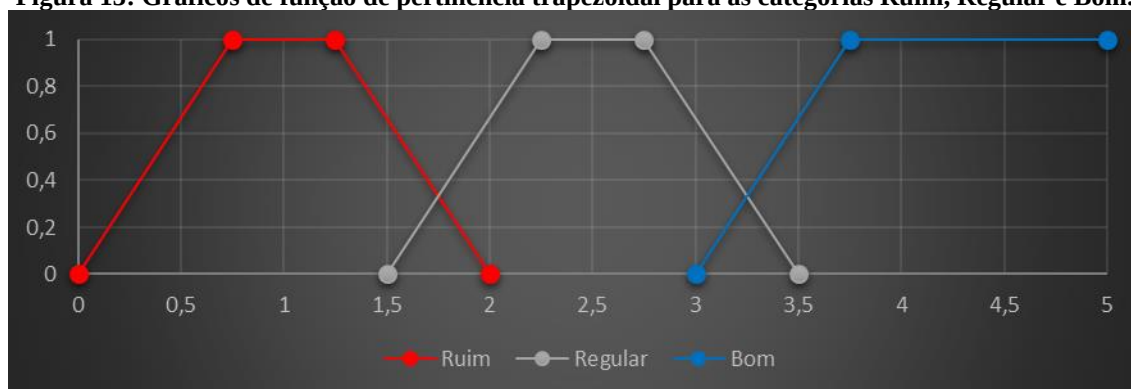
Será utilizado o gráfico de pertinência trapezoidal cuja função é

$$f(x: a, b, c, d) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right)$$

Equação 13: Função de pertinência do índice das evidências.

A figura 13 apresenta o gráfico dessa função de pertinência.

Figura 13: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para as categorias Ruim, Regular e Bom.



Fonte: Próprio Autor.

Os intervalos presentes na função de pertinência e visíveis no gráfico da função de pertinência trapezoidal são intervalos que podem ser ajustados para cada necessidade na avaliação. Nesse caso, os subintervalos definidos acima foram divididos homogeneamente o que permitirá que surja, ao fim do processo avaliativo, conceitos variados. Caso a necessidade do processo avaliativo fosse, por exemplo, que os alunos obtivessem mais conceitos positivos do que negativos, bastaria aumentar os subintervalos dos termos linguísticos “Regular” e “Bom”. Como o objetivo dessa proposta é demonstrar a aplicabilidade da lógica fuzzy na avaliação por competências optou-se por uma divisão de subintervalos em escala igual para os termos linguísticos visando não obter resultados “tendenciosos”.

Também foi determinado que, qualquer índice de evidência superior a 3,75 estará na faixa “Bom”. Tal definição faz-se necessária para que a função de pertinência trapezoidal quando aplicada no intervalo “Bom” retorne um resultado coerente. Caso o intervalo “Bom” possuísse dois pontos de máximo e dois pontos de mínimo, sempre que um aluno alcançasse completamente uma evidência crítica, ao invés da função trapezoidal retornar que ele estaria totalmente pertinente ao intervalo “Bom”, a função

retornaria que sua pertinência seria 0. Para evitar tal desvio, então foi determinado que o intervalo “Bom” possui apenas um ponto de mínimo e dois pontos de máximo, conforme visto no gráfico da Figura 13.

5.1.1.1.2 Inferindo o Índice das Evidências

A matriz de regras fuzzy definida para calcular o Índice das Evidências é como segue:

Quadro 15: Inferência das evidências.

if (criticidade == "D" && atendimento=="Não") {coeficiente = 0;}	Caso a criticidade da evidência seja desejável (D) e atendimento da mesma tenha sido “Não”, então é atribuído o valor 0 para o coeficiente dessa evidência.
if (criticidade == "D" && atendimento=="Em Parte") {coeficiente = 1;}	Caso a criticidade da evidência seja desejável (D) e atendimento da mesma tenha sido “Em Parte”, então é atribuído o valor 1 para o coeficiente dessa evidência.
if (criticidade=="D" && atendimento=="Sim") {coeficiente = 2;}	Caso a criticidade da evidência seja desejável (D) e atendimento da mesma tenha sido “Sim”, então é atribuído o valor 2 para o coeficiente dessa evidência.
if (criticidade=="C" && atendimento=="Não") {coeficiente = 0;}	Caso a criticidade da evidência seja crítica (C) e atendimento da mesma tenha sido “Não”, então é atribuído o valor 0 para o coeficiente dessa evidência.
if (criticidade=="C" && atendimento=="Em Parte") {coeficiente = 4;}	Caso a criticidade da evidência seja crítica (C) e atendimento da mesma tenha sido “Em Parte”, então é atribuído o valor 4 para o coeficiente dessa evidência.
if (criticidade=="C" && atendimento=="Sim") {coeficiente = 5;}	Caso a criticidade da evidência seja crítica (C) e atendimento da mesma tenha sido “Sim”, então é atribuído o valor 5 para o coeficiente dessa evidência.

Fonte: Próprio Autor.

Nesse quadro, a informação apresentada à esquerda está em linguagem de programação e admite-se que uma evidência crítica se atingida em parte possuirá um coeficiente 2 vezes maior que uma evidência desejável atingida completamente porque uma evidência crítica possui uma importância muito maior que uma desejável e tal afirmativa deveria ser refletida claramente no coeficiente das evidências.

Como pode ser visto no Quadro 15, um critério de avaliação pode ter mais que uma evidência e como a lógica fuzzy indicará o coeficiente para cada evidência, é preciso realizar uma média aritmética simples para encontrar a Média dos Coeficientes das Evidências (**MCE**) para determinado critério de avaliação:

$$MCE = \frac{\sum \text{coeficientes das evidências}}{n^{\circ} \text{ de coeficientes das evidências}}$$

Equação 14: Média ponderada para o cálculo do MCE.

Após o cálculo dos MCEs das evidências de uma determinada capacidade é preciso aplicar a função de pertinência trapezoidal para identificar os pontos de pertinência no gráfico da função de pertinência trapezoidal.

5.1.1.1.3 Determinando o Índice das Evidências

Neste trabalho, o processo de inferência que será utilizado para inferir os dados fuzzificados basear-se-á nas regras difusas no formato IF-THEN e no mecanismo de inferência proposto por Mamdani's, max-min, apresentado no capítulo 2.

Para uma melhor percepção dos próximos passos, será suposto, a título de exemplo, um MCE=3,24. Assim, deve ser calculado através da função de pertinência trapezoidal o quão pertinente esse valor é para as categorias “Ruim”, “Regular” e “Bom”. Tem-se para cada categoria:

Figura 14: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Ruim.

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = \max \left(\min \left(\frac{3,24 - 0}{0,75 - 0}, 1, \frac{2 - 3,24}{2 - 1,25} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = \max \left(\min \left(\frac{3,24}{0,75}, 1, \frac{-1,24}{0,75} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = \max (\min ((4,32), 1, (-1,65)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = \max ((-1,65), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Ruim} = 0$$

Fonte: Próprio Autor.

Para a categoria “Regular”, tem-se:

Figura 15: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Regular.

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = \max \left(\min \left(\frac{3,24 - 1,5}{2,25 - 1,5}, 1, \frac{3,5 - 3,24}{3,5 - 2,75} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = \max \left(\min \left(\frac{1,74}{0,75}, 1, \frac{0,26}{0,75} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = \max (\min((2,32), 1, (0,35)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = \max ((0,35), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Regular} = 0,35$$

Fonte: Próprio Autor.

Como o ponto “d” no intervalo “Bom” é equivalente a zero, tem-se:

Figura 16: Cálculo da pertinência do MCE para a categoria Bom.

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = \max \left(\min \left(\frac{3,24 - 3}{3,75 - 3}, 1, \frac{0 - 3,24}{0 - 4,25} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = \max \left(\min \left(\frac{0,24}{0,75}, 1, \frac{-3,24}{-4,25} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = \max (\min((0,32), 1, (0,76)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = \max ((0,32), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{Bom} = 0,32$$

Fonte: Próprio Autor.

Inserindo os valores obtidos para “Ruim”, “Regular” e “Bom” no gráfico da função de pertinência trapezoidal é possível ter uma percepção maior dos resultados produzidos até então pelo raciocínio fuzzy:

Figura 17: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para as categorias Ruim, Regular e Bom com as pertinências destacadas.



Fonte: Próprio Autor.

Nos gráficos, o ponto em verde é referente a pertinência 0,32 em “Bom”. O ponto em laranja diz respeito a pertinência 0,35 em “Regular”. No gráfico não foi inserido o ponto relacionado a “Ruim” porque, como pode ser visto no resultado da equação presente na Figura 14, ele possui pertinência igual a 0.

Para determinar o Índice das Evidências faz-se necessário defuzzificar os dados obtidos nas etapas de fuzzificação e inferência. Para tal, será utilizado o método Middle-of-Maxima (Centro do Máximo) que consiste em calcular a média aritmética dos máximos obtidos. Assim, o processo de defuzzificação para obtenção do Índice das Evidências (IE) de determinado critério de avaliação fica como segue:

Figura 18: Defuzzificação para obtenção do IE utilizando Centro do Máximo.

$$IE = \frac{\sum \text{dos máximos}}{n^{\circ} \text{ de máximos}}$$

$$IE = \frac{0,35 + 0,32}{2}$$

$$IE = \frac{0,67}{2}$$

$$IE = 0,33$$

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, considerando o exemplo de MCE=3,24, o IE seria 0,33, ou seja, “Regular”.

5.2.1 Conceito Final da Situação-Problema

Após a obtenção do Índice das Evidências é preciso aplicar novamente a lógica fuzzy utilizando o IE, os pesos das capacidades e os pesos dos critérios de avaliação como variáveis determinantes do Conceito da Situação-Problema (CSP).

5.2.1.1 Fuzzificando o Conceito da Situação-Problema

Para fuzzificar o Conceito da Situação-Problema serão considerados os termos linguísticos “Conceito A”, “Conceito B”, “Conceito C”, “Conceito D”, “Conceito E”, pois é o resultado que se deseja obter ao fim do processo e a função de pertinência que considera tais termos seria:

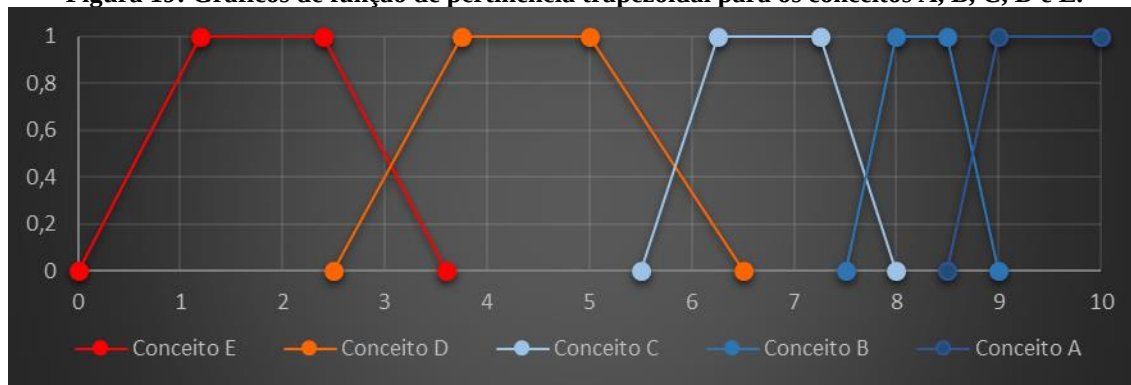
$$\mu(x) = \begin{cases} \text{"Conceito A",} & \text{se } 9 \leq x \leq 10 \\ \text{"Conceito B",} & \text{se } 7,5 \leq x < 9 \\ \text{"Conceito C",} & \text{se } 6 \leq x < 7,5 \\ \text{"Conceito D",} & \text{se } 3 \leq x < 6 \\ \text{"Conceito E",} & \text{se } 0 \leq x < 3 \end{cases}$$

Equação 15: Função de pertinência para o conceito da situação-problema.

As escalas ficaram definidas como supracitado de modo a permitir que os conceitos positivos estejam numa escala equivalente com a margem de nota de aprovação vigente no sistema de ensino médio no Brasil.

A função de pertinência a ser utilizada nessa etapa também será a função de pertinência trapezoidal. Portanto, um dos possíveis arranjos para o gráfico da função de pertinência trapezoidal dos termos linguísticos do Conceito da Situação-Problema seria o que está apresentado no gráfico da Figura 19.

Figura 19: Gráficos de função de pertinência trapezoidal para os conceitos A, B, C, D e E.



Fonte: Próprio Autor.

Percebe-se no gráfico da Figura 19 que quanto maior o conceito, mais estreito é o seu intervalo. Enquanto o intervalo de pertinência do “Conceito E” vai de 0 a 3,6, o intervalo de pertinência do “Conceito A” vai de 8,5 a 10. Todavia, tais intervalos e suas pertinências podem ser ajustados para inúmeros cenários e necessidades de avaliação.

Tal como na etapa anterior onde o intervalo “Bom” possuiu apenas 1 ponto mínimo de pertinência, o “Conceito A” também possuirá apenas 1 ponto mínimo o que acarretará que qualquer coeficiente superior a 9 terá pertinência máxima para o “Conceito A”.

5.2.1.2 Inferindo o Conceito da Situação-Problema

A matriz de regras fuzzy para calcular o Conceito da Situação-Problema deverá considerar em cada uma das suas proposições os pesos das capacidades técnicas, os pesos dos critérios de avaliação e o Índice das Evidências. As regras fuzzy para uma capacidade com peso 5 ficarão como apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16: Regras fuzzy para capacidade com peso 5.

If pCapacidade == 5 && pCritério == 5 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=10	1
If pCapacidade == 5 && pCritério == 5 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=7	2
If pCapacidade == 5 && pCritério == 5 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=4	3
If pCapacidade == 5 && pCritério == 4 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=9,5	4
If pCapacidade == 5 && pCritério == 4 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=6,5	5
If pCapacidade == 5 && pCritério == 4 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=3,5	6
If pCapacidade == 5 && pCritério == 3 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=9	7
If pCapacidade == 5 && pCritério == 3 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=6	8
If pCapacidade == 5 && pCritério == 3 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=3	9
If pCapacidade == 5 && pCritério == 2 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8,5	10
If pCapacidade == 5 && pCritério == 2 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5,5	11
If pCapacidade == 5 && pCritério == 2 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2,5	12
If pCapacidade == 5 && pCritério == 1 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8	13
If pCapacidade == 5 && pCritério == 1 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5	14
If pCapacidade == 5 && pCritério == 1 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2	15

Fonte: Próprio Autor.

As regras fuzzy para uma capacidade com peso 4 ficarão como disposto no Quadro 17.

Quadro 17: Regras fuzzy para capacidade com peso 4.

If pCapacidade == 4 && pCritério == 5 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=9,5	16
If pCapacidade == 4 && pCritério == 5 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=6,5	17
If pCapacidade == 4 && pCritério == 5 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=3,5	18
If pCapacidade == 4 && pCritério == 4 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=9	19
If pCapacidade == 4 && pCritério == 4 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=6	20
If pCapacidade == 4 && pCritério == 4 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=3	21
If pCapacidade == 4 && pCritério == 3 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8,5	22
If pCapacidade == 4 && pCritério == 3 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5,5	23
If pCapacidade == 4 && pCritério == 3 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2,5	24
If pCapacidade == 4 && pCritério == 2 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8	25
If pCapacidade == 4 && pCritério == 2 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5	26
If pCapacidade == 4 && pCritério == 2 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2	27
If pCapacidade == 4 && pCritério == 1 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7,5	28
If pCapacidade == 4 && pCritério == 1 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4,5	29
If pCapacidade == 4 && pCritério == 1 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1,5	30

Fonte: Próprio Autor.

As regras fuzzy para uma capacidade com peso 3 ficarão conforme descritas no Quadro 18.

Quadro 18: Regras fuzzy para capacidade com peso 3.

If pCapacidade == 3 && pCritério == 5 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=9	31
If pCapacidade == 3 && pCritério == 5 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=6	32
If pCapacidade == 3 && pCritério == 5 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=3	33
If pCapacidade == 3 && pCritério == 4 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8,5	34
If pCapacidade == 3 && pCritério == 4 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5,5	35
If pCapacidade == 3 && pCritério == 4 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2,5	36
If pCapacidade == 3 && pCritério == 3 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8	37
If pCapacidade == 3 && pCritério == 3 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5	38
If pCapacidade == 3 && pCritério == 3 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2	39
If pCapacidade == 3 && pCritério == 2 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7,5	40
If pCapacidade == 3 && pCritério == 2 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4,5	41
If pCapacidade == 3 && pCritério == 2 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1,5	42
If pCapacidade == 3 && pCritério == 1 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7	43
If pCapacidade == 3 && pCritério == 1 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4	44

If pCapacidade == 3 && pCritério == 1 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1	45
--	----

Fonte: Próprio Autor.

As regras fuzzy para uma capacidade com peso 2 ficarão como no Quadro 19.

Quadro 19: Regras fuzzy para capacidade com peso 2.

If pCapacidade == 2 && pCritério == 5 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8,5	46
If pCapacidade == 2 && pCritério == 5 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5,5	47
If pCapacidade == 2 && pCritério == 5 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2,5	48
If pCapacidade == 2 && pCritério == 4 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8	49
If pCapacidade == 2 && pCritério == 4 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5	50
If pCapacidade == 2 && pCritério == 4 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2	51
If pCapacidade == 2 && pCritério == 3 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7,5	52
If pCapacidade == 2 && pCritério == 3 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4,5	53
If pCapacidade == 2 && pCritério == 3 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1,5	54
If pCapacidade == 2 && pCritério == 2 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7	55
If pCapacidade == 2 && pCritério == 2 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4	56
If pCapacidade == 2 && pCritério == 2 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1	57
If pCapacidade == 2 && pCritério == 1 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=6,5	58
If pCapacidade == 2 && pCritério == 1 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=3,5	59
If pCapacidade == 2 && pCritério == 1 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=0,5	60

Fonte: Próprio Autor.

As regras fuzzy para uma capacidade com peso 1 ficarão como apresentado no Quadro 20.

Quadro 20: Regras fuzzy para capacidade com peso 1.

If pCapacidade == 1 && pCritério == 5 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=8	61
If pCapacidade == 1 && pCritério == 5 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=5	62
If pCapacidade == 1 && pCritério == 5 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=2	63
If pCapacidade == 1 && pCritério == 4 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7,5	64
If pCapacidade == 1 && pCritério == 4 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4,5	65
If pCapacidade == 1 && pCritério == 4 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1,5	66
If pCapacidade == 1 && pCritério == 3 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=7	67
If pCapacidade == 1 && pCritério == 3 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=4	68
If pCapacidade == 1 && pCritério == 3 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=1	69
If pCapacidade == 1 && pCritério == 2 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=6,5	70
If pCapacidade == 1 && pCritério == 2 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=3,5	71

If pCapacidade == 1 && pCritério == 2 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=0,5	72
If pCapacidade == 1 && pCritério == 1 && IE== “Bom” THEN coeficienteCSP=6	73
If pCapacidade == 1 && pCritério == 1 && IE== “Regular” THEN coeficienteCSP=3	74
If pCapacidade == 1 && pCritério == 1 && IE== “Ruim” THEN coeficienteCSP=0	75

Fonte: Próprio Autor.

Como visualizado nos Quadros de 16 a 20, as 75 regras que formam o raciocínio fuzzy dessa etapa recebem valores para seus coeficientes variando entre 0 e 10. Os coeficientes das 75 equações foram distribuídos uniformemente, considerando os valores dos coeficientes extremos, isto é, o coeficiente para IE=“Bom”, pCapacidade=5 e pCritério=5 deve ser 10; em contrapartida, o coeficiente para IE=“Ruim”, pCapacidade=1 e pCritério=1 deve ser 0. Tais resultados de coeficiente para cada regra também podem ser ajustados para atender a necessidade de diversos cenários e percepções dos especialistas. Naturalmente, foram geradas 75 inferências por causa da combinação de peso da capacidade com peso do critério com coeficiente do conceito da situação-problema. Caso menos pesos ou coeficientes tivessem sido estabelecidos então menos regras de inferência teriam sido geradas.

Uma Situação-Problema pode ter mais que uma capacidade (consequentemente, mais de um critério de avaliação) e como a lógica fuzzy dará coeficiente para cada capacidade, assim como ocorreu na etapa dos Índices das Evidências, é preciso realizar uma média aritmética simples para encontrar a média dos coeficientes da Situação-Problema (**MCSP**):

$$MCSP = \frac{\sum \text{coeficientes da Situação - Problema}}{n^{\circ} \text{ de coeficientes da Situação - Problema}}$$

Equação 16: Média ponderada para o cálculo do MCSP.

Após o cálculo dos MCSPs da Situação-Problema é preciso aplicar a função de pertinência trapezoidal para identificar os pontos de pertinência no gráfico.

5.2.1.3 Determinando o Conceito Final da Situação-Problema

Nos próximos passos será suposto um MCSP=8,72 para que uma melhor percepção de como a função de pertinência trapezoidal funcionará para produzir os resultados que comporão o Conceito da Situação-Problema. Assim, deve ser calculado através da função de pertinência trapezoidal o quão pertinente esse valor é nas

categorias “Conceito A”, “Conceito B”, “Conceito C”, “Conceito D” e “Conceito E”.
Tem-se:

Figura 20: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito E.

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72 - 0}{1,2 - 0}, 1, \frac{3,6 - 8,72}{3,6 - 2,4} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72}{1,2}, 1, \frac{-5,12}{1,2} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = \max (\min((7,26), 1, (-4,26)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = \max ((-4,26), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoE}} = 0$$

Fonte: Próprio Autor.

Para a categoria “Conceito D”, tem-se:

Figura 21: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito D.

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72 - 2,5}{3,75 - 2,5}, 1, \frac{6,5 - 8,72}{6,5 - 5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = \max \left(\min \left(\frac{6,22}{1,25}, 1, \frac{-2,22}{1,5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = \max (\min((4,97), 1, (-1,48)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = \max ((-1,48), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{ConceitoD}} = 0$$

Fonte: Próprio Autor.

Para a categoria “Conceito C”, tem-se:

Figura 22: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito C.

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72 - 5,5}{6,25 - 5,5}, 1, \frac{8 - 8,72}{8 - 7,25} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = \max \left(\min \left(\frac{3,22}{0,75}, 1, \frac{-0,72}{0,75} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = \max (\min((4,29), 1, (-0,96)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = \max ((-0,96), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito C}} = 0$$

Fonte: Próprio Autor.

Para a categoria “Conceito B”, tem-se:

Figura 23: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito B.

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72 - 7,5}{8 - 7,5}, 1, \frac{9 - 8,72}{9 - 8,5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = \max \left(\min \left(\frac{1,22}{0,5}, 1, \frac{0,28}{0,5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = \max (\min((2,44), 1, (0,56)), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = \max ((0,56), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito B}} = 0,56$$

Fonte: Próprio Autor.

Como o ponto “d” no intervalo “Conceito A” é equivalente a zero, tem-se:

Figura 24: Cálculo da pertinência do MCSP para o conceito A.

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = \max \left(\min \left(\frac{8,72 - 8,5}{9 - 8,5}, 1, \frac{0 - 8,72}{0 - 9,5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = \max \left(\min \left(\frac{0,22}{0,5}, 1, \frac{-8,72}{-9,5} \right), 0 \right)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = \max (\min ((0,44), 1, (0,78)), 0)$$

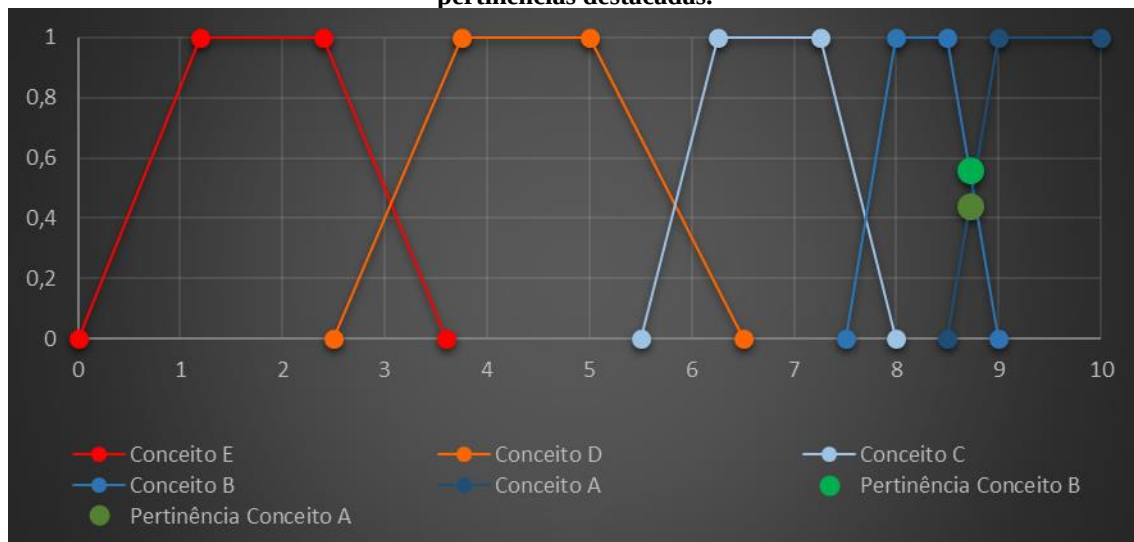
$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = \max ((0,44), 0)$$

$$f(x: a, b, c, d)_{\text{Conceito A}} = 0,44$$

Fonte: Próprio Autor.

Inserindo os valores obtidos para “Conceito E”, “Conceito D”, “Conceito C”, “Conceito B” e “Conceito A” no gráfico da função de pertinência trapezoidal é possível ter uma percepção maior dos resultados produzidos pelo raciocínio fuzzy:

Figura 25: Gráfico de função de pertinência trapezoidal para os conceitos A, B, C, D e E com as pertinências destacadas.



Fonte: Próprio Autor.

No gráfico da Figura 25, o ponto em verde claro é referente a pertinência 0,56 em “Conceito B”. O ponto em verde escuro refere-se a pertinência 0,44 em “Conceito A”. No gráfico não foram inseridos os pontos relacionados a “Conceito C”, “Conceito D” e “Conceito E” porque, como pode ser visto no resultado das equações acima, eles

possuem pertinência igual a 0 o que poria todos os pontos sobrepostos no eixo X em 8,72.

Para finalizar o processo de obtenção do Conceito da Situação-Problema é preciso defuzzificar os dados obtidos nas etapas de fuzzificação e inferência. Assim como na etapa de defuzzificação do Índice das Evidências, nessa etapa também será utilizado o método Middle-of-Maxima (Centro do Máximo). O processo de defuzzificação para obtenção do Conceito da Situação-Problema (CSP) fica como segue:

Figura 26: Defuzzificação para obtenção do CSP utilizando Centro do Máximo.

$$CSP = \frac{\sum \text{dos máximos}}{n^{\circ} \text{ de máximos}}$$

$$CSP = \frac{0,56 + 0,44}{2}$$

$$CSP = \frac{1}{2}$$

$$CSP = 0,5$$

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, considerando o exemplo de MCSP=8,72, o CSP seria 0,5, ou seja, pela pertinência, “Conceito B” ou “Conceito A”, uma vez que ambos (0,56 e 0,44) estão a 0,06 do CSP. Como não poderá ser possível atribuir dois conceitos a um mesmo aluno, nessa proposta, quando ocorrer que após o processo de defuzzificação mais de um conceito seja dado como resultado será, então, considerado o conceito com maior grau de pertinência obtido nas fases de inferência e fuzzificação. Para o caso do exemplo em questão o conceito mais adequado seria o “Conceito B”. Em casos onde até mesmo os maiores graus de pertinência das fases anteriores forem iguais, será considerado como conceito do aluno o maior conceito dentre os que empataram, ou seja, caso os graus de pertinência fossem iguais para esse exemplo o conceito seria “Conceito A”.

5.2 Sistema Web Especialista Nebuloso: Avalon

Após a determinação dos conjuntos, regras fuzzy e procedimentos para a geração do conceito do aluno é preciso codificá-los em um sistema, ou seja, implementar um sistema especialista capaz de auxiliar o docente na obtenção do conceito do aluno utilizando avaliação por competência com lógica fuzzy.

A aplicação criada para demonstração, em caráter prático, da proposta desse trabalho caracteriza-se como um sistema especialista nebuloso porque visa reproduzir o conhecimento de especialistas (docentes) sendo capaz de solucionar problemas complexos (processo avaliativo), compreender (variáveis do processo avaliativo) e gerar os resultados (conceito do aluno) (VIDALETTI, 2009). No Avalon destacam-se as seguintes regras heurísticas de Interface do Usuário, Máquina de Inferência e Base de Conhecimento proposto por Vidaletti (2009). No Avalon, a base de conhecimento (núcleo) é o banco de dados construído na linguagem SQL; a máquina de inferência (camada que recebe/consulta os dados para tomada de decisão) são os algoritmos construídos em linguagem de programação PHP; e a interface do usuário (camada mais externa que se comunica diretamente com o usuário) foi construída em linguagem de HTML5, CSS3, JavaScript e AJAX.

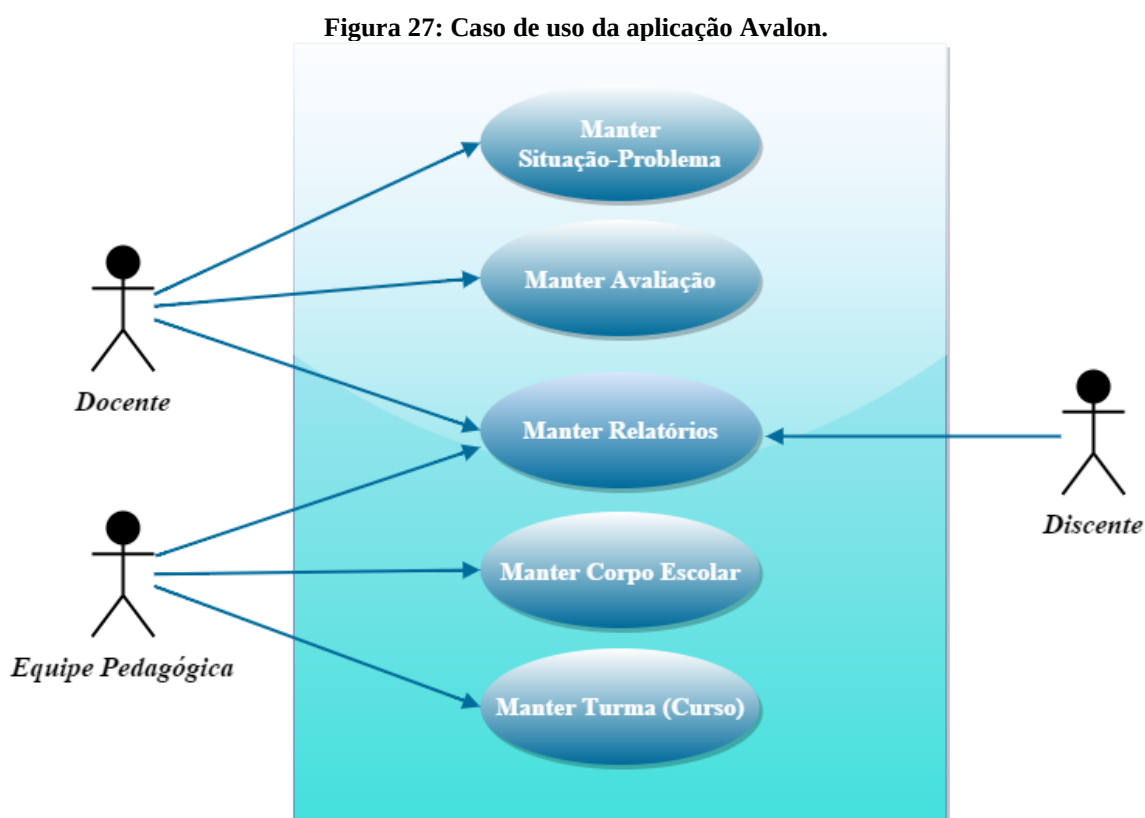
5.2.1 Requisitos e Atores do Sistema

Os atores e usuários da aplicação podem ser:

- Docente – Inseriria uma nova situação-problema para a disciplina/unidade curricular que está ministrando, atribuindo capacidades, critérios, pesos, evidências, criticidade e status de atendimento. Produzia relatórios através do sistema para visualização dos resultados parciais e/ou finais de uma referida disciplina/unidade curricular em curso e/ou turma finalizada.
- Discente: Que visualizaria eventuais relatórios da disciplina/unidade curricular que está cursando ou das cursadas;
- Equipe Pedagógica: Que gerenciaria eventuais informações referentes a docentes, discentes, equipe pedagógicas, turmas (cursos), disciplinas (unidades curriculares). Produzia relatórios através do sistema para

visualização dos resultados parciais e/ou finais de uma referida disciplina/unidade curricular em curso e/ou turma finalizada.

O escopo dos recursos que o sistema completo poderá vir a apresentar pode ser visualizado no caso de uso da Figura 27.



Fonte: Próprio Autor.

Como um sistema que trate de todas essas nuances é bastante complexo e uma vez que a proposta desse trabalho é apresentar um método de avaliação discente diversificado, os módulos do Avalon que devem apresentar-se totalmente funcionais para que os objetivos descritos nessa proposta sejam atingidos são Manter Situação-Problema e Manter Avaliação. Portanto, ainda que seja previsto para o sistema diversos módulos/funcionalidades como: controle de acesso por usuário; cadastro, edição, exclusão de usuários, turmas (cursos) e disciplinas (unidades curriculares); e criação de relatórios com desempenho de alunos e turmas, esses não são o foco desse trabalho. Por isso, tais funcionalidades não serão detalhadas neste trabalho, no entanto os módulos/funcionalidades inerentes aos casos de uso Manter Situação-Problema e Manter Avaliação serão apresentados detalhadamente.

Os quadros a seguir apresentam o fluxo de ações que dos módulos principais do sistema, em formato de caso de uso textual.

Quadro 21: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Cadastro.

Identificação	UC-01.1
Nome	Manter Situação-Problema – Cadastro
Sumário	Docente utiliza a aplicação para cadastrar situações-problema.
Atores	Docente
Pré-condições	Usuário com perfil de docente logado na aplicação.
Fluxo Principal	1. O sistema exibirá para o docente a tela de menu inicial. 2. O docente clica em “Situação-Problema” no menu. 2.1.O sistema exibirá para o docente uma tela onde ele poderá escolher a turma que deseja cadastrar a situação-problema. 3. O docente seleciona na lista de turmas que ele ministra ou ministrou aula a turma que deseja. 3.1.O sistema filtra a lista de unidades curriculares para exibir aquelas que o docente ministrou aula na referida turma. 4. O docente escolhe uma disciplina. 4.1.O sistema informa que não há situação-problema cadastrada para a disciplina escolhida. 5. O docente clica em “Adicionar”. 5.1.O sistema exibe para o docente uma tela para o mesmo definir a carga horária de aplicação da situação-problema, a data de início e de término da aplicação, o desafio da situação e o resultado esperado. 6. O docente insere as informações nos respectivos campos e clica em “Próxima Etapa”. 6.1.O sistema valida as informações inseridas e exibe para o docente uma nova tela onde o mesmo pode inserir as capacidades e seus pesos, os critérios de avaliação e seus pesos e as evidências e suas criticidades. 7. O docente insere as informações nos respectivos campos e clica em “Próxima Etapa”. 7.1.O sistema valida as informações inseridas e apresenta para o docente uma pré-visualização dessas informações. 8. O docente clica em “Salvar”. 8.1.O sistema cadastra a situação-problema e informa ao usuário que as informações foram salvas com sucesso.
Fluxo Alternativo	A2. Caso o docente ainda não possua nenhuma turma associada a ele o sistema emitirá um alerta e não permitirá o cadastro de uma nova situação-problema. A6.1. Caso as informações inseridas não sejam válidas ou estejam em falta o sistema solicitará que o docente reinsira os dados referentes a situação-problema e não passará para a próxima etapa. A7.1. Caso as informações inseridas não sejam válidas ou estejam em falta o sistema solicitará que o docente reinsira os dados referentes a situação-problema e não passará para a etapa de pré-visualização.
Pós-condições	Cadastro da situação-problema da unidade curricular efetuado com sucesso.
Requisitos Funcionais	RF-01, RF-02, RF-03, RF-05
Requisitos não	RNF-03, RNF-04, RNF-05

Funcionais	
------------	--

Fonte: Próprio Autor.

Quadro 22: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Edição.

Identificação	UC-01.2
Nome	Manter Situação-Problema – Edição
Sumário	Docente utiliza a aplicação para editar situações-problema.
Atores	Docente
Pré-condições	Usuário com perfil de docente logado na aplicação.
Fluxo Principal	1. O sistema exibirá para o docente a tela de menu inicial. 2. O docente clica em “Situação-Problema” no menu. 2.1. O sistema exibirá para o docente uma tela onde ele poderá escolher a turma que deseja editar a situação-problema. 3. O docente seleciona na lista de turmas que ele ministra ou ministrou aula a turma que deseja. 3.1. O sistema filtra a lista de disciplinas para exibir aquelas que o docente ministrou aula na referida turma. 4. O docente escolhe uma disciplina. 4.1. O sistema lista para o docente a situação-problema cadastrada para a unidade curricular escolhida. 5. O docente clica na situação-problema que deseja editar e, posteriormente, em “Editar”. 5.1. O sistema exibe para o docente a tela de visualização da situação-problema. 6. O docente clica na capacidade ou critério ou evidência que deseja editar. 6.1. O sistema exibe para o docente o conteúdo que ele deseja editar na tela de cadastro da situação-problema. 7. O docente edita as informações que deseja na situação-problema e clica em “Próxima Etapa”. 7.1. O sistema valida as informações inseridas e apresenta para o docente uma pré-visualização das informações editadas. 8. O docente clica em “Salvar”. 8.1. O sistema cadastra as alterações na situação-problema e informa ao usuário que as informações foram salvas com sucesso.
Fluxo Alternativo	A2. Caso o docente ainda não possua nenhuma turma associada a ele o sistema emitirá um alerta e não permitirá a edição de uma situação-problema. A4.1. Caso não exista situação-problema cadastrada, o sistema informará que não há situação-problema cadastrada para a unidade curricular escolhida. A7.1. Caso as informações inseridas não sejam válidas ou estejam em falta o sistema solicitará que o docente reinsira os dados referentes a situação-problema e não passará para a etapa de pré-visualização.
Pós-condições	Edição da situação-problema da unidade curricular efetuada com sucesso.
Requisitos Funcionais	RF-01, RF-02, RF-03, RF-05, RF-16

Requisitos não Funcionais	RNF-03, RNF-04, RNF-05
---------------------------	------------------------

Fonte: Próprio Autor.

Quadro 23: Descrição do Caso de Uso Manter Situação-Problema – Exclusão.

Identificação	UC-01.3
Nome	Manter Situação-Problema – Exclusão
Sumário	Docente utiliza a aplicação para excluir situações-problema.
Atores	Docente
Pré-condições	Usuário com perfil de docente logado na aplicação.
Fluxo Principal	1. O sistema exibirá para o docente a tela de menu inicial. 2. O docente clica em “Situação-Problema” no menu. 2.1. O sistema exibirá para o docente uma tela onde ele poderá escolher a turma que deseja excluir a situação-problema. 3. O docente seleciona na lista de turmas que ele ministra ou ministrou aula a turma que deseja. 3.1. O sistema filtra a lista de disciplinas para exibir aquelas que o docente ministrou aula na referida turma. 4. O docente escolhe uma disciplina. 4.1. O sistema lista para o docente a situação-problema cadastrada para a unidade curricular escolhida. 5. O docente clica na situação-problema que deseja excluir e, posteriormente, em “Excluir”. 5.1. O sistema solicita confirmação de exclusão e, posteriormente, exclui a situação-problema selecionada.
Fluxo Alternativo	A2. Caso o docente ainda não possua nenhuma turma associada a ele o sistema emitirá um alerta e não permitirá a exclusão de uma situação-problema. A4.1. Caso não exista situação-problema cadastrada, o sistema informará que não há situação-problema cadastrada para a unidade curricular escolhida. A5-1. Caso a situação-problema que o usuário está tentando excluir possua alguma avaliação iniciada para algum aluno, então o sistema emitirá uma mensagem de erro informando que a referida situação-problema não pode ser excluída porque há avaliações associadas a mesma.
Pós-condições	Exclusão da situação-problema da unidade curricular efetuada com sucesso.
Requisitos Funcionais	RF-01, RF-05
Requisitos não Funcionais	RNF-03, RNF-04, RNF-05

Fonte: Próprio Autor.

Para o caso de uso Manter Avaliação, sua descrição detalhada fica:

Quadro 24: Descrição do Caso de Uso Manter Avaliação.

Identificação	UC-02
Nome	Manter Avaliação
Sumário	Docente utiliza a aplicação gerenciar a variável de entrada “status de atendimento” dos alunos em determinada unidade curricular.
Atores	Docente
Pré-condições	Usuário com perfil de docente logado na aplicação.
Fluxo Principal	1. O sistema exibirá para o docente a tela de menu inicial. 2. O docente clica em “Avaliações” no menu. 2.1. O sistema exibirá para o docente uma tela onde ele poderá escolher a turma, unidade curricular e o aluno que deseja avaliar por meio da situação-problema. 3. O docente seleciona na lista de turmas que ele ministra ou ministrou aula a turma que deseja. 3.1. O sistema filtra a lista de disciplinas para exibir aquelas que o docente ministrou aula na referida turma. 4. O docente escolhe uma unidade curricular. 4.1. O sistema filtra a lista de alunos para exibir aqueles que fazem parte da referida turma e disciplina. 5. O docente escolhe o aluno na lista de alunos para poder inserir o status de atendimento do mesmo para as evidências da situação-problema. 5.1. Sistema apresenta a situação-problema da referida unidade curricular com os preenchimentos referentes ao aluno selecionado. 6. Docente insere para uma ou mais evidências da situação-problema se o aluno atendeu, não atendeu ou atendeu em parte aquela evidência. 7. O docente clicar em “Salvar” após inserir os status de atendimento das evidências do aluno. 7.1. O sistema verifica se todas as evidências da referida situação-problema possuem status de atendimento informado e, pergunta se o docente quer finalizar a avaliação, processa as variáveis de entrada e informa o conceito final do aluno. Do contrário, o sistema apenas salva as informações inseridas.
Fluxo Alternativo	A2. Caso o docente ainda não possua nenhuma turma associada a ele o sistema emitirá um alerta e não permitirá que avaliações sejam realizadas ou visualizadas pelo referido docente. A5.1. Caso não exista situação-problema cadastrada, o sistema informará que não há situação-problema cadastrada para a unidade curricular escolhida não sendo, assim, possível realizar a avaliação. A6. Caso a avaliação para o aluno selecionado já tenha sido finalizada o sistema somente mostrará a situação-problema com os preenchimentos, não possibilitando a edição dela. A7.1. Caso o docente opte por não finalizar a avaliação, o sistema somente salvará as informações inseridas.
Pós-condições	Avaliação de um ou mais alunos realizada com sucesso.

Requisitos Funcionais	RF-04, RF-05, RF-16, RF-17
Requisitos não Funcionais	RNF-01, RNF-03, RNF-04, RNF-05

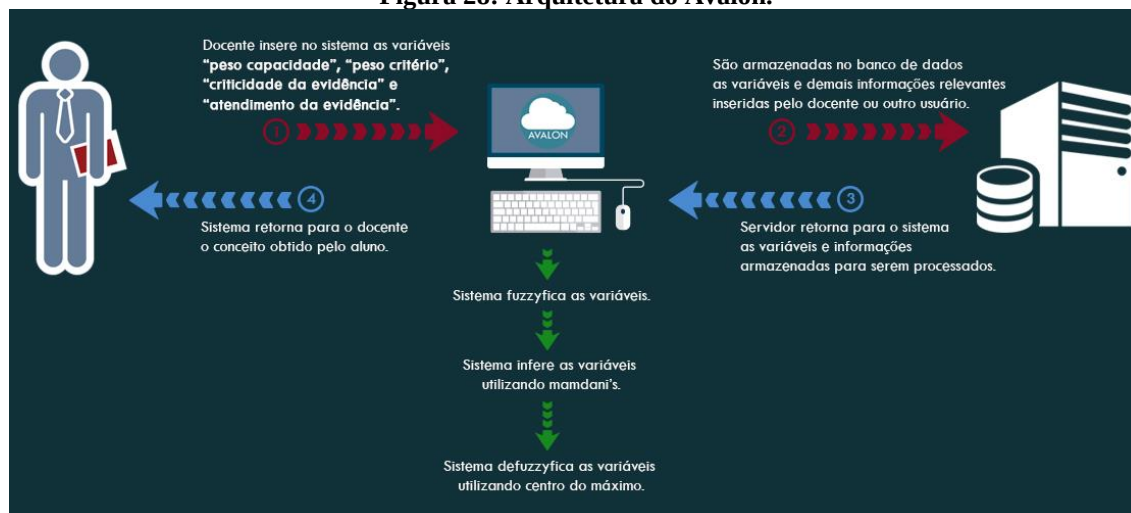
Fonte: Próprio Autor.

5.2.2 Arquitetura e funcionamento do sistema

O sistema proposto nesse trabalho possui uma arquitetura do tipo cliente-servidor, onde os clientes serão os dispositivos que o usuário utilizará para acessar o sistema web e o servidor será um provedor de serviços online que armazenará o site e o banco de dados que o sistema irá utilizar para acessar e/ou armazenar informações.

Os docentes irão inserir no sistema as variáveis de entrada “peso capacidade”, “peso critério”, “criticidade evidência” e “atendimento da evidência” que serão armazenadas no banco de dados do servidor e tratadas dentro do sistema através das regras fuzzy para gerar a saída “conceito do aluno”. Tal ciclo é graficamente apresentado na Figura 28.

Figura 28: Arquitetura do Avalon.



Fonte: Próprio Autor.

Sendo assim, o ciclo dos dados consiste nas seguintes etapas:

1. Docente define as capacidades que serão avaliadas e seus pesos, os critérios de avaliação de cada capacidade e seus pesos, as evidências de cada critério de avaliação e se cada evidência é crítica ou desejável.
2. Docente insere as capacidades, critérios e evidências em formato de Situação-Problema no sistema nebuloso Avalon;

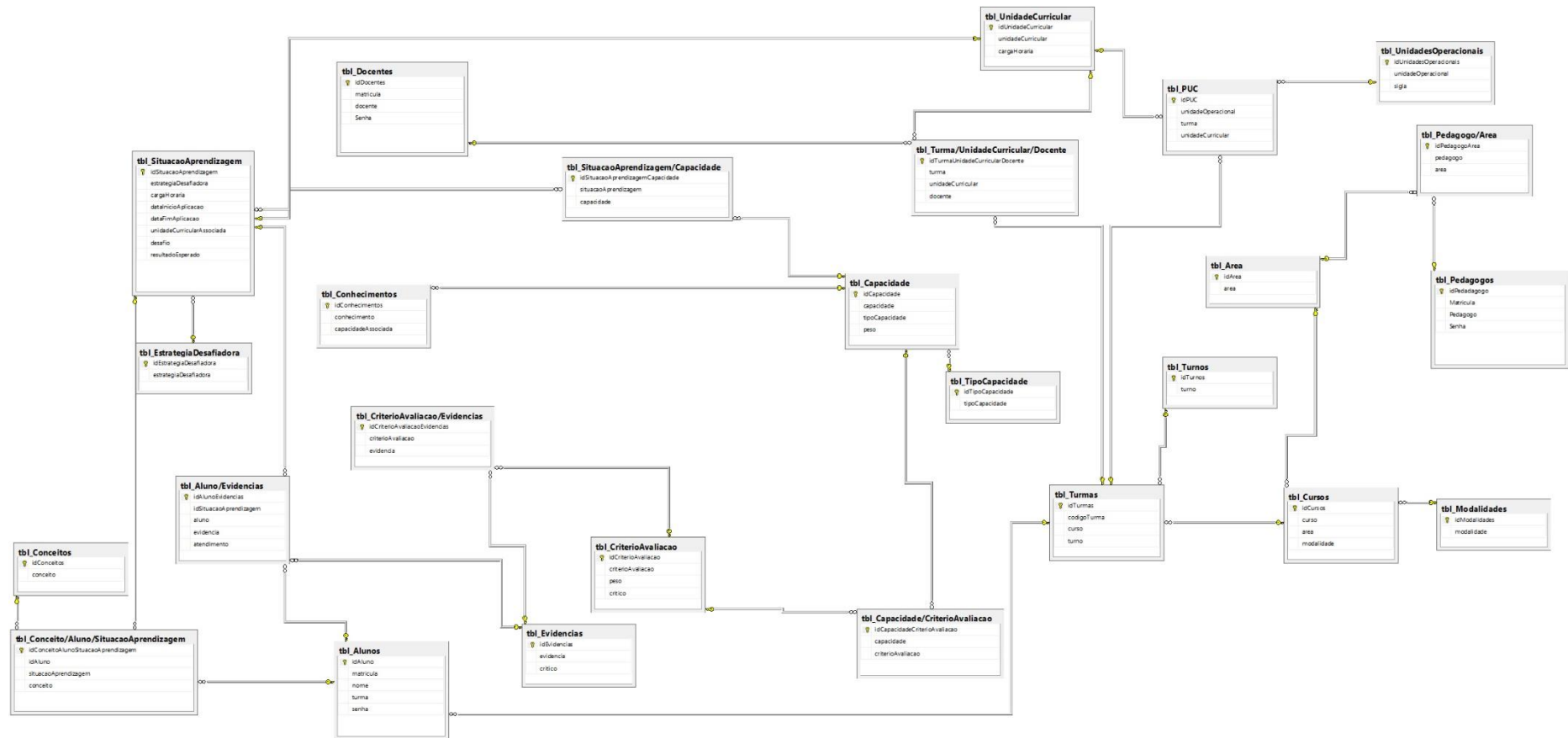
3. Docente verifica se o aluno atendeu ou não as evidências no decorrer da disciplina e atribui o status desse atendimento no Avalon;
4. Sistema processa as informações inseridas;
5. No fim do período de realização da disciplina ou assim que o docente indicar o atendimento ou não de todas as evidências e finalizar a avaliação, a aplicação fecha a avaliação do aluno e apresenta o conceito final do mesmo com base na teoria fuzzy.

5.2.3 Projeto e desenvolvimento do sistema

O diagrama de entidade-relacionamento, que pode ser visualizado na Figura 29, apresenta a estrutura da base de dados do sistema, bem como a relação que as tabelas possuem entre si.

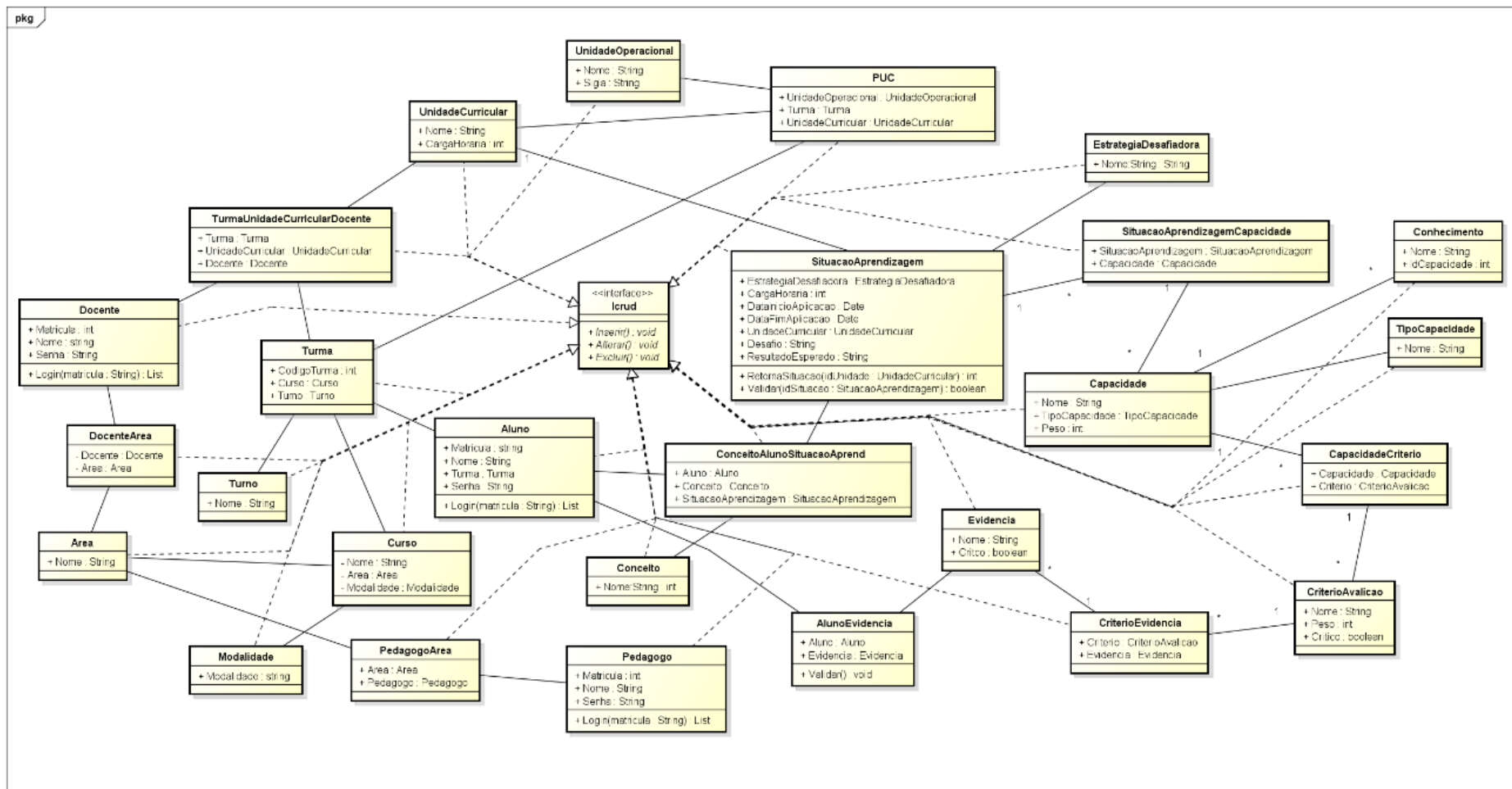
O diagrama de classes do Avalon presente na Figura 30 apresenta a estrutura do sistema e a relação que as classes deverão possuir entre si.

Figura 29: Diagrame ER do banco de dados do sistema Avalon.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 30: Diagrama de Classes do sistema Avalon.

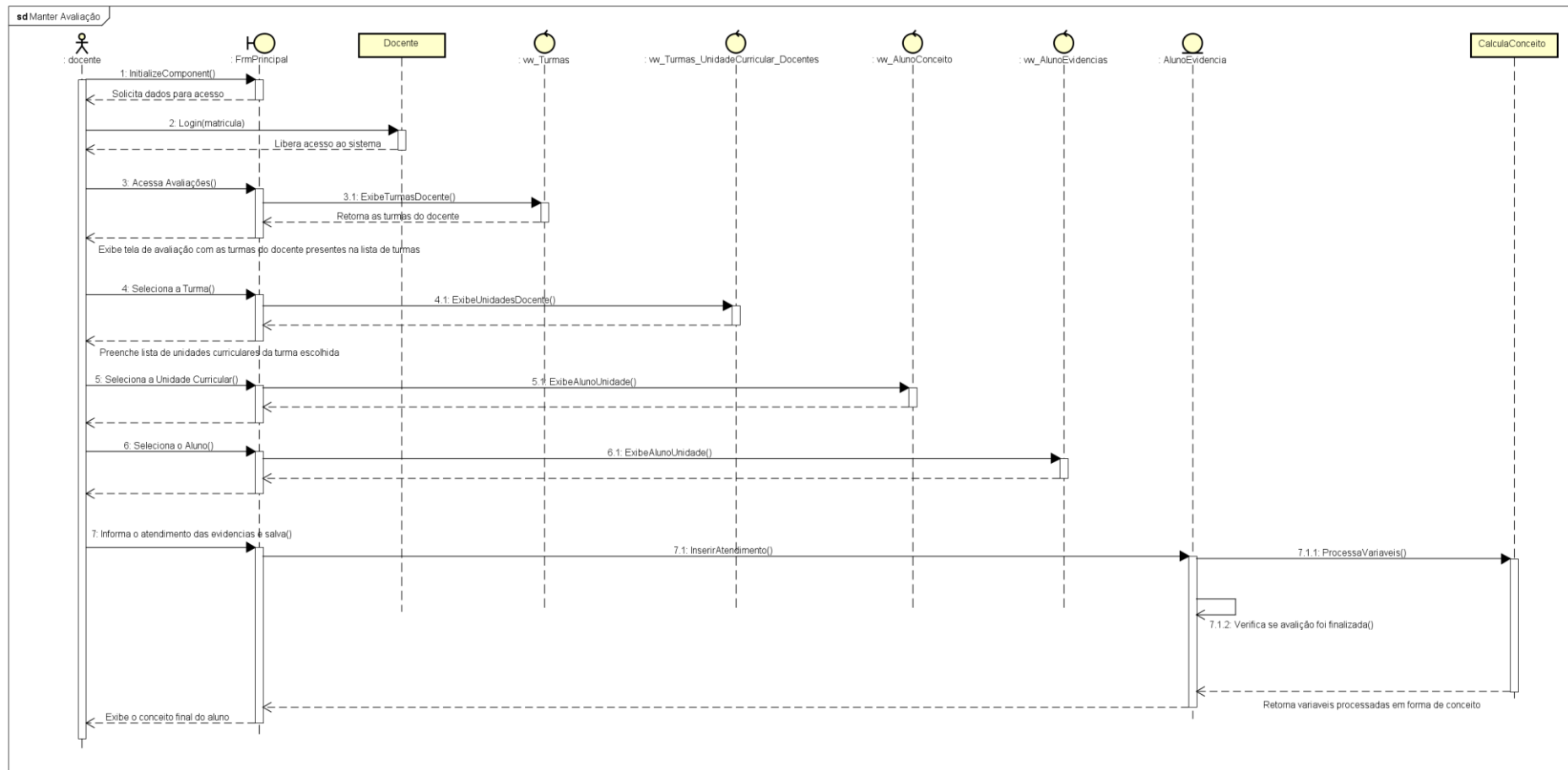


Fonte: Próprio Autor.

É importante notar no diagrama que boa parte das classes se comunicam com a classe Icrud, pois ela trata das tarefas de inserção, alteração e exclusão de itens no banco. Por isso, essas atividades foram generalizadas numa única classe que se comunica com as demais que necessitam utilizar essas tarefas.

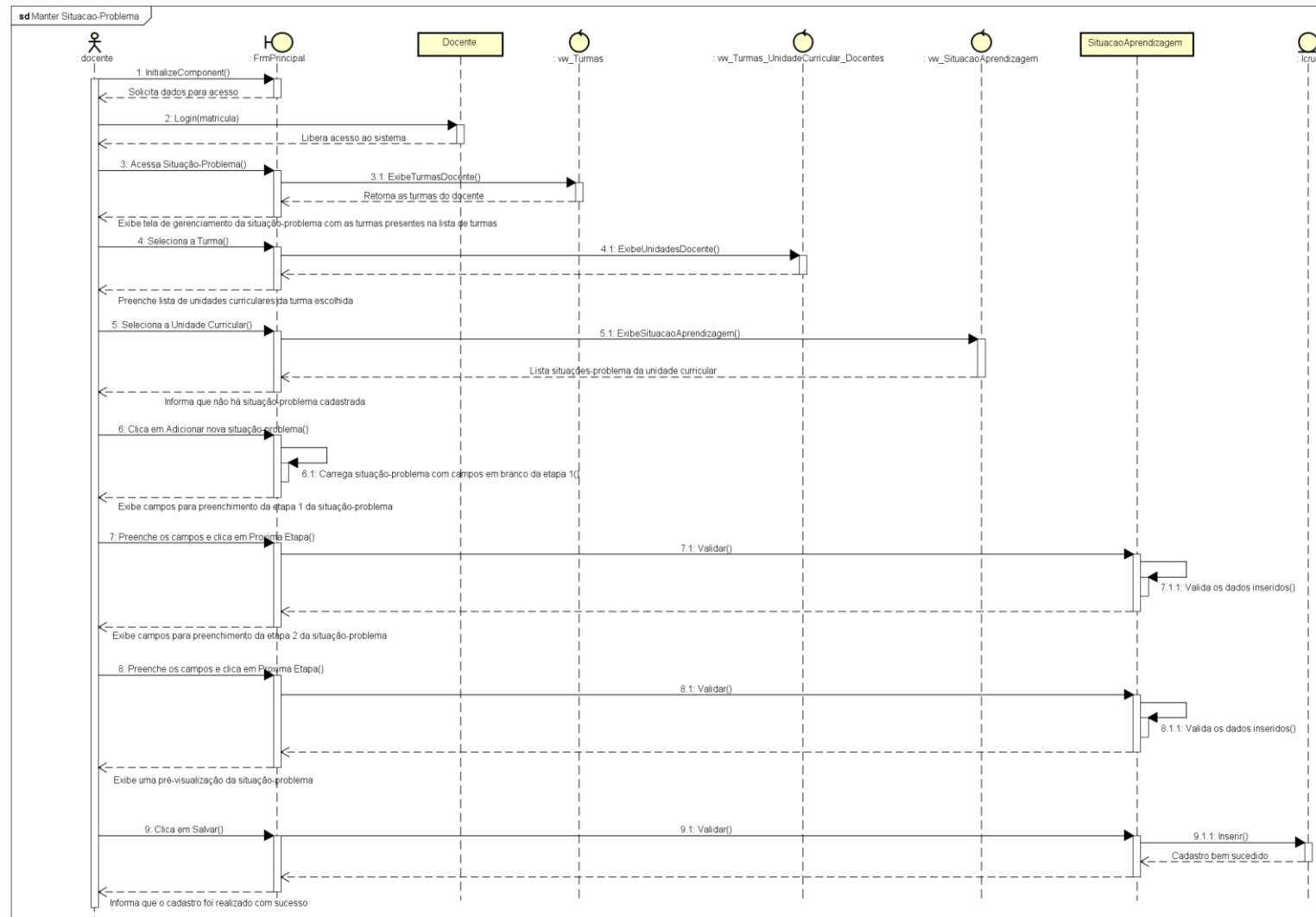
Portanto, considerando o ciclo de funcionamento do Avalon, as principais etapas referentes a este trabalho são: a inserção da situação-problema com os pesos das capacidades, dos critérios e criticidade das evidências; e o preenchimento do atendimento das evidências para que, assim, o sistema possa gerar o conceito do aluno. O diagrama de sequência dos componentes do sistema relacionados a Manter Situação-Problema e Manter Avaliação podem ser visualizados nas Figuras 31 e 32.

Figura 31: Diagrama de sequência do caso de uso Manter Avaliação.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 32: Diagrama de sequência do caso de uso Manter Situação-Problema – Cadastro.



Fonte: Próprio Autor.

5.2.3.1. Cadastrando uma situação-problema

Para cadastrar uma situação-problema o usuário necessita estar logado no sistema com o perfil de docente e ser responsável por alguma disciplina de determinado curso não possua situação-problema cadastrada. A Figura 33 apresenta a tela que o Avalon exibe para o docente assim que ele realiza login no sistema.

Figura 33: Tela inicial do sistema apresentando as opções de menu “Home”, “Relatórios”, “Situação Problema”, “Avaliações” e “Logout”.



Olá, Flávio Santos!

Ao escolher a opção “Situação Problema” no menu, o sistema apresentará ao usuário a tela onde ele precisa escolher a “turma” (curso) e a unidade curricular (disciplina) que ele deseja gerenciar a situação-problema. A escolha da turma e da disciplina dá-se por meio de caixas de listagem que apresentam somente as informações associadas ao usuário logado. Caso exista uma situação-problema já cadastrada no sistema para a turma e disciplina escolhida, então ela será listada para o usuário sendo possível, se as regras citadas nas descrições de caso de uso acima permitirem, editar ou remover a mesma. Do contrário, será exibida um formulário para cadastro da situação-problema. Assim, os procedimentos de adição, exclusão e edição da situação-problema se comportam como indicado na seção 5.2.1.

A Figura 34 apresenta o formulário para cadastro de uma situação-problema.

Figura 34: Tela para cadastro de situação-problema.

AVALON

HomeRelatóriosSituação ProblemaAvaliaçõesLogout

Turma

Unidade Curricular

TEC-025-003

Gestão de Pessoas

Início da avaliação

Término da avaliação

Carga horária

dd/mm/aaaa

dd/mm/aaaa

Desafio proposto

Resultado esperado

Capacidade	Peso	Critério de avaliação	Peso	Evidência	✓ Crítica
				Evidência	✓ Crítica
		Critério de avaliação	Peso	Evidência	✓ Crítica
				Evidência	✓ Crítica
				Evidência	✓ Crítica
Capacidade	Peso	Critério de avaliação	Peso	Evidência	✓ Crítica

+ CAPACIDADE

+ CRITÉRIO

+ EVIDÊNCIA

CADASTRAR

Fonte: Próprio Autor.

Nesse formulário de cadastro o usuário deve:

1. Definir o Desafio, Duração e Resultado Esperado, sendo esses os elementos base da situação-problema. Tais elementos permitem que seja possível para o aluno compreender o que é esperado dele e quanto tempo ele terá para desenvolver o desafio proposto. Portanto, nesse formulário é possível inserir a “carga horária” de duração do processo avaliativo, a data de “início” do processo, a data de “término” do processo, o “desafio” proposto ao aluno e o “resultado esperado”, isto é, o que o aluno tem que entregar no final do processo.
2. Cadastrar as Capacidades e seus pesos, dos Critérios de avaliação e seus pesos e das Evidências e suas criticidades, sendo estes os elementos fundamentais apresentados na proposta desse trabalho e, consequentemente, os elementos fundamentais de uma situação-problema.

A Figura 35 apresenta a tela que o sistema exibirá caso o usuário deseje visualizar o relatório dos conceitos atribuídos para cada aluno de determinada disciplina.

Figura 35: Página de relatório dos conceitos atribuídos a cada aluno de uma disciplina.



[Home](#)
[Relatórios](#)
[Situação Problema](#)
[Avaliações](#)
[Logout](#)

Turma

TEC-025-003

Unidade Curricular

Gestão de Pessoas

Aluno

ALUNO01

O conceito do aluno foi: B

Capacidade	Critério	Evidência	Atendimento
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Apresentação de planejamento e qualidade na execução das atividades.	Executou as atividades com planejamento?	Sim
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Apresentação de planejamento e qualidade na execução das atividades.	Desenvolveu as atividades propostas com padrão de qualidade?	Não
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Apresentou atitude proativa durante as atividades propostas?	Não
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Participou de forma coerente das discussões em sala referente aos conteúdos propostos?	Sim
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Foi assíduo durante a unidade curricular?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação de cálculos para o dimensionamento adequado de uma equipe de trabalho.	Identificou a importância e necessidade do dimensionamento adequado da equipe de trabalho?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação de cálculos para o dimensionamento adequado de uma equipe de trabalho.	Aplicou cálculos para determinar a quantidade necessária de componentes de uma equipe de trabalho?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação das características necessárias em uma equipe de trabalho.	Compreendeu a importância das relações interpessoais para o trabalho em equipe?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação das características necessárias em uma equipe de trabalho.	Descreveu ações para resolução de conflitos?	Não
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação dos subsistemas da gestão de pessoas.	Identificou os subsistemas de gestão de pessoas?	Em Parte
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação dos subsistemas da gestão de pessoas.	Aplicou os subsistemas de gestão de pessoas nas atividades propostas?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Definição de perfil por competência profissional.	Descreveu o conceito de perfil profissional?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Definição de perfil por competência profissional.	Aplicou o conceito de perfil profissional por competência nas atividades?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação da importância do planejamento para uma gestão de pessoas eficiente.	Descreveu o novo cenário do mundo do trabalho?	Sim
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação da importância do planejamento para uma gestão de pessoas eficiente.	Identificou a importância de uma gestão de pessoas eficiente para o alcance dos objetivos e metas empresariais?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação dos tipos de líderes corporativos e as suas características.	Descreveu o conceito de liderança e sua importância para o mundo empresarial?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação dos tipos de líderes corporativos e as suas características.	Reconheceu as características peculiares dos diferentes tipos de líderes?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da importância do espírito empreendedor para a manutenção da empregabilidade.	Descreveu o conceito e características do empreendedor?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da importância do espírito empreendedor para a manutenção da empregabilidade.	Compreendeu a importância de atitudes empreendedoras para a permanência no mercado de trabalho?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Compreendeu o conceito de ética?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Compreendeu o conceito de cidadania?	Sim
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Estabeleceu a relação entre ética e cidadania?	Sim

Fonte: Próprio Autor.

5.2.3.2. Inserindo Atendimento das Evidências

Para informar se determinado aluno atendeu às evidências estabelecidas na situação-problema, basta clicar na opção de menu “Avaliações”. Após clicar nessa opção, o sistema apresenta uma tela conforme visualizado na Figura 36.

Figura 36: Tela de atribuição do atendimento das evidências a determinado aluno.



[Home](#)
[Relatórios](#)
[Situação Problema](#)
[Avaliações](#)
[Logout](#)

Turma
TEC-025-003

Unidade Curricular
Gestão de Pessoas

Aluno
ALUNO01

Capacidade	Critério	Evidência	Atendimento
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Apresentação de planejamento e qualidade na execução das atividades.	Executou as atividades com planejamento?	Selecionar ▼
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Apresentação de planejamento e qualidade na execução das atividades.	Desenvolveu as atividades propostas com padrão de qualidade?	Selecionar ▼
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Apresentou atitude proativa durante as atividades propostas?	Selecionar ▼
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Participou de forma coerente das discussões em sala referente aos conteúdos propostos?	Selecionar ▼
Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	Foi assíduo durante a unidade curricular?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação de cálculos para o dimensionamento adequado de uma equipe de trabalho.	Identificou a importância e necessidade do dimensionamento adequado da equipe de trabalho?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação de cálculos para o dimensionamento adequado de uma equipe de trabalho.	Aplicou cálculos para determinar a quantidade necessária de componentes de uma equipe de trabalho?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação das características necessárias em uma equipe de trabalho.	Compreendeu a importância das relações interpessoais para o trabalho em equipe?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação das características necessárias em uma equipe de trabalho.	Descreveu ações para resolução de conflitos?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação dos subsistemas da gestão de pessoas.	Identificou os subsistemas de gestão de pessoas?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Aplicação dos subsistemas da gestão de pessoas.	Aplicou os subsistemas de gestão de pessoas nas atividades propostas?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Definição de perfil por competência profissional.	Descreveu o conceito de perfil profissional?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Definição de perfil por competência profissional.	Aplicou o conceito de perfil profissional por competência nas atividades?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação da importância do planejamento para uma gestão de pessoas eficiente.	Descreveu o novo cenário do mundo do trabalho?	Selecionar ▼
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	Identificação da importância do planejamento para uma gestão de pessoas eficiente.	Identificou a importância de uma gestão de pessoas eficiente para o alcance dos objetivos e metas empresariais?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação dos tipos de líderes corporativos e as suas características.	Descreveu o conceito de liderança e sua importância para o mundo empresarial?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação dos tipos de líderes corporativos e as suas características.	Reconheceu as características peculiares dos diferentes tipos de líderes?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da importância do espírito empreendedor para a manutenção da empregabilidade.	Descreveu o conceito e características do empreendedor?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da importância do espírito empreendedor para a manutenção da empregabilidade.	Compreendeu a importância de atitudes empreendedoras para a permanência no mercado de trabalho?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Compreendeu o conceito de ética?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Compreendeu o conceito de cidadania?	Selecionar ▼
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	Identificação da relação entre cidadania e ética.	Estabeleceu a relação entre ética e cidadania?	Selecionar ▼

SALVAR ATENDIMENTO DAS EVIDÊNCIAS

Fonte: Próprio Autor.

Para adicionar o atendimento das evidências é preciso escolher uma turma, disciplina e aluno que será avaliado. Em seguida, basta modificar o status de atendimento das evidências para “Sim”, “Não” ou “Em parte” e salvar as informações inseridas clicando no botão “Salvar atendimento das evidências”. O sistema só calcula o conceito do aluno ao final do processo, quando todas as evidências forem preenchidas e salvas. As funções que calculam o conceito final do aluno são então executadas e um conceito é atribuído para o aluno avaliado. A Figura 37 apresenta essas funções.

Figura 37: Funções que efetuam o cálculo do conceito do aluno.

```
function ProcessaVariaveis() { ...
}
function CalculaCoeficienteEvidencias() { ...
}
function CalculaMce() { ...
}
function CalculaPertinenciaRuim() { ...
}
function CalculaPertinenciaRegular() { ...
}
function CalculaPertinenciaBom() { ...
}
function CalculaIndiceEvidencias() { ...
}
function CalculaMaiorPertinencia() { ...
}
function CalculaCoeficienteCsp() { ...
}
function calculaMCSP() { ...
}
function calculaPertinenciaConceitos() { ...
}
function CalculaMediaMaximosCsp() { ...
}
function CalculaCsp() { ...
}
```

Fonte: Próprio Autor.

Vale salientar que essas funções foram criadas para reproduzirem todos os passos necessários para o cálculo do conceito de determinado aluno conforme apresentado na seção 5.1.1. Como o docente preenche no sistema a informação da situação-problema em uma estrutura que se assemelha a uma tabela, então toda informação fica estruturada de modo matricial, ocasionando uma redução do código

fonte e facilitando o acesso ao dado por meio de qualquer uma das funções envolvidas no cálculo do conceito. Essas funções são detalhadas nos parágrafos que seguem.

CalculaCoeficienteEvidencias(): Essa função verifica para cada evidência se a mesma é crítica ou desejável e se o aluno a atingiu “totalmente” (Sim), “parcialmente” (Em parte) ou “não atingiu” (Não). A depender da combinação desses fatores, é atribuído um coeficiente entre 0 e 5 para a evidência em questão conforme regras fuzzy estabelecidas na seção 5.1.1.1.2 acima.

CalculaMce(): Após a função *CalculaCoeficienteEvidencias()* calcular os coeficientes para cada evidência, é preciso encontrar a média desses coeficientes, conforme indicado na seção 5.1.1.1.2. Por exemplo, se determinado critério possui 3 evidências é preciso encontrar a média dessas 3 evidências para esse critério. Essa etapa é realizada através da função *CalculaMce()*.

CalculaPertinenciaRuim(): Com a média dos coeficientes das evidências de cada critério de avaliação calculada é preciso descobrir o quão pertinente essa média está nas categorias “Ruim”, “Regular” e “Bom” conforme indicado no tópico 5.1.1.1.3. Para esse cálculo nebuloso foram utilizadas as funções matemáticas Max e Min inerentes à linguagem de programação utilizada.

CalculaPertinenciaRegular(): Essa função possui funcionamento idêntico a que calcula a pertinência para a categoria “Ruim”, variando somente na fórmula que retorna o dado nebuloso da mesma forma que foi apresentado na seção 5.1.1.1.3.

CalculaPertinenciaBom(): Função semelhante à citada anteriormente, onde seu ponto de diferenciação está na fórmula que retorna o dado nebuloso conforme a seção 5.1.1.1.3.

CalculaIndiceEvidencias(): Essa função encontra o índice das evidências, isto é, a média das pertinências dos coeficientes das evidências para as categorias “Ruim”, “Regular” e “Bom” conforme seção 5.1.1.1.3.

CalculaMaiorPertinencia(): Essa função finaliza a primeira etapa do processo fuzzy para o cálculo do conceito do aluno e, conseqüentemente, o primeiro ciclo de inferência, fuzzificação e defuzzificação conforme indicado na seção 5.1.1.1.3. Essa

função retorna se o índice das evidências de determinado critério de avaliação é “Ruim”, “Regular” ou “Bom” de acordo com as regras fuzzy estabelecidas.

CalculaCoeficienteCsp(): Essa função é a que possui o código mais extenso e nela são processadas as 75 regras de inferência apresentadas na seção 5.1.1.2.2. Ela verifica qual é o peso da capacidade, qual é o peso do critério de avaliação, qual é o índice das evidências e, baseado nesses 3 dados fuzzy, retorna um coeficiente que varia entre 0 e 10.

CalculaMCSP(): Conforme indicado na seção 5.1.1.2.2, após o cálculo dos coeficientes da situação-problema é preciso obter a média desses coeficientes e é essa etapa do processo que essa função realiza.

CalculaPertinenciaConceitos(): Essa função calcula o quão pertinente o valor médio dos coeficientes do conceito da situação-problema é do conceito “A”, “B”, “C”, “D” e “E” de acordo com as regras estipuladas na seção 5.1.1.2.3.

CalculaMediaMaximosCsp(): Essa função calcula a média dos máximos obtidos pelo método *calculaPertinenciaConceitos()* e seu resultado será utilizado na função seguinte para o cálculo final do conceito do aluno conforme seção 5.1.1.2.3.

CalculaCsp(): Essa é a última função que efetua cálculos fuzzy relacionados à aferição do conceito do aluno na situação-problema. Ela analisa qual dos conceitos (entre “A”, “B”, “C”, “D” e “E”) mais se aproxima do valor médio calculado pela função *CalculaMediaMaximosCsp()* conforme seção 5.1.1.2.3.

ProcessaVariaveis(): Essa função realiza a chamada dos demais métodos diretamente relacionados ao cálculo fuzzy do conceito do aluno na situação-problema. Optou-se por utilizar uma função que chama as demais porque se for necessário realizar o cálculo do conceito em outro momento não será preciso chamar cada função separadamente, mas apenas essa. A Figura 38 ilustra esse código.

Figura 38: Método que efetua a chamada dos demais métodos que realizam os cálculos nebulosos.

```
function ProcessaVariaveis() {
    CalculaCoeficienteEvidencias();
    CalculaMce();
    CalculaPertinenciaRuim();
    CalculaPertinenciaRegular();
    CalculaPertinenciaBom();
    CalculaIndiceEvidencias();
    CalculaMaiorPertinencia();
    CalculaCoeficienteCsp();
    calculaMCSP();
    calculaPertinenciaConceitos();
    CalculaMediaMaximosCsp();
    CalculaCsp();
}
```

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, as funções supracitadas são as responsáveis por transformar a proposta desse trabalho em um algoritmo capaz de aferir o conceito de determinado aluno numa situação-problema e formam, assim, o cerne do sistema web Avalon.

5.3 Validando o Sistema

Para demonstrar o funcionamento do sistema foi solicitado junto à coordenação de educação da educação profissional do Departamento Regional do SENAI Alagoas as situações-problema de 9 turmas de cursos técnicos, sendo uma disciplina por turma e 128 situações-problema, uma por cada aluno. Assim, exatamente o mesmo formulário de situação-problema que cada docente utilizou para avaliar seus alunos foi inserido no sistema. As mesmas marcações que o docente fez para cada evidência também foram mantidos. Como o formulário da situação-problema utilizado pelos docentes não possui as colunas de peso para capacidade e peso para o critério de avaliação, então foi solicitado que cada docente estabelecesse esses pesos uma vez que o sistema necessita deles para as regras fuzzy estabelecidas. Portanto, o teste funcional do sistema utilizou avaliações reais de 128 alunos dos seguintes cursos e respectivas disciplinas:

Quadro 25: Conceitos que um aluno pode receber numa situação-problema.

Curso	Disciplina	Quantidade de alunos
Técnico em Administração	Administração mercadológica e processos comerciais	10
Técnico em Edificações	Gestão de pessoas	20
Técnico em Eletrotécnica	Projetos de sistemas elétricos industriais	11
Técnico em Eletrotécnica	Projetos de sistemas elétricos prediais	10
Técnico em Informática	Lógica de programação	19
Técnico em Informática	Lógica de programação	10
Técnico em Manutenção de Máquinas Industriais	Comunicação e Informática	21
Técnico em Petroquímica	Gestão de Pessoas	19
Técnico em Redes de Computadores	Fundamentos de eletroeletrônica	08

Fonte: Próprio autor.

Os formulários das situações-problema, de acordo com o modelo utilizado nesse trabalho e apresentado no Quadro 13 acima, que foram utilizados para avaliar os alunos nas turmas e os respectivos pesos que eles estabeleceram e que foram lançados no sistema são apresentados no Apêndice A. Vale salientar que os formulários originalmente utilizados pelos docentes para preenchimento manual não possuíam as colunas de peso. Desse modo, os pesos e criticidade das evidências presentes nas situações-problema do Apêndice A foram estabelecidos pelos docentes das respectivas turmas. A marcação do atendimento das evidências foi a mesma que os docentes já tinham feito no formulário padrão que eles utilizaram para avaliar os alunos sem o apoio do sistema.

A coluna central dos Quadros 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 apresentam os conceitos que os docentes dos cursos atribuíram aos alunos de cada disciplina. A coluna

mais à direita de cada quadro apresenta os conceitos gerados pelo sistema utilizando a mesma situação-problema e as mesmas marcações nas evidências, com o acréscimo das informações já citadas no formulário adaptado para o sistema.

Quadro 26: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Administração, na disciplina de administração mercadológica e processos comerciais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Administração – Administração mercadológica e processos comerciais		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1-TecAdm	A	A
Aluno 02-T1-TecAdm	B	B
Aluno 03-T1-TecAdm	A	A
Aluno 04-T1-TecAdm	A	A
Aluno 05-T1-TecAdm	A	A
Aluno 06-T1-TecAdm	A	A
Aluno 07-T1-TecAdm	A	A
Aluno 08-T1-TecAdm	A	A
Aluno 09-T1-TecAdm	A	A
Aluno 10-T1-TecAdm	A	A

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 27: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Edificações, na disciplina de gestão de pessoas em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Edificações – Gestão de pessoas		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1-TecEdf	A	A
Aluno 02-T1-TecEdf	A	A
Aluno 03-T1-TecEdf	A	A
Aluno 04-T1-TecEdf	B	B
Aluno 05-T1-TecEdf	B	B
Aluno 06-T1-TecEdf	A	B
Aluno 07-T1-TecEdf	B	B
Aluno 08-T1-TecEdf	B	B
Aluno 09-T1-TecEdf	B	B
Aluno 10-T1-TecEdf	B	B
Aluno 11-T1-TecEdf	A	B
Aluno 12-T1-TecEdf	A	B
Aluno 13-T1-TecEdf	A	B
Aluno 14-T1-TecEdf	B	B
Aluno 15-T1-TecEdf	B	B
Aluno 16-T1-TecEdf	A	A
Aluno 17-T1-TecEdf	B	B
Aluno 18-T1-TecEdf	A	A
Aluno 19-T1-TecEdf	B	B
Aluno 20-T1-TecEdf	B	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 28: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Eletrotécnica, na disciplina de projetos de sistemas elétricos industriais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Eletrotécnica – Projetos de sistemas elétricos industriais		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1-TecEleI	C	C
Aluno 02-T1-TecEleI	A	A
Aluno 03-T1-TecEleI	A	A
Aluno 04-T1-TecEleI	A	A
Aluno 05-T1-TecEleI	C	C
Aluno 06-T1-TecEleI	C	C
Aluno 07-T1-TecEleI	C	C
Aluno 08-T1-TecEleI	B	B
Aluno 09-T1-TecEleI	A	A
Aluno 10-T1-TecEleI	B	B
Aluno 11-T1-TecEleI	B	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 29: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Eletrotécnica, na disciplina de projetos de sistemas elétricos prediais em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Eletrotécnica – Projetos de sistemas elétricos prediais		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1-TecEleP	C	C
Aluno 02-T1-TecEleP	B	B
Aluno 03-T1-TecEleP	B	B
Aluno 04-T1-TecEleP	C	C
Aluno 05-T1-TecEleP	C	C
Aluno 06-T1-TecEleP	C	C
Aluno 07-T1-TecEleP	C	C
Aluno 08-T1-TecEleP	A	A
Aluno 09-T1-TecEleP	C	C
Aluno 10-T1-TecEleP	C	C

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 30: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Informática, na disciplina de lógica de programação, para a turma 01, em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Informática – Lógica de programação – Turma 1		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1-TecInf	D	D
Aluno 02-T1- TecInf	A	B
Aluno 03-T1- TecInf	A	C
Aluno 04-T1- TecInf	D	C
Aluno 05-T1- TecInf	D	D
Aluno 06-T1- TecInf	D	D
Aluno 07-T1- TecInf	D	C
Aluno 08-T1- TecInf	D	C
Aluno 09-T1- TecInf	D	D
Aluno 10-T1- TecInf	D	D

Aluno 11-T1- TecInf	D	C
Aluno 12-T1- TecInf	A	B
Aluno 13-T1- TecInf	D	C
Aluno 14-T1- TecInf	D	D
Aluno 15-T1- TecInf	B	C
Aluno 16-T1- TecInf	D	D
Aluno 17-T1- TecInf	D	D
Aluno 18-T1- TecInf	D	D
Aluno 19-T1- TecInf	A	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 31: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Informática, na disciplina de lógica de programação, para a turma 02, em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Informática – Lógica de programação – Turma 2		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T2-TecInf	A	A
Aluno 02-T2-TecInf	E	E
Aluno 03-T2-TecInf	C	B
Aluno 04-T2-TecInf	B	B
Aluno 05-T2-TecInf	C	C
Aluno 06-T2-TecInf	E	E
Aluno 07-T2-TecInf	C	C
Aluno 08-T2-TecInf	A	A
Aluno 09-T2-TecInf	A	A
Aluno 10-T2-TecInf	E	E

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 32: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Manutenção de Máquinas Industriais, na disciplina de comunicação e informática em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Manutenção de Máquinas Industriais – Comunicação e informática		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1- TecMan	A	A
Aluno 02-T1- TecMan	A	A
Aluno 03-T1- TecMan	A	A
Aluno 04-T1- TecMan	A	A
Aluno 05-T1- TecMan	A	A
Aluno 06-T1- TecMan	A	A
Aluno 07-T1- TecMan	A	A
Aluno 08-T1- TecMan	A	A
Aluno 09-T1- TecMan	A	A
Aluno 10-T1-TecMan	A	A
Aluno 11-T1-TecMan	A	A
Aluno 12-T1-TecMan	A	A
Aluno 13-T1-TecMan	A	A
Aluno 14-T1-TecMan	A	A
Aluno 15-T1-TecMan	A	A
Aluno 16-T1-TecMan	A	A
Aluno 17-T1-TecMan	A	A
Aluno 18-T1-TecMan	A	A
Aluno 19-T1-TecMan	A	A
Aluno 20-T1-TecMan	A	A
Aluno 21-T1-TecMan	A	A

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 33: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Petroquímica, na disciplina de gestão de pessoas em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Petroquímica – Gestão de pessoas		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1- TecPet	B	B
Aluno 02-T1- TecPet	B	B
Aluno 03-T1- TecPet	A	B
Aluno 04-T1- TecPet	B	B
Aluno 05-T1- TecPet	A	A
Aluno 06-T1- TecPet	B	B
Aluno 07-T1- TecPet	A	B
Aluno 08-T1- TecPet	A	A
Aluno 09-T1- TecPet	B	C
Aluno 10-T1- TecPet	A	A
Aluno 11-T1- TecPet	A	A
Aluno 12-T1- TecPet	A	A
Aluno 13-T1- TecPet	B	B
Aluno 14-T1- TecPet	A	A
Aluno 15-T1- TecPet	A	A
Aluno 16-T1- TecPet	A	A
Aluno 17-T1- TecPet	A	A
Aluno 18-T1- TecPet	A	A
Aluno 19-T1- TecPet	B	C

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 34: Conceitos atribuídos pelo docente aos alunos do curso técnico em Redes de computadores, na disciplina de fundamentos de eletroeletrônica em comparação com os conceitos gerados pelo sistema.

Técnico em Redes de Computadores – Fundamentos de eletroeletrônica		
Aluno	Conceitos atribuídos pelos docentes	Conceitos gerados pelo sistema
Aluno 01-T1- TecRed	B	B
Aluno 02-T1- TecRed	A	A
Aluno 03-T1- TecRed	A	A
Aluno 04-T1- TecRed	A	A
Aluno 05-T1- TecRed	A	A
Aluno 06-T1- TecRed	B	B
Aluno 07-T1- TecRed	B	B
Aluno 08-T1- TecRed	A	A

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando os dados dos Quadros 26 a 34 nota-se que os intervalos de pertinências dos conceitos de A até E e que os pesos das capacidades e critérios de avaliação, e as criticidades das evidências influenciaram, conforme esperado e indicado nos capítulos anteriores, diretamente nos resultados gerados. Nas turmas dos cursos técnico em Administração, técnico em Manutenção de Máquinas Industriais e técnico em Redes de Computadores a variação de conceitos atribuídos foi bastante baixa e a atribuição dos pesos para as capacidades e critérios bem como a definição das

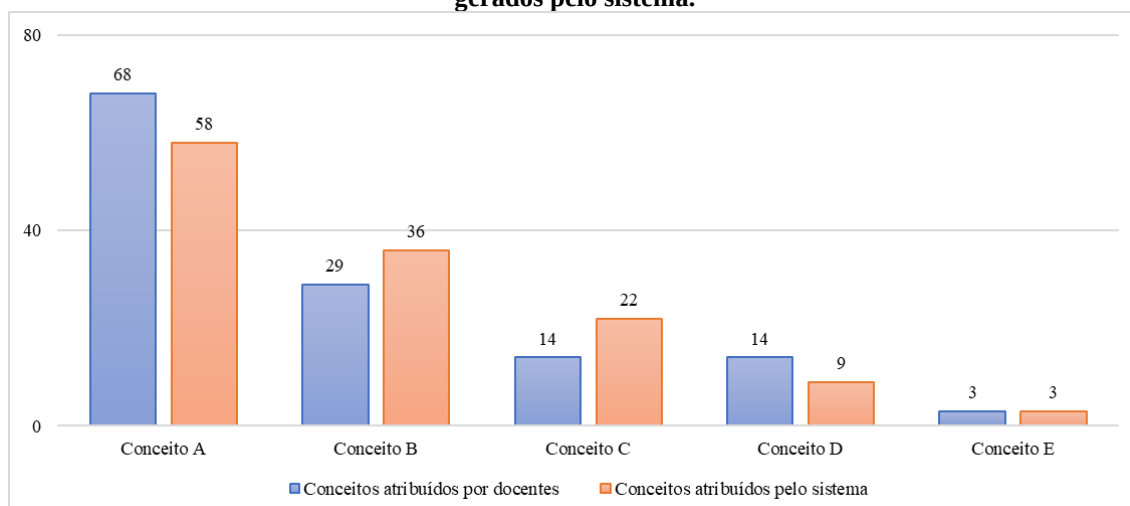
criticidades das evidências, conforme pode ser visto no apêndice A, acarretou que os conceitos gerados pelo sistema foram exatamente iguais aos atribuídos pelos docentes. Consta-se, então, que a proposta desse trabalho conseguiu, para esses casos, gerar resultados idênticos ao que os docentes também geraram utilizando a mesma situação-problema, mas sem os pesos.

Por sua vez, as duas turmas dos cursos técnico em Eletrotécnica e do curso técnico em Informática (turma 2), tiveram conceitos mais distribuídos e mesmo assim o sistema gerou a maioria dos conceitos iguais aos que foram atribuídos pelos docentes. Nesse caso, constata-se (conforme situações-problema do Apêndice A) que a distribuição dos pesos e criticidades foram condizentes com o julgamento dos docentes avaliando sem utilizar pesos e criticidades. Isso corrobora que, quando bem definidos os pesos e criticidades, o sistema consegue reproduzir exatamente os resultados de avaliação que docentes atribuiriam.

As turmas que apresentaram resultados mais discrepantes em relação aos conceitos atribuídos pelos docentes foram as turmas dos cursos técnico em Edificações, técnico em Informática (turma 1) e técnico em Petroquímica, conforme indicam os Quadros 27, 30 e 33 acima. Nesses dois casos, o impacto na diferença dos resultados gerados deve-se aos pesos que foram atribuídos para as capacidades e critérios de avaliação, pois os pesos trouxeram balancearam os objetos de avaliação e distribuição sua importância. Desse modo, para que o aluno atingisse os maiores conceitos seria preciso que ele atendesse mais evidências e para que ele atingisse os menores conceitos seria preciso que o aluno deixasse de cumprir mais evidências do que a percepção do docente.

O gráfico da Figura 39 apresenta o comparativo entre todos os conceitos atribuídos pelos docentes e os conceitos que foram gerados pelo sistema. Percebe-se mais uma vez que os conceitos mais extremos (A, D e E) sofreram uma redução considerável enquanto os conceitos mais centrais aumentaram. Isso deve-se a distribuição dos intervalos de pertinência estipulados para as variáveis do sistema, conforme Figura 19 acima, pois foram especificados intervalos onde os conceitos mais extremos seriam mais difíceis de serem alcançados, originando uma quantidade maior de alunos com conceitos medianos, o que reduz as reprovações para esse cenário, mas também reduz a possibilidade de o aluno atingir um conceito elevado.

Figura 39: Gráfico Comparativo de todos os conceitos atribuídos pelos docentes com os conceitos gerados pelo sistema.



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao comparar os resultados obtidos para os conceitos dos alunos de todas as turmas, nota-se que:

1. Na avaliação onde os docentes atribuíram os conceitos dos alunos:
 - 68 deles obtiveram conceito máximo (A), o que equivale a 53,12% do total de alunos das turmas;
 - 43 deles obtiveram conceitos medianos (B ou C), equivalendo a 33,35% do total de alunos das turmas;
 - 17 deles obtiveram conceitos insatisfatórios (D ou E), o que equivale a 13,28% do total de alunos.
2. Na avaliação onde o sistema Avalon utilizou a lógica fuzzy para atribuir os conceitos dos alunos:
 - 58 deles obtiveram conceito máximo (A), equivalendo a 45,31% do total de alunos;
 - 58 deles obtiveram conceitos medianos (B ou C), equivalendo a 45,31% de alunos;
 - 12 deles obtiveram conceitos insatisfatórios (D ou E), que equivale a 9,37% dos alunos.

O processo avaliativo com o sistema Avalon possibilitou que mais alunos recebessem conceitos intermediários (B e C), que poucos alunos ficassem na faixa de conceitos insatisfatórios (D e E) e que menos alunos conseguissem obter o conceito máximo (A).

Portanto, a utilização do sistema para gerar resultados de avaliações demonstrou que ele pode ser uma excelente ferramenta para determinação do conceito dos alunos de acordo com parâmetros bem definidos e iguais para todos os alunos avaliados dentro de uma mesma disciplina. Ademais, a utilização do sistema tornou o processo mais simples, uma vez que atribuir notas utilizando o formulário padrão que os docentes já utilizavam consistia em mais passos e em uma atribuição de conceito empírica.

6 Considerações Finais

Cada etapa da proposta desse trabalho mostrou-se bastante desafiadora. Utilizar lógica fuzzy requer conhecimento computacional e variado em matemática. Além disso, o processo avaliativo utilizando a metodologia de avaliação por competências requer ferramentas e objetos de avaliação muito bem delineadas para que essa metodologia funcione adequadamente. Nesses termos, o sistema web Avalon demonstrou-se eficiente e eficaz ao utilizar a lógica fuzzy com regras bem definidas e estruturadas para gerar conceitos, pois a metodologia de avaliação por competência aplicada nas variáveis de entrada e nos formulários que o docente preenche facilitaram a produção de dados de saída satisfatórios e que, conforme apresentado na seção de validação do sistema, se aproximaram bastante dos conceitos estipulados pelos docentes.

Assim, a metodologia de avaliação por competências associada a lógica fuzzy gerou na etapa de validação resultados nivelados e mesmo os conceitos que diferiram dos que os docentes atribuíram justificam-se por causa dos pesos e criticidades que foram atribuídos a cada situação-problema.

Portanto, o método proposto nesse trabalho demonstrou ser vantajoso quando se deseja um processo avaliativo linear, padronizado, automático e com resultados coerentes para a metodologia de avaliação por competências. Além disso, esse método demonstrou ser capaz de reproduzir o comportamento de atribuição de notas de um docente, de acordo com os pesos e criticidades estabelecidos.

A proposta desse trabalho tomou como base um formulário de avaliação orientado para cursos técnicos que, naturalmente, possuem caráter prático. Tal proposta poderia ser aplicada sem modificações na modalidade de ensino superior para cursos que possuem a mesma característica. Entretanto, para cursos de cunho profundamente teórico ou modalidades de ensino mais básicas iriam requerer que a proposta em questão recebesse adaptações tanto em seu formulário de avaliação quanto nas suas regras e intervalos de pertinência.

Percebe-se, então, pontos a serem melhorados na proposta desse trabalho. A lógica fuzzy não possibilita que os sistemas que a utilizam sejam capazes de aprender sozinhos. Dessa forma, sempre que fosse preciso modificar a distribuição dos conceitos

seria necessário que um docente refizesse as regras fuzzy do sistema e tais regras precisariam ser reinseridas na base de algoritmos do Avalon. Como trabalho futuro sugere-se a adaptação do sistema para que ele se torne um sistema neural passando, assim, a ser capaz de aprender com as informações inseridas nele, tornando desnecessário o envolvimento de terceiros em mais de um momento no processo avaliativo.

6.1 Trabalhos Futuros

Sugere-se a aplicação do sistema nos mais diversos cenários, bem como testes mais extensivos para verificação e validação de todas as suas regras fuzzy e a aplicação do algoritmo proposto em outras modalidades e níveis de avaliação como, por exemplo, a avaliação de cursos à distância que necessitam sempre de métodos de avaliação diversificados e capazes que diminuir a carga do docente.

Recomenda-se para melhoria do sistema e, principalmente, do algoritmo proposto que em trabalhos futuros os seguintes passos de revisão sejam feitos (Marro, 2012):

1. Aprofundar o modelo das variáveis de entrada e de saída e, se for o caso, redefinir seus intervalos;
2. Aprofundar os conjuntos fuzzy e, se necessário, definir conjuntos adicionais com relação ao domínio (universo do discurso), afinal, um número maior de conjuntos fuzzy torna o funcionamento do sistema mais preciso. Essa alteração seria certamente necessária se o método de avaliação precisar ser modificado e a avaliação por competências não fosse utilizada;
3. Fornecer uma sobreposição de 25% a 50% nas bases dos conjuntos fuzzy para que os intervalos de sobreposição entre os conjuntos sejam mais amplos sem serem destoantes;
4. Aprofundar as regras fuzzy e, caso necessário, adicionar novas regras à base de regras;
5. Ajustar o peso de execução das regras;
6. Aprofundar a forma dos conjuntos fuzzy, se é necessário alterá-la no intuito de prover uma maior precisão.

7. Além das melhorias supracitadas, é preciso que a capacidade do sistema seja expandida para que o mesmo passe a comportar as mais variadas situações de aprendizagem como projeto e estudo de caso e que ele se torne disponível para plataforma mobile, com interface e usabilidade adaptada esse cenário.

Por fim, recomenda-se também que seja experimentada a avaliação por pares, onde os alunos avaliariam uns aos outros dentro do sistema que se encarregaria de gerar os conceitos, diminuindo ainda mais a carga para o docente.

Referências

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHEDE, Marco André. **Lógica Fuzzy**. Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). São Paulo – SP, 2011.

AMORIM, Felipe. **PEC do teto é aprovada em votação final e congela gastos por 20 anos**. UOL notícias Política. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/politica/ultimas-noticias/2016/12/13/pec-que-congela-gastos-do-governo-por-20-anos-e-aprovada-em-votacao-final.htm>>.

ARAUJO, Andréa Cristina Marques de. A avaliação do desempenho escolar como ferramenta de exclusão social. **Revista Infotec**. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – SP – Brasil, 2001.

ARIAS, Richard. **Avaliação multidimensional baseada em lógica difusa para educação mediada por computador**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas, SP, 2012.

ASSUMPÇÃO, Luiz Carlos Flôres de. Uma visão sobre formação das competências individuais, profissionais e organizacionais. **Revista Ibero-americana**. Ci. Inf. Brasília, v. 3, n. 1, p. 1-21, jan./jul. 2011.

BABAEI, Ali Reza; SETAYANDEH, Mohammad Reza. **A New Approach for Robust Design Optimization Based on the Concepts of Fuzzy Logic and Preference Function**. J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, v10, e3618, 2018.

BAI, S. M.; CHEN, S. M. **Automatically constructing grade membership functions for students evaluation for fuzzy grading systems**. World automation congress 2006. Budapest, Hungary, 2006.

BRIANCERT. **3 Different Types of Educational Technology**. BrianCert Academy. Education & Technology. November/2015. Disponível em: <<https://www.braincert.com/blogs/9education-technology/119-3-different-types-of-edu%D1%81%D0%B0t%D1%96%D0%BEal-technology>>. Acessado em: 21/06/2018.

BRITANNICA ACADEMIC, s.v. **Fuzzy logic**. Acessado em 15, de dezembro 2018. Disponível em: <<https://academic-eb-ritannica.ez9.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/fuzzy-logic/2203>>.

BRITLAND, Matt. **What is the future of technology in education**. The Guardian, 2013. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/teacher-network/teacher-blog/2013/jun/19/technology-future-education-cloud-social-learning>>.

CARDOSO, Rogério; SANTOS, Otávio Ventura dos; GATTI, Daniel Couto. **Revisão sistemática de objetos de aprendizagem para o ensino de computação**. Anais da X Conferência Latino-Americana de Objetos e Tecnologias de Aprendizagem (LACLO 2015). CBIE-LACLO, 2015.

CARVALHO, Rafael Ramos de. **Protótipo de um sistema de informação aplicado na área industrial de planejamento e controle da produção utilizando a lógica fuzzy.** Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, novembro de 2000.

CHEN, Jeng-Fung; HSIEH, Ho-Nien; DO, Quang Hung. **Evaluating teaching performance based on fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach.** Applied soft computing. Elsevier B.V. 2015.

COSTA, Maria Raimunda Santos da. **A trajetória histórica da avaliação: do dia-a-dia à sistematização educacional.** Avaliação Educacional. Universidade Federal do Pará. Pará, 2004.

DEPRESBITERIS, Lea. **Avaliação educacional em três atos.** 4ª Edição. Editora Senac São Paulo. São Paulo, set/2017, p.102.

DEPRESBITERIS, Lea. **Avaliando competências na escola de alguns ou na escola de todos.** São Paulo – SP, 2010.

DEROSA, Francini Martins; FREIRE, Patricia de Sá. **As funções da avaliação de aprendizagem nas universidades corporativas: uma análise bibliométrica.** 3º Simpósio Avaliação da Educação Superior. Florianópolis, Brasil, 2017. ISBN: 978-85-68618-04-2.

DEY, Niradhar. **Concept and Scope of Educational Technology.** Introduction to Educational Technology, Indira Gandhi National Open University (IGNOU). 2017. Disponível em: < <http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/8409>>.

FAZLOLLAHTABAR, Hamed; MUHAMMADZADEH, Amir. **A knowledge-based user interface to optimize curriculum utility in an e-learning system.** International Journal of Enterprise Information Systems, vol. 8, no. 3, 2012, p. 34+. Disponível em: <<http://link.galegroup.com/apps/doc/A301870988/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=7570709b>>.

GOMEZ, Rubén Posada; MARTINEZ, Ulises Juárez; LAMBERT, Gregorio Fernández. **Expert System for Competences Evaluation 360° Feedback Using Fuzzy Logic.** Hindawi Publishing Corporation. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2014, Article ID 789234, 18 pages.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos et al. **Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica. SBA Controle & Automação, Volume 4, nº 3. Outubro de 1994.

GOMIDE, Fernando; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHKEIT, Ricardo. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações.** In: Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials. 1995. p. 1-38.

HEATHER, Bellini et al. **Virtual & Augmented Reality: understanding the race for the next computing platform.** The Goldman Sachs Group, Inc. Americas: Technology. January 13, 2016. Acesso em: 31 maio. 2017. Disponível em:

<<http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>>.

HOFFMANN, Jussara M.L. **Avaliação: mito e desafio - uma perspectiva construtivista**. Educação e Realidade. Porto Alegre – RS, 1991.

HSIEH, Ching-Sen; CHEN, Yu-Wen; WU, Chih-Hung; HUANG, Tao. **Characteristics of fuzzy synthetic decision methods for measuring student achievement**. Springer Science, Business Media. Nov/2012. p20.

KOHAGURA, Tiago. **Aplicação da lógica fuzzy na avaliação de alunos**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, novembro de 2007.

KOVACIC, Zdenko et al. **Fuzzy Controller Design: Theory and Applications**. CRC Press, dezembro de 2005.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem – Componente do ato pedagógico**. Cortez Editora, 2011.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 22 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem na escola e a questão das representações sociais. **Eccos Revista Científica**, vol. 4, fac. 02, Universidade Nova de Julho. São Paulo – SP, 2002.

MALVEZZI, William Roberto. **Uma ferramenta baseada em teoria fuzzy para o acompanhamento de alunos aplicado ao modelo de educação presencial mediado por tecnologia**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller**. International Journal of Man-Machine Studies. Volume 7, Issue 1, January 1975, Pages 1-13.

MARINHO, Claisy Maria; RABELO, Mauro Luiz. **Avaliação educacional: a abordagem por competências**. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior, vol. 20, núm. 2, julho, 2015, pp.443-446. Universidade de Sorocaba. Sorocaba, Brasil.

MARRO, Alessandro Assi et al. **Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações**. Departamento de Informática e Matemática Aplicada (DIMAp). Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal-RN. 2012.

MCNEILL, F. Martin; THRO, Ellen. **Fuzzy logic: a practical approach**. Morgan Kaufmann Pub; Pap/Dskt edition. August 1994. p292.

MELLO, Cheila Dionisio de; TURMENA, Leandro. **Bases teóricas e conceituais da pedagogia das competências: estudo segundo Phillipe Perrenoud**. In: X Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 7 a 10 de novembro de 2011.

MELO, Ana Clara de Oliveira et al. **A função diagnóstica da avaliação: uma atividade em Construção.** In: VII CONNEPI. Palmas - Tocantins, outubro 2012.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J.; KERELUIK, Kristen. **The song remains the same: looking back to the future of educational technology.** Tech trends, v. 53, n. 5, September/October, 2009.

MIZUMOTO, M. **Fuzzy controls under various defuzzifier methods.** In Int. Workshop on Fuzzy Systems Applications, Iizuka 1988, pages 143-146, 1988.

MLODINOW, Leonard. **O andar do bêbado: como o acaso determina nossas vidas / Leonard Mlodinow;** tradução Diego Alfaro; Consultoria Samuel Jurkiewicz. — Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009. Tradução de: The Drunkard's walk: how randomness rules our lives.

OECD. **Education in China: a snapshot.** Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2016. Disponível em: < <https://www.oecd.org/china/Education-in-China-a-snapshot.pdf>>

OZDEMIR, Oguzhan; TEKIN, Ahmet. **Evaluation of the presentation skills of the pre-service teachers via fuzzy logic.** Computers in human behavior. Elsevier Ltd. 2016.

PERRENOUD, Philippe. **Construindo competências - O objetivo da escola não deve ser passar conteúdos, mas preparar - todos - para a vida em uma sociedade moderna.** Universidade de Genebra. Entrevista concedida a Paola Gentile e Roberta Bencini, 2006.

PERRENOUD, Philippe. **Sucesso na escola: só o currículo, nada mais que o currículo!** Faculdade de Psicologia e de Ciência da Educação da Universidade de Genebra. Cadernos de Pesquisa, n. 119, p. 9-27. Julho, 2003. Tradução: Neide Luzia de Rezende.

PISA 2015 Results. **Excellence and Equity in Education, summarises student performance in PISA 2015, and examines inclusiveness and fairness in participating education systems.** Volume I. OECD, 2018. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>.

PORTILHO, Evelise Maria Labatut; SOUSA, Maria Silvia Todeschi de. **Tempo de aprender: o explícito e o tácito.** Aprendizagem. Tempos e Espaços do Aprender. Rio de Janeiro: WAK, 2008, p. 140-146.

PRIOR, André. **O que é tecnologia educacional.** Oficina da net, 2011. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/artigo/educacao_a_distancia/tecnologia-educacional>. Acessado em 20/06/2018.

RODRIGUES, Leonardo Martins et al. **Utilizando lógica fuzzy para avaliar a qualidade de uma compra via Internet.** Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional. Universidade Federal do Rio Grande – FURG. 2013.

ROSA, Ademar Evandro et al. **Superando a avaliação da aprendizagem tradicional, através da lógica de Conjuntos Fuzzy**. Universidade Federal de Santa Catarina.

SALEH, Ibrahim; KIM, Seong-in. **A fuzzy system for evaluating students**. Expert Systems with Applications, 2009.

SAMSUNG. Hope for Children. **Samsung solve for tomorrow**. 2018. Disponível em: < <http://www.samsung.com/us/corporate-citizenship/education.html> >.

SANTOS, André Vinicius dos et al. **Avaliação fuzzy de trocas sociais entre agentes com personalidade**. Dissertação. Programa de pós-graduação em Informática, UCPel. Pelotas – RS, 2008.

SANTOS, Leonor. **Avaliar Competências: uma tarefa impossível?** Universidade de Lisboa. 1996.

SANTOS, Waldiza Lima Salgado dos et al. **Estágios de desenvolvimento de Piaget: um diagnóstico a partir da lógica fuzzy**. Centro Universitário do Estado do Pará. 2007.

SAVIANI, D. **Vicissitudes e perspectivas do direito à educação no Brasil: abordagem histórica e situação atual**. Educação Sociedade, Campinas, v.34, n.124, p.743-760, jul/set. 2013.

SECCO, Érica Fernanda Aparecida. **Teoria de conjuntos fuzzy e aplicações**. 2013. 87 P. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/94362>>.

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional - UNIEP. **Metodologia SENAI de educação profissional / SENAI/DN**. – 1. ed. – Brasília, 2012. 206 p.

SILVA, João Carlos da. **Educação e alienação em Marx: Contribuições teórico-metodológicas para pensar a história da educação**. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, n.19, p.110. Setembro de 2005.

SOUSA, Guida Scarlath Ranaira Bonfim de; SOUSA, Mariana Pereira. **O erro no processo de construção da aprendizagem**. IV Fórum Internacional de Pedagogia. Realize Editora. Campina Grande, Brasil. 2012.

SOUZA, Nadia Aparecida de. **Avaliação de competências: o aperfeiçoamento profissional na área de enfermagem**. Estudos em avaliação educacional, v. 16, n. 32. Dezembro de 2005.

STURM, Wilerson; DERGINT, Dario E. A. **Proposta de avaliação de Competências individuais para a formação de equipes de projetos de P&D através de lógica Fuzzy**. KM BRASIL 2004. São Paulo-SP. Brasil 22 a 24 de novembro de 2004.

TANUS, Vera Lúcia F. Aragão; DARSIE, Marta M. Pontin. **The error as provisory form of knowing: a differentiated approach in the mathematics teaching-learning process.** R. Educ. Públ. Cuiabá, v. 21, n. 45, p. 169-189, jan./abr. 2012.

TIGRE, Paulo Bastos; MARQUES, Felipe Silveira. **Apropriação tecnológica na economia do conhecimento: inovação e propriedade intelectual de software na América Latina.** Economia e Sociedade, Campinas, v. 18, n. 3 (37), p. 547-566, dez. 2009.

VAZ, Alessandro Márcio. **Estudo das funções de pertinência para conjuntos fuzzy utilizados em controladores semafóricos fuzzy.** Dissertação. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília-DF, março de 2006.

VIANNA, Heraldo Marelim. **Avaliação educacional: uma perspectiva histórica.** São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1995.

VOSKOGLU, Michael Gr. **Fuzzy Logic as a Tool for Assessing Students' Knowledge and Skills.** Education Sciences, v3 n2 p208-221. Jun 2013.

WEON, S.; KIM, J. **Learning Achievement Evaluation Strategy Using Fuzzy Membership Function.** 31st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Washington – DC, 2001.

WIPO. **Publicação IPC.** World Intellectual Property Organization. IPCPUB v7.2 – 07.03.2018. 2018. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/?notion=scheme&version=20180101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets.** Information and Control. Volume 8, Issue 3, June 1965, pages 338-353.

Apêndice

APÊNDICE A – Formulários das situações-problema utilizados na validação do sistema.

Quadro 35: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Administração, na disciplina de Administração mercadológica e processos comerciais.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Aplicar procedimentos, leis e normas vigentes de acordo com a necessidade específica da empresa e do cliente.	4	Descrição de procedimentos de acordo com a necessidade específica da empresa e do cliente.	5	Identificou procedimentos de acordo com a necessidade específica da empresa e do cliente?	C			
				Descreveu procedimentos de acordo com a necessidade específica da empresa e do cliente?	C			
		Reconhecimento do código de defesa do consumidor - CDC.	3	Definiu o código de defesa do consumidor-CDC?	C			
				Identificou os direitos e deveres do consumidor?	C			
Apoiar a execução de atividades relacionadas a eventos.	3	Identificação de atividades relacionadas a eventos.	2	Identificou atividades relacionadas a eventos?	C			
				Descreveu atividades relacionadas a eventos?	D			
		Demonstração de apoio à execução de atividades relacionadas a eventos.	3	Demonstrou apoio à execução de atividades relacionadas a eventos?	C			
				Identificou benefícios do apoio à execução de atividades relacionadas a eventos?	D			
Atender clientes aplicando conceitos de qualidade e fidelização.	5	Definição de conceitos de qualidade e fidelização.	4	Definiu a qualidade?	C			
				Definiu a fidelização do cliente?	C			
		Descrição de técnicas de venda e negociação.	4	Descreveu técnicas de venda?	C			
				Descreveu técnicas de negociação?	C			
Diferenciar produto, serviço, embalagem, preço, praça e ponto de venda de acordo com os conceitos de marketing.	5	Identificação de características de produto, serviço, embalagem, preço, praça e ponto de venda de acordo com os conceitos de marketing.	4	Identificou características de produto, serviço, embalagem, preço, praça e ponto de venda de acordo com os conceitos de marketing?	C			
				Descreveu características de produto, serviço, embalagem, preço, praça e ponto de venda de acordo com os conceitos de marketing?	C			

		Definição dos 4Ps do marketing.	5	Definiu os 4Ps do marketing?	C			
				Descreveu características dos 4Ps do marketing?	C			
Identificar as atividades necessárias de acordo com o planejamento de eventos.	4	Identificação de atividades necessárias de acordo com o planejamento de eventos.	4	Identificou a utilização da segmentação de mercado no planejamento de eventos?	C			
				Identificou a utilização do posicionamento de mercado no planejamento de eventos?	D			
		Descrição de atividades necessárias de acordo com o planejamento de eventos.	4	Definiu a segmentação de mercado?	C			
				Descreveu o posicionamento de mercado no planejamento de eventos?	D			
Identificar materiais necessários para realização de eventos.	4	Identificação de materiais necessários para realização de eventos.	5	Identificou os materiais necessários para realização de eventos?	C			
				Descreveu os materiais necessários para realização de eventos?	D			
		Reconhecimento dos trâmites administrativos a serem observados na realização de eventos.	5	Descreveu a importância dos trâmites administrativos no processo de realização de eventos?	C			
				Descreveu características dos trâmites administrativos na realização de eventos?	D			
Identificar processos de comercialização de produtos e serviços.	5	Identificação de processos de comercialização de produtos e serviços.	3	Identificou processos de comercialização de produtos e serviços?	C			
				Descreveu processos de comercialização de produtos e serviços?	C			
		Reconhecimento da utilização da cadeia de suprimentos no processo de comercialização de produtos e serviços.	5	Definiu a cadeia de suprimentos?	C			
				Descreveu a relação entre fornecedores, consumidores e canais de distribuição?	C			
Localizar e selecionar informações necessárias à comunicação com clientes.	4	Identificação de informações necessárias à comunicação com clientes.	4	Identificou informações necessárias à comunicação com clientes?	C			
				Descreveu informações necessárias à comunicação com clientes?	C			
		Reconhecimento da utilização dos cadastros na comunicação com clientes.	4	Identificou a utilização da manutenção dos cadastros na comunicação com clientes?	C			
				Reconheceu a importância da utilização dos cadastros na comunicação com clientes?	C			
Operacionalizar o fluxo de documentos referentes ao processo de compra e venda.	3	Operacionalização do fluxo de documentos referentes ao processo de compra e venda.	5	Operacionalizou o fluxo de documentos referentes ao processo de compra?	C			
				Operacionalizou o fluxo de documentos referentes ao processo de venda?	C			
		Descrição do processo de operacionalização do fluxo de documentos referentes ao processo de compra e venda.	3	Descreveu o processo de operacionalização do fluxo de documentos referentes ao processo de compra e venda?	C			
				Descreveu o processo de operacionalização do fluxo de	C			

				documentos referentes ao processo de compra e venda?				
Organizar informações coletadas em pesquisa de marketing.	2	Identificação de informações coletadas em pesquisa de marketing.	3	Definiu a pesquisa de marketing?	C			
				Identificou informações coletadas em pesquisa de marketing?	D			
		Organização de informações coletadas em pesquisa de marketing.	4	Organizou informações coletadas em pesquisa de marketing?	C			
				Descreveu a importância da organização das informações coletadas na pesquisa de marketing no processo de vendas?	D			
Organizar informações para elaboração de relatórios e registros.	3	Identificação de informações para elaboração de relatórios e registros.	4	Identificou informações para elaboração de relatórios?	C			
				Identificou informações para elaboração de registros?	C			
		Organização de informações para elaboração de relatórios e registros.	4	Organizou informações para elaboração de relatórios?	C			
				Organizou informações para elaboração de registros?	C			
Registrar e conferir dados cadastrais e documentos de clientes e fornecedores.	5	Realização de registros e conferência de dados cadastrais e documentos de clientes e fornecedores.	5	Realizou registros de dados cadastrais e documentos de clientes?	C			
				Realizou conferência de dados cadastrais e documentos de fornecedores?	C			
		Descrição da importância de registros e conferência de dados cadastrais e documentos de clientes e fornecedores.	3	Descreveu a importância dos registros de dados cadastrais e documentos de clientes?	C			
				Descreveu a importância da conferência de dados cadastrais e documentos de fornecedores?	C			
Registrar e conferir lançamentos de preços.	5	Realização de registro e conferência do lançamento de preços.	5	Realizou registro de preços?	C			
				Realizou conferência de preços?	C			
		Descrição da importância do registro e conferência do lançamento de preços.	3	Descreveu a importância do registro de preços?	C			
				Descreveu a importância da conferência de preços?	C			
Utilizar sistemas de informações gerenciais para a área comercial, inclusive atualização de dados cadastrais de clientes e fornecedores.	4	Utilização de sistemas de informações gerenciais para a área comercial, inclusive atualização de dados cadastrais de clientes e fornecedores.	5	Utilizou sistemas de informações gerenciais para a área comercial, incluindo a atualização de dados cadastrais de clientes?	C			
				Utilizou sistemas de informações gerenciais para a área comercial, incluindo a atualização de dados cadastrais de fornecedores?	D			
		Descrição do uso de sistemas de informações gerenciais para a área comercial, inclusive atualização de dados cadastrais de clientes e fornecedores.	3	Descreveu o uso de sistemas de informações gerenciais para a área comercial, incluindo a atualização de dados cadastrais de clientes?	C			
				Descreveu o uso de sistemas de informações gerenciais para a área comercial, incluindo a atualização de dados cadastrais de fornecedores?	D			
Atuar com visão sistêmica do processo.	3	Identificação do uso da comunicação na organização.	3	Identificou o uso da comunicação no ambiente organizacional?	C			

				Reconheceu a importância da comunicação eficiente na organização?	D			
		Reconhecimento da importância da comunicação para organização como um todo.	4	Reconheceu a importância da comunicação para solucionar problemas de organização?	C			
				Analisou o processo de comunicação na organização como um todo?	D			
Demonstrar atitudes éticas nas ações e nas relações profissionais.	4	Apresentação de cordialidade em sala de aula.	4	Apresentou cordialidade em sala de aula?	C			
				Demonstrou respeito durante as aulas?	D			
		Apresentação de postura comportamental conforme competências de gestão.	5	Apresentou postura comportamental conforme competências de gestão?	C			
				Demonstrou autodisciplina em sala de aula?	D			
Demonstrar capacidade analítica, tendo em vista possíveis tomadas de decisão.	3	Demonstração de iniciativa durante as aulas.	5	Demonstrou iniciativa durante a resolução das atividades realizadas?	C			
				Procurou ampliar seu conhecimento sobre os conteúdos mostrados em sala de aula?	D			
		Concentração durante as atividades realizadas nas aulas.	5	Apresentou concentração durante as atividades realizadas em sala de aula?	C			
				Demonstrou foco ao realizar as atividades?	D			
Demonstrar capacidade de interação e de relacionamento interpessoal.	4	Demonstração de relacionamento interpessoal em sala de aula.	5	Demonstrou relacionamento interpessoal em sala de aula?	C			
				Demonstrou disposição em colaborar com os colegas em sala de aula?	D			
		Interação com a equipe e os colegas ao apresentar os trabalhos.	3	Interagiu com a equipe e os colegas ao apresentar os trabalhos?	C			
				Participou dos trabalhos realizados em grupo?	D			
Demonstrar capacidade de planejamento e organização do próprio trabalho.	4	Demonstração de planejamento das atividades e trabalhos.	5	Planejou as atividades realizadas em sala de aula?	C			
				Planejou os trabalhos realizados em sala de aula?	D			
		Demonstração de organização no desenvolvimento das atividades e trabalhos realizados em sala de aula.	5	Organizou as atividades realizadas em sala de aula?	C			
				Organizou os trabalhos realizados em sala de aula?	D			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 36: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Edificações, na disciplina de Gestão de pessoas.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Monitorar a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC), segundo o risco da atividade (PCMAT, PPRA)	5	Identificação da necessidade de uma gestão de pessoas eficiente para o canteiro de obra.	3	Relatou os problemas relacionados a falta de gestão de pessoas nos procedimentos relacionados as rotinas operacionais do canteiro de obra?	C			
				Listou as problemáticas existentes para monitorar os programas que visam a saúde e segurança do trabalhador?	D			
		Aplicação do planejamento na solução de problemas	5	Listou ações da equipe de gestão de pessoas para melhoria dos problemas relacionados as rotinas operacionais?	C			
				Executou um plano de ação para monitoramento na utilização de equipamentos de proteção?	D			
Operacionalizar os procedimentos de segurança, segundo as normas regulamentadoras (NR), atinentes às atividades desenvolvidas no canteiro de obras	5	Definição de procedimentos nas rotinas operacionais	3	Identificou a necessidade de elaboração de procedimentos para solucionar a gestão das normas de segurança?	C			
				Elaborou procedimentos para cumprimento das normas regulamentadoras inerentes às atividades do canteiro de obra?	D			
		Aplicação de monitoramento nos procedimentos de saúde e segurança do trabalho	5	Citou as causas do absenteísmo no canteiro de obra?	C			
				Listou ações da equipe de gestão de pessoas para diminuir o índice de absenteísmo?	C			
Estruturar a segregação dos resíduos gerados de forma adequada, segundo Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR)	4	Identificação de estratégias para aplicação de programas de melhorias	3	Listou ações da equipe de gestão de pessoas para implantação do programa de gerenciamento de resíduos?	C			
				Elaborou um plano de ação para implantação do PGR?	D			
		Identificação de estratégias para resolução de conflitos	3	Citou as dificuldades de implantação do programa?	C			
				Elaborou estratégias de conscientização para adesão do PGR no canteiro de obras?	D			
Sistematizar os procedimentos de qualidade, segundo as diretrizes da empresa.	4	Identificação das diretrizes da empresa	3	Citou a importância de se estabelecer as diretrizes da empresa?	C			
				Realizou atividades de missão, visão, valores e objetivos da organização?	C			
		Identificação de análise dos procedimentos da	5	Relacionou ações que visam a qualidade nos	C			

		qualidade		processos operacionais do canteiro de obra?				
				Listou ações de melhorias no processo de manuseio de materiais e ferramentas?	D			
Fomentar os parâmetros balizadores do clima organizacional	3	Identificação de problemas na organização	3	Conceituou clima organizacional?	C			
				Citou os impactos no clima organizacional causados pelos gargalos existentes nas rotinas operacionais do canteiro de obra?	C			
		Identificação de oportunidades de melhoria na organização	5	Relacionou os problemas de relacionamento no ambiente de trabalho que interferem no clima organizacional?	C			
				Elaborou estratégias para melhoria do clima organizacional?	D			
Identificar os desempenhos dos agentes envolvidos	3	Avaliação das diferenças individuais da equipe	3	Diferenciou conceito de grupos e equipes de trabalho?	C			
				Estabeleceu critérios de potencialidade de equipes?	C			
		Avaliação da comunicação interpessoal da equipe de trabalho	5	Listou problemas de relacionamentos interpessoais nas equipes de trabalho?	C			
				Estabeleceu estratégias da gestão para sanar os problemas de falta de comunicação entre as equipes de trabalhos?	C			
Envolver os agentes da produção com vistas a melhoria do clima visando o cumprimento do planejamento previsto	3	Identificação da visão sistêmica do processo	5	Reconheceu a importância de manter uma visão holística dos processos de trabalho?	C			
				Listou ações que podem ser usadas com essas informações de forma sistêmica?	D			
		Identificação de pessoas chaves na coordenação de equipes	4	Citou os problemas existentes na relação entre líder e liderado?	C			
				Elaborou estratégias para condução de equipes de trabalho?	C			
Reconhecer os parâmetros de clima organizacional	3	Avaliação do diagnóstico	5	Citou quais tipos de diagnósticos podem ser realizado para avaliar o clima organizacional?	C			
				Listou como avaliar os responsáveis pela gestão das equipes de trabalho?	C			
		Avaliação do tratamento	5	Conceituou não conformidades?	C			
				Citou o objetivo de ações corretivas?	C			
Validar as responsabilidades dos diversos agentes envolvidos na produção da obra	3	Avaliação de desenvolvimento da equipe de trabalho	2	Definiu o objetivo de estabelecer indicadores?	C			
				Citou formas de avaliação de desempenho?	D			
		Avaliação das dificuldades na execução de atividade	5	Reconheceu a importância de avaliar as dificuldades existentes na operacionalização das atividades?	C			
				Definiu estratégias para mapear as responsabilidades	D			

				dos gestores na produção?				
Identificar as etapas do planejamento da execução da obra	4	Aplicação de planejamento na execução do próprio trabalho	5	Definiu estratégias para organização do trabalho executado na obra pela equipe de trabalho?	C			
				Elaborou procedimento para controle dos materiais de trabalho?	C			
		Aplicação de estratégias na gestão de equipes	3	Citou ações para motivar a equipe a	C			
				Definiu a estratégias da gestão para implantação do programa 5s no canteiro de obra?	C			
Cumprir etapas da obra consoante ao cronograma físico.	5	Identificação da necessidade em manter controle diário das atividades	3	Definiu o objetivo da implantação do cronograma?	D			
				Citou a importância de padronização dos procedimentos das atividades?	C			
		Apresentação de planejamento no controle dos materiais necessários a realização das atividades	5	Reconheceu a importância do planejamento no cumprimento das tarefas operacionais?	C			
				Definiu estratégias para ser implantadas no controle de estoque?	C			
Validar os padrões médios de produtividade da execução da obra.	4	Definição do dimensionamento de pessoal necessário na execução das tarefas	4	Reconheceu a importância e a necessidade do dimensionamento da equipe de trabalho?	C			
				Realizou as atividades de dimensionamento?	C			
		Definição de parâmetro de produtividade	5	Definiu critérios de produtividade?	C			
				Reconheceu a importância de acompanhar os resultados de produtividade?	C			
Analisar indicadores de desempenho das equipes	3	Identificação dos perfis profissionais necessários às atividades executadas	3	Citou o objetivo de avaliação de desempenho?	C			
				Citou a importância da ética e sigilo profissional nos perfis dos profissionais?	C			
		Definição dos indicadores aplicados às atividades	5	Citou os tipos de avaliação de desempenho?	C			
				Citou os que podem ser utilizados no canteiro de obra?	C			
Reconhecer exigência do perfil profissional para cada processo produtivo.	3	Identificação das competências necessárias para cada perfil profissional	5	Citou os subsistemas de gestão de pessoas?	C			
				Citou os prejuízos de um perfil mal selecionado no processo de seleção?	C			
		Identificação das competências socioemocionais exigidas ao perfil	2	Reconheceu a importância das competências socioemocionais no perfil do colaborador?	C			
				Listou as principais competências socioemocionais?	D			
Identificar os padrões médios de produtividade da execução da obra	4	Mensuração de resultados de produtividade	5	Citou a causa da queda de produtividade no desafio proposto?	C			
				Listou estratégias para mensuração do resultado de forma mais eficaz?	D			
		Identificação de problemas de produtividade	5	Reconheceu a importância de comparar dados de períodos anteriores para análise de produtividade?	C			

				Reconheceu os problemas existentes que afeta a produtividade?	C			
Identificar as atribuições dos agentes envolvidos na produção da obra.	3	Avaliação de descrição de cargo dos colaboradores	2	Reconheceu a importância da descrição de cargos para evitar processos trabalhistas?	C			
				Citou os benefícios da descrição de cargo?	D			
		Identificação da necessidade de treinamentos	5	Definiu o objetivo de investir nas pessoas?	C			
				Quais os benefícios da identificação de necessidades?	D			
Tomar a comunicação compreensível pelos diversos agentes da produção da obra	1	Identificação da comunicação como ferramenta para evitar retrabalho	5	Reconheceu a importância da comunicação para manter um bom clima organizacional?	C			
				Listou estratégias de comunicação para os novos procedimentos?	C			
		Identificação dos problemas existentes na comunicação.	3	Citou os ruídos que interferem na comunicação no canteiro de obra?	C			
				Citou o que pode causar assédio através de problemas de comunicação?	D			
Reconhecer os diferentes comportamentos das pessoas nos grupos e equipes e demonstrar espírito colaborativo em atividades coletivas	3	Identificação da diferença entre grupos e equipes	3	Citou a diferença entre grupo e equipe?	C			
				Listou os tipos de equipes que podem existir no ambiente organizacional?	C			
				Descreveu ações para solucionar problemas de relacionamento no ambiente de trabalho?	D			
		Integração com os demais colegas no desenvolvimento das atividades.	4	Aceitou participar dos trabalhos em equipe?	C			
Apresentar comportamento ético nas relações interpessoais e no desenvolvimento das atividades sob a sua responsabilidade	4	Demonstração de postura ética	5	Executou as atividades em equipe atuando de forma produtiva e flexível?	D			
				Aplicou o planejamento para executar as atividades propostas?	C			
				Apresentou as atividades junto com sua equipe?	C			
		Apresentação de organização no processo de aprendizagem	5	Demonstrou foco durante a execução das atividades?	D			
				Apresentou organização no desenvolvimento das atividades e no ambiente?	C			
				Agiu como agente conciliador nos momentos de divergência e discussão com a equipe?	C			
				Executou as atividades nos prazos estabelecidos?	C			
				Participou das discussões em sala referente aos conteúdos propostos?	D			
				Apresentou atitudes proativas durante as atividades propostas?	D			
				Apresentou assiduidade na unidade curricular?	D			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 37: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Eletrotécnica, na disciplina de Projetos de sistemas elétricos industriais.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Reconhecer operações fundamentais de matemática	3	Utilização do estudo de trigonometria	5	Realizou todas as atividades sobre trigonometria?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre trigonometria?	C			
		Utilização do estudo de números complexos	3	Realizou todas as atividades sobre números complexos?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre números complexos?	C			
		Utilização do estudo de matrizes	4	Realizou todas as atividades sobre matrizes?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre matrizes?	D			
Reconhecer princípios de geometria plana	3	Utilização dos estudos de figuras geométricas planas	3	Realizou o cálculo das áreas das figuras geométricas?	C			
				Determinou o perímetro das figuras geométricas?	C			
		Aplicação dos estudos de perspectivas e vistas em desenhos arquitetônicos	5	Aplicou nos desenhos técnicos o uso de vistas?	C			
				Aplicou nos desenhos técnicos o uso de cotas?	D			
Reconhecer técnicas para elaboração de desenho técnico	4	Utilização das técnicas de desenho em projetos elétricos	4	Soube utilizar os tipos de linhas, hachuras e layers no desenho?	C			
				Soube utilizar as escalas, plotagem e formatação dos desenhos?	C			
		Utilização de software de desenho assistido por computador CAD	4	Soube utilizar as ferramentas do software de desenho?	C			
				Realizou o projeto elétrico da atividade utilizando o software de desenho?	C			
Reconhecer técnicas de elaboração de projetos de sistemas elétricos industriais	5	Utilização das técnicas para dimensionamento de projetos elétricos industriais	4	Realizou todos os cálculos para dimensionamento dos motores elétricos?	C			
				Realizou todos os cálculos para o dimensionamento dos condutores?	C			

		Elaboração de projetos técnicos com base nas normas para projetos elétricos industriais	5	Realizou o cálculo do fator de potência?	C			
				Realizou a correção do fator de potência?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento do relé de sobrecorrente?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento do disjuntor motor?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento do contador?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento de uma partida direta?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento de uma partida estrela-triângulo?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento de uma partida compensadora?	C			
Reconhecer normas técnicas de instalações	4	Utilização da norma de segurança NR 16	2	Compreendeu o que é NR16?	C			
				Procurou utilizar a NR16 nas suas atividades?	D			
		Utilização da norma de segurança NR 10	3	Compreendeu a NR10?	C			
				Procurou utilizar a NR10 nas suas atividades?	C			
		Utilização da norma técnica NBR 5410	3	Realizou pesquisas utilizando a NBR 541 para realizar seus projetos?	C			
				Procurou sempre utilizar os conceitos da NBR 5410 nos seus projetos?	C			
Demonstrar capacidade de pesquisa	3	Utilização do acervo bibliográfico da instituição para realizar consultas e exercícios	3	Pesquisou em livros os estudos realizados?	C			
				Conseguiu realizar as pesquisas solicitadas?	D			
		Utilização de pesquisas através do sistema de internet	5	Pesquisou em sites os estudos realizados?	C			
				Utilizou a pesquisa de internet como ferramenta de aprendizagem?	D			
Demonstrar consciência de qualidade técnica	3	Utilização de padrões de montagens	5	Utilizou os padrões de norma nas suas montagens práticas?	C			
				Soube organizar suas montagens práticas?	C			
		Utilização de técnicas de montagens	5	Utilizou técnicas de montagens práticas?	C			
				Demonstrou conhecimento das técnicas de montagens?	C			
Demonstrar consciência de segurança	4	Utilização dos conhecimentos sobre segurança estudados nas normas	4	Utilizou os conhecimentos sobre normas de segurança?	C			
				Demonstrou interesse em executar as	D			

				atividades com segurança?				
		Utilização dos equipamentos de segurança	5	Utilizou os equipamentos de proteção individual (EPI)?	C			
				Utilizou os equipamentos de proteção coletiva (EPC)?	C			
Demonstrar iniciativa	3	Execução das atividades práticas	5	Demonstrou ser proativo nas atividades práticas?	C			
				Demonstrou interesse nas atividades práticas?	C			
		Realização das atividades em dupla	3	Demonstrou ter bom relacionamento com as outras pessoas?	C			
				Demonstrou saber trabalhar em equipe?	D			
Demonstrar zelo	4	Utilização de ferramentas e instrumentos de forma correta	5	Utilizou todas as ferramentas e instrumentos corretamente?	C			
				Utilizou todos os instrumentos com zelo para evitar ferramentas e dados?	C			
		Utilização dos materiais nas montagens de forma correta	4	Utilizou o material de forma coerente evitando desperdícios?	C			
				Reutilizou alguns dos materiais de forma consciente?	D			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 38: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos do curso Técnico em Eletrotécnica, na disciplina de Projetos de sistemas elétricos prediais.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Reconhecer operações fundamentais de matemática	3	Utilização do estudo de trigonometria	5	Realizou todas as atividades sobre trigonometria?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre trigonometria?	C			
		Utilização do estudo de números complexos	3	Realizou todas as atividades sobre números complexos?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre números complexos?	C			
		Utilização do estudo de matrizes	4	Realizou todas as atividades sobre matrizes?	C			
				Entregou a lista de exercícios sobre matrizes?	D			
Reconhecer princípios de geometria plana	3	Utilização dos estudos de figuras geométricas planas	3	Realizou o cálculo das áreas das figuras geométricas?	C			
				Determinou o perímetro das figuras geométricas?	C			
		Aplicação dos estudos de perspectivas e vistas em desenhos arquitetônicos	5	Aplicou nos desenhos técnicos o uso de vistas?	C			
				Aplicou nos desenhos técnicos o uso de cotas?	D			
Reconhecer princípios de desenho técnico	3	Compreensão e leitura da planta baixa de uma edificação	3	Desenhou as plantas baixa que foram solicitadas?	C			
				Soube utilizar as técnicas de dimensionamento de projetos elétricos?	C			
		Interpretação de simbologias em projetos elétricos prediais	3	Soube interpretar os projetos elétricos solicitados?	C			
				Realizou a lista de materiais do projeto?	C			
Reconhecer técnicas para elaboração de desenho técnico	4	Utilização das técnicas de desenho em projetos elétricos	4	Soube utilizar os tipos de linhas, hachuras e layers no desenho?	C			
				Soube utilizar as escalas, plotagem e formatação dos desenhos?	C			

		Utilização de software de desenho assistido por computador CAD	4	Soube utilizar as ferramentas do software de desenho?	C			
				Realizou o projeto elétrico da atividade utilizando o software de desenho?	C			
Reconhecer técnicas de elaboração de projetos de sistemas elétricos prediais	5	Utilização das técnicas para dimensionamento de projetos elétricos prediais	4	Realizou todos os cálculos para dimensionamento dos componentes de uma instalação elétrica?	C			
				Realizou todos os cálculos no projeto apresentado, nas instalações elétricas a quantidade de tomadas baixas, tomada alta, tomada médias, pontos de luz no teto, interruptores?	C			
				Realizou todos os cálculos para dimensionamento dos dispositivos de proteção?	C			
		Elaboração de projetos técnicos com base nas normas para projetos elétricos prediais	5	Realizou o desenho da planta baixa?	C			
				Realizou todas as ligações elétricas fundamentais no projeto?	C			
				Realizou os cálculos de potência de carga instalada?	C			
				Realizou os cálculos de potência de demanda instalada?	C			
				Realizou os cálculos do sistema elétrico de emergência?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento de condutores?	C			
				Realizou os cálculos de dimensionamento de eletrodutos?	C			
Reconhecer normas técnicas de instalações elétricas, de saúde e segurança no trabalho	5	Utilização da norma de segurança NR 16	3	Compreendeu o que é NR16?	C			
				Procurou utilizar a NR16 nas suas atividades?	D			
		Utilização da norma de segurança NR 10	4	Compreendeu a NR10?	C			
				Procurou utilizar a NR10 nas suas atividades?	C			
		Utilização da norma técnica NBR 5410	4	Realizou pesquisas utilizando a NBR 541 para realizar seus projetos?	C			
				Procurou sempre utilizar os conceitos da NBR 5410 nos seus projetos?	C			
Demonstrar prontidão para ouvir	2	Participação durante as aulas	4	Demonstrou participação nas aulas?	C			
				Demonstrou estar interessado durante as	C			

				aulas?				
		Contribuição para realização das atividades em grupo	3	Demonstrou que sabe trabalhar em grupo?	C			
				Melhorou seu comportamento quando trabalhando em grupo?	D			
Demonstrar concentração	3	Demonstração de atenção na sala de aula	3	Utilizou algum equipamento que possa provocar distração durante as aulas?	C			
				Soube conter-se a não poder utilizar equipamentos eletrônicos durante as aulas?	C			
		Compreensão dos assuntos ministrados	4	Mostrou ficar em atenção no momento da aula?	C			
				Mostrou-se ter disciplina em sala?	C			
		Resolução das atividades propostas	5	Realizou as atividades no tempo determinado?	C			
				Mostrou saber resolver as questões sem necessidade de auxílio?	C			
Demonstrar consciência de qualidade técnica	4	Utilização dos conhecimentos técnicos para resolução das atividades	5	Demonstrou que sabe pesquisar nas normas as atividades propostas?	C			
				Mostrou-se ser proativo nas atividades?	C			
		Realização das atividades com destreza	5	Procurou realizar as atividades com o saber que foi passado em na aula?	C			
				Realizou debates para resolver as atividades mais complexas?	D			
Demonstrar capacidade de pesquisa	3	Utilização dos recursos tecnológicos do ambiente de ensino	3	Utilizou a biblioteca e seus recursos para as atividades?	D			
				Utilizou as bancadas de testes para demonstrar as teorias estudadas?	C			
		Aplicação dos recursos tecnológicos na resolução das atividades	5	Realizou suas atividades com softwares disponíveis nos laboratórios?	C			
				Procurou sempre medir com os instrumentos com os instrumentos todas as grandezas envolvidas nos projetos?	D			
Demonstrar criatividade	3	Execução das atividades de forma coerente	4	Procurou sempre realizar as atividades de forma rápida?	D			
				Procurou não danificar os equipamentos utilizados nas práticas?	C			
		Utilização do conhecimento para a criatividade	3	Procurou se criativo nas aplicações e projetos?	C			
				Conseguiu sair do tradicionalismo e sempre inovou nos projetos?	D			

Demonstrar consciência de segurança	5	Compreensão de normas técnicas de segurança	4	Compreendeu as normas de segurança apresentadas?	C			
				Realizou atividade sobre normas de segurança?	D			
		Aplicação das normas de segurança	5	Realizou as atividades sempre procurando sua segurança?	C			
				Utilizou diariamente os EPIs obrigatórios?	C			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 39: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos das duas turmas do curso Técnico em Informática, na disciplina de Lógica de programação.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Planejar construção do software	4	Fluxograma	4	Construiu fluxo especificando as telas que o programa deve apresentar	C			
				Utilizou simbologias corretamente	C			
				Descreveu fluxo exato do programa	D			
		Entregas	2	Determinou datas para apresentação de cada uma das telas e funcionalidades	C			
				Listou funcionalidades a serem construídas	C			
Codificar softwares utilizando uma linguagem de programação	5	Reuso de código	3	Utilizou funções para não repetir blocos de códigos	C			
				Não repetiu linhas de código que estão presentes em condicionais	D			
		Eficácia do software	5	Implementou as funcionalidades necessárias para o atendimento da proposta	C			
				Eliminou bugs que porventura vieram a aparecer no programa	D			
		Usabilidade	4	Construiu o fluxo de ações de maneira sequencial	C			
				Descreveu as ações e nomeou menus de maneira a tornar os comandos intuitivos	C			
				Construiu telas amigáveis ao usuário	D			
		Manutenibilidade	3	Utilizou comentários dentro do código	C			
				Endentou o código	C			
				Nomeou variáveis de forma condizente com o que elas armazenam	C			
Gerenciar atividades		Gestão do tempo	5	Foi pontual durante o decorrer da unidade	C			

Interagir socialmente	3	Gestão dos fatores externos	4	Conseguiu respeitar o prazo determinado para a atividade	C			
				Manteve o foco enquanto construía seu projeto	D			
				Conseguiu solucionar imprevistos	C			
	2	Relacionamento interpessoal	5	Tratou cordialmente os colegas de turma e o instrutor	C			
				Prestou auxílio quando lhe foi pedido	D			
		Trabalho em equipe	3	Participou das decisões de grupo	C			
				Soube lidar com as opiniões alheias	C			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 40: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Manutenção de Máquinas Industriais, na disciplina de Comunicação e informática.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Aplicar os princípios, padrões e normas da linguagem culta na comunicação oral e na elaboração de diferentes tipos de textos técnicos e comerciais.	5	Produção e expressão de textos técnicos e aplicação da norma culta	5	Produziu textos técnicos seguindo a linguagem culta?	C			
				Realizou oralmente diferentes textos?	C			
		Produção de textos e documentos técnicos	5	Produziu por escrito e oralmente os textos e documentos?	C			
				A produção de textos foi adequada ao cenário proposto?	D			
Reconhecer diferentes metodologias de pesquisa, suas principais características e aplicações.	3	Reconhecer os passos de diferentes metodologias sua aplicação	4	Reconheceu o passo a passo das metodologias de pesquisa?	C			
				Desenvolveu nos textos o conhecimento adquirido?	D			
		Desenvolver técnicas de como aplicar diferentes metodologias.	5	Reconheceu as metodologias aplicadas nos textos produzidos?	C			
				Conseguiu desenvolver as principais características e aplicações da metodologia?	C			
Interpretar dados e informações de textos técnicos simples (normas, procedimentos, manuais, planilhas, relatórios, catálogos técnicos) relacionados a mecânica.	4	Interpretação de textos técnicos simples	5	Interpretou textos seguindo as orientações passadas?	C			
				Seguiu os princípios de como interpretar dados e informações em textos técnicos?	D			
		Desenvolver interpretações em textos técnicos	5	Desenvolveu relatórios e procedimentos relacionados a mecânica?	C			
				Ficou atento a interpretação de dados e informações nos textos solicitados?	C			
Aplicar os princípios da informática na elaboração de textos básicos,	4	Aplicação dos princípios básicos da informática	5	Aplicaram de forma correta os princípios básicos da informática?	C			

apresentações, pesquisas e planilhas.				Pesquisou e elaborou textos básicos?	C			
		Desenvolver princípios da informática em apresentações	5	Apresentou de forma correta os conhecimentos obtidos?	C			
				Seguiu as orientações para desenvolver as apresentações?	D			
Reconhecer a pesquisa como fonte de inovação e formação de um espírito empreendedor	3	utilizar os meios eletrônicos para realizar pesquisas	4	Utilizou fontes de pesquisa para realização de atividades?	C			
				Compreendeu a importância das pesquisas como ferramenta de inovação?	C			
		Desenvolver diversos tipos de pesquisas	3	Pesquisou conteúdos voltados a inovação?	C			
				Demonstrou ter espírito empreendedor?	D			
Reconhecer o conceito e a importância da qualidade nas rotinas de trabalho	2	Identificar a importância da habilidade no setor trabalhista	4	Conseguiu reconhecer a importância da qualidade no âmbito das atividades?	C			
				Desenvolveu qualidade nas rotinas de trabalho sempre que precisou?	D			
		Desenvolver o reconhecimento da aptidão na prática do trabalho	3	Aplicou de forma positiva o reconhecimento pelas práticas trabalhistas?	C			
				Desenvolveu aptidões para reconhecer práticas trabalhistas?	D			
Reconhecer normas e procedimentos de saúde, segurança e meio ambiente como requisitos para a organização de ambientes de trabalho.	3	Seguir orientações de segurança no ambiente de trabalho	5	Obedeceu às normas quanto ao uso dos equipamentos?	C			
				Reconheceu estratégias de saúde e segurança no setor de trabalho?	D			
		Usar os equipamentos necessários para evitar possíveis acidentes	5	Conseguiu reconhecer as normas de saúde e segurança no ambiente de trabalho?	C			
				Usou os equipamentos exigidos?	D			
Reconhecer os princípios da organização no desenvolvimento das atividades sob a sua responsabilidade.	2	Demonstrar organização e responsabilidade no uso de ferramentas de trabalho	4	Demonstrou responsabilidade quando precisou desenvolver as atividades?	C			
				Organizou o ambiente depois de realizar as atividades?	C			
		Aplicar organização no ambiente das atividades	3	Aplicou os princípios de organização sempre que foi necessário?	C			
				Conseguiu reconhecer os passos para uma boa organização?	D			
Demonstrar atitudes éticas nas ações e nas relações interpessoais.	4	Desenvolver postura ética durante as aulas	5	Apresentou comportamento ético no período em que esteve em sala?	C			
				Desenvolveu ações coerentes nas relações com os outros?	C			
		Apresentar princípios éticos	5	Comprovou ser ético sempre que foi preciso?	C			

				Procurou respeitar os companheiros durante as atividades?	D			
Demonstrar espírito colaborativo em atividades coletivas	3	Colaborar em atividades realizadas em grupo	3	Demonstrou facilidade em colaborar nas atividades realizadas em grupo?	C			
				Participou dos trabalhos com ideias construtivas?	D			
		Apresentar espírito solidário na realização de trabalhos em equipe	2	Colaborou com argumentos nos exercícios propostos em grupo?	C			
				Trabalhou com espírito colaborativo sempre que precisou?	D			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 41: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Petroquímica, na disciplina de Gestão pessoas.

Atendimento								
Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Reconhecer conceitos de cidadania, ética, liderança, motivação.	5	Identificação da relação entre cidadania e ética.	5	Compreendeu o conceito de ética?	C			
				Compreendeu o conceito de cidadania?	C			
				Estabeleceu a relação entre ética e cidadania?	C			
		Identificação da importância do espírito empreendedor para a manutenção da empregabilidade.	4	Descreveu o conceito e características do empreendedor?	C			
				Compreendeu a importância de atitudes empreendedoras para a permanência no mercado de trabalho?	D			
		Identificação dos tipos de líderes corporativos e as suas características.	4	Descreveu o conceito de liderança e sua importância para o mundo empresarial?	C			
Reconheceu as características peculiares dos diferentes tipos de líderes?	C							
Reconhecer políticas de gestão de pessoas.	4	Identificação da importância do planejamento para uma gestão de pessoas eficiente.	5	Descreveu o novo cenário do mundo do trabalho?	C			
				Identificou a importância de uma gestão de pessoas eficiente para o alcance dos objetivos e metas empresariais?	C			
		Definição de perfil por competência profissional.	3	Descreveu o conceito de perfil profissional?	C			
				Aplicou o conceito de perfil profissional por competência nas atividades?	C			
		Aplicação dos subsistemas da gestão de	4	Identificou os subsistemas de gestão de pessoas?	C			

		peçoas.		Aplicou os subsistemas de gestão de peçoas nas atividades propostas?	D			
		Identificação das características necessárias em uma equipe de trabalho.	4	Compreendeu a importância das relações interpessoais para o trabalho em equipe?	C			
				Descreveu ações para resolução de conflitos?	C			
		Aplicação de cálculos para o dimensionamento adequado de uma equipe de trabalho.	4	Identificou a importância e necessidade do dimensionamento adequado da equipe de trabalho?	C			
				Aplicou cálculos para determinar a quantidade necessária de componentes de uma equipe de trabalho?	D			
		Demonstrar consciência de qualidade técnica, com liderança e autonomia.	3	Demonstração de iniciativa e autonomia nas atividades.	4	Apresentou atitude proativa durante as atividades propostas?	C	
Participou de forma coerente das discussões em sala referente aos conteúdos propostos?	D							
Foi assíduo durante a unidade curricular?	D							
Apresentação de planejamento e qualidade na execução das atividades.	4			Executou as atividades com planejamento?	C			
				Desenvolveu as atividades propostas com padrão de qualidade?	D			

Fonte: Próprio autor.

Quadro 42: Situação-Problema utilizada no Avalon para avaliar os alunos da turma do curso Técnico em Redes de Computadores, na disciplina de Fundamentos de eletroeletrônica.

Capacidade	Peso	Critério de Avaliação	Peso	Evidências	Atendimento			
					Crítica ou Desejável	Sim	Em Parte	Não
Identificar instrumentos de medição eletroeletrônico, suas funcionalidades, suas operações e leitura das grandezas elétricas medidas.	4	Reconhecimento das grandezas elétricas.	4	Aprendeu o que é tensão?	C			
				Aprendeu os tipos de corrente CC?	C			
				Aprendeu os tipos de corrente CA?	C			
				Aprendeu o que é resistência?	C			
				Aprendeu identificar os tipos de resistores?	C			
				Aprendeu identificar o valor nominal do resistor pelas cores?	C			
				Aprendeu o que é Lei de ohm?	C			
				Aprendeu o que é potência?	C			
				Aprendeu o conceito de carga elétrica?	C			
				Aprendeu o conceito de eletrização?	C			

				Apreendeu o conceito de condutores?	C			
				Apreendeu o conceito de isolantes?	C			
				Apreendeu o funcionamento do transformador?	C			
				Apreendeu o funcionamento do estabilizador?	C			
				Apreendeu o funcionamento do nobreak?	C			
				Apreendeu o funcionamento dos geradores?	C			
				Apreendeu o funcionamento de aterramento elétrico?	C			
		Realização de cálculos de grandezas elétricas.	5	Realizou os exercícios de tensão?	C			
				Realizou os exercícios de corrente elétrica?	C			
				Realizou os exercícios de resistência?	C			
				Realizou os exercícios de resistores?	C			
				Realizou os exercícios de potência?	C			
				Realizou os exercícios de Lei de ohm?	C			
				Realizou os exercícios de Transformadores?	C			
				Realizou os exercícios de diodo semicondutores?	C			
				Realizou exercícios de diodo Led?	C			
				Realizou as correções dos exercícios?	C			
		Reconhecimento dos tipos de retificação da fonte de alimentação.	4	Explicou a retificação de meia onda?	C			
				Realizou as práticas de retificação de meia onda?	C			
				Realizou as atividades de retificação de meia onda?	C			
				Explicou a retificação de onda completa?	C			
				Realizou as práticas de onda completa?	C			
				Realizou as atividades de retificação de meia onda completa?	C			
				Explicou a retificação de meia onda com filtro?	C			
				Realizou as práticas de meia onda com filtro?	C			
				Realizou as atividades de retificação de meia onda com filtro?	C			
				Explicou a retificação de onda completa com filtro?	C			
				Realizou as práticas de onda completa com filtro?	C			
				Realizou as atividades de retificação de meia onda completa com filtro?	C			
		Definição do tipo de retificação irá se adequar melhor para aquele tipo de equipamento.	4	Definiu o melhor tipo de retificação, para fonte de alimentação?	C			
				Soube definir de forma clara e objetiva a importância da retificação na fonte de alimentação?	C			
		Observação dos valores especificados dos componentes	4	Identificou as grandezas elétricas para realização dos cálculos?	C			
				Realizou os cálculos necessários para dimensionar uma	C			

				fonte de alimentação?				
				Soube identificar as especificações dos componentes?	C			
				Soube identificar o resistor através das cores?	C			
Reconhecer os princípios da eletroeletrônica que impactam a montagem e a manutenção de máquinas e redes de computadores.	5	Realização dos cálculos corretamente, conforme a especificação do equipamento.	4	Especificou através de cálculos os valores de cada componente do esquema elétrico?	C			
				Especificou as unidades de medidas corretamente?	C			
		Realização do esquema elétrico com a simbologia dos componentes corretamente, conforme a NBR 12.526.	5	Demonstrou conhecimento referente à simbologia dos componentes eletrônicos?	C			
				Desenhou todos os componentes conforme a norma técnica?	C			
		Realização do desenho totalmente alinhado.	5	Deixou os componentes e linhas do esquema elétrico alinhados?	D			
				Realizou o esquema do circuito elétrico de forma clara e organizada?	C			
				Especificou os valores dos componentes no esquema elétrico?	C			
		Organização de todos os componentes dispostos na montagem do circuito eletrônico.	4	Montou o circuito de forma clara e organizada?	C			
				Organizou as ferramentas necessárias para realização do circuito?	D			
				Soube identificar os terminais dos componentes?	C			
		Funcionamento da fonte de alimentação.	4	Demonstrou conhecimento, em relação, a polaridade dos componentes eletrônicos?	C			
				Verificou o valor de tensão alternada na entrada da fonte de alimentação?	C			
				Verificou o valor de tensão contínua antes do regulador de tensão?	C			
				Verificou o valor de tensão contínua na saída da fonte de alimentação?	C			
				Verificou toda a continuidade do circuito eletrônico?	C			
				Analisou as possíveis falhas que o circuito venha a apresentar?	C			
Reconhecer o conceito e a importância da qualidade nas rotinas de trabalho.	3	Participação nos processos de aprendizagem.	4	Aprendeu a função de cada componente na fonte de alimentação?	C			
				Soube utilizar todos os aparelhos de medição?	C			
				Foi participativo nos debates de aula?	C			
				Não atrapalhou as aulas conversas paralelas?	C			
		Demonstração de comprometimento	5	Foi participativo nas atividades?	C			
				Preencheu diariamente a ficha de acompanhamento?	C			
				Realizou todas as atividades na unidade?	C			

		com a unidade.		Realizou as pesquisas requisitadas em aula?	C			
Apresentar comportamento ético no desenvolvimento das atividades sob a sua responsabilidade.	3	Execução das atividades práticas.	4	Demonstrou ser proativo nas atividades práticas?	C			
				Demonstrou interesse nas atividades práticas?	C			
		Realização das atividades em dupla.	1	Demonstrou ter bom relacionamento com as outras pessoas?	C			
				Demonstrou saber trabalhar em equipe?	D			
		Apresentação de bom comportamento.	5	Não comeu ou fez algum tipo de lanche dentro da sala?	C			
				Demonstrou respeito ao instrutor e aos colegas de sala?	C			
		Manutenção de postura profissional na sala de aula.	5	Apresentou postura profissional em sala de aula?	C			
Manteve boa postura profissional nas atividades fora da sala de aula?	C							
Reconhecer situações de risco à saúde e segurança do trabalhador e as diferentes formas de proteção a esses riscos.	4	Utilização de ferramentas, instrumentos e computadores de forma correta.	3	Utilizou todas as ferramentas e instrumentos corretamente?	C			
				Utilizou todas as ferramentas e instrumento com zelo para evitar danos?	C			
		Utilização dos materiais nas montagens de forma correta.	5	Utilizou o material de forma coerente evitando desperdícios?	C			
				Reutilizou as práticas com os materiais de forma consciente?	D			

Fonte: Próprio autor.