

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE**

**RAFAEL MARIN MACHADO DE SOUZA**

**STIMA : SISTEMA TUTOR INTELIGENTE MULTIAGENTE  
PARA EDUCAÇÃO FINANCEIRA DE ADULTOS NO  
BRASIL**

São Paulo  
2021

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO**

**Rafael Marin Machado de Souza**

**STIMA : SISTEMA TUTOR INTELIGENTE MULTIAGENTE  
PARA EDUCAÇÃO FINANCEIRA DE ADULTOS NO  
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Presbiteriana Mackenzie como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor.

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Pollyana Coelho da Silva Notargiacomo**

São Paulo  
2021

S719s Souza, Rafael Marin Machado de  
STIMA: sistema tutor inteligente multiagente para educação financeira  
de adultos no Brasil / Rafael Marin Machado de Souza

108 f.: il.; 30 cm  
Bibliografia: f. 84-94

Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Computação) – Universidade  
Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021.

Orientador: Prof. Dra. Pollyana Coelho da Silva Notargiacomo

1. Inteligência Artificial 2. Sistemas tutores inteligentes multiagentes 3.  
Mineração de dados 4. Redes Bayesianas determinísticas, 5. Educação  
Financeira I. Notargiacomo, Pollyana Coelho da Silva *Orientador.* II. Título.

CDD 006.3

## Folha de Identificação da Agência de Financiamento

**Autor:** RAFAEL MARIN MACHADO DE SOUZA

**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em** Engenharia Elétrica e Computação

**Título do Trabalho:** STIMA : SISTEMA TUTOR INTELIGENTE MULTIAGENTE PARA EDUCAÇÃO FINANCEIRA DE ADULTOS NO BRASIL

O presente trabalho foi realizado com o apoio de <sup>1</sup>:

- ☒ CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- ☐ CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- ☐ FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- ☐ Instituto Presbiteriano Mackenzie/Isenção integral de Mensalidades e Taxas
- ☒ MACKPESQUISA - Fundo Mackenzie de Pesquisa
- ☐ Empresa/Indústria:
- ☐ Outro:

<sup>1</sup> **Observação:** caso tenha usufruído mais de um apoio ou benefício, selecione-os.

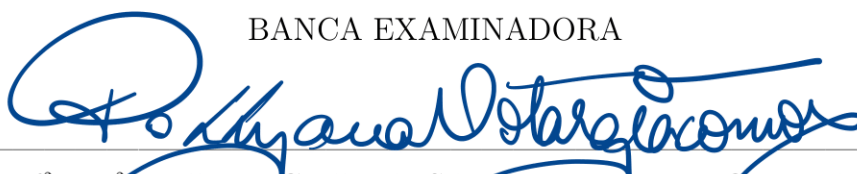
Rafael Marin Machado de Souza

**STIMA : SISTEMA TUTOR INTELIGENTE MULTIAGENTE PARA  
EDUCAÇÃO FINANCEIRA DE ADULTOS NO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Presbiteriana Mackenzie como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor.

Aprovado em 09 de Agosto de 2021.

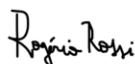
BANCA EXAMINADORA



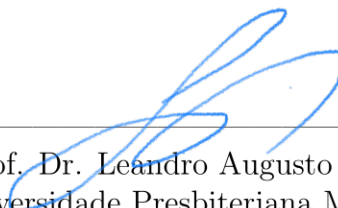
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Pollyana Coelho da Silva Notargiacomo - Orientadora  
Universidade Presbiteriana Mackenzie



Prof. Dr. Alexandre Cardoso  
Universidade Federal de Uberlândia



Prof. Dr. Rogério Rossi  
Universidade Nove de Julho



Prof. Dr. Leandro Augusto da Silva  
Universidade Presbiteriana Mackenzie



Prof. Dr. Leandro Nunes de Castro Silva  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

*Ao meu amado avô Alfredo Rosa,  
que ele esteja fazendo uma festa com  
todos os seus familiares no céu.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Fidelcino Machado e Suzan Valéria Marin, que com muito esforço e todo o amor me deram suporte e apoio para chegar a este momento.

À minha irmã Stella Marin por tantas vezes me auxiliar em revisões de trabalhos para eu poder prosseguir com minha pesquisa.

Aos meus irmãos Renato Machado e Mauricio Machado que torceram pelo meu êxito nestes anos.

Aos meus avós, Alfredo Rosa e Iolanda Romio, que com todo carinho acreditaram em mim e me auxiliaram.

À minha amada esposa Geiza, que com toda a compreensão, paciência, carinho e dedicação me ajudou, me deu força e estímulo para seguir neste caminho.

Às minhas princesas Alice e Clara que com muito orgulho vejo seguir meus passos.

À André Massaro, educador financeiro da bolsa de valores de São Paulo, que com seu jeito descontraído muito me ensinou sobre finanças.

À todos os professores do programa de Pós-Graduação do Mackenzie que compartilharam seus conhecimentos comigo.

À professora doutora Pollyana Coelho da Silva Notargiacomo que acreditou em mim ao me aceitar no programa, e que mesmo doente se esforçou para me auxiliar com o pedido de bolsa de mestrado. E que durante todo o tempo tem me demonstrado sua dedicação pelo meu aprendizado nestes anos.

Aos integrantes da banca examinadora, professor doutor Alexandre Cardoso, professor doutor Rogério Rossi, professor doutor Leandro Augusto da Silva, e também ao professor doutor Leandro Nunes de Castro, que compartilharam seus conhecimentos comigo durante minha trajetória no programa em prol da melhoria desta pesquisa.

E ao instituto MackPesquisa e à CAPES pela bolsa de estudos que tornou possível a conclusão desta tese.

*Se o dinheiro for a sua esperança de independência,  
você jamais a terá. A única segurança verdadeira  
consiste numa reserva de sabedoria, de experiência  
e de competência.  
Henry Ford*



## RESUMO

Dados da Estratégia Nacional de Educação Financeira (ENEF) mostram uma evolução no público-alvo atingido desde seu lançamento em 2010. Este agora considera adultos, e mesmo que sendo somente mulheres beneficiárias do programa Bolsa-Família e aposentados dependentes de previdência social, já demonstra uma preocupação inicial em atingir públicos diferentes de alunos em idades escolares. Para isso o programa utiliza-se de Educação a Distância (EaD), disponibilizado em seu site treinamentos e ações *in-loco* com a semana ENEF. Porém, os dados de evolução da educação financeira no país conflitam quando comparados a dados de endividamento publicados pela Confederação Nacional do Comércio (CNC). Com isso, este trabalho busca utilizar uma abordagem ativa para educação financeira de forma a inferir sobre as finanças dos usuários, diretamente a partir dos dados de suas receitas e despesas, a fim de auxiliá-los de forma constante em suas escolhas de consumo. Isso envolve uma abordagem relacionada a Sistemas baseados em conhecimento e Técnicas de Mineração de Dados, de tal forma que, complementarmente às ações da ENEF, busca-se instituir uma ferramenta para a melhoria financeira contínua. O modelo apresentado utiliza-se da orquestração entre múltiplos agentes de software para combinar redes Bayesianas determinísticas à arquitetura de sistemas tutores inteligentes. Para isso, foi desenvolvida uma linguagem interpretada capaz de interligar nós e indicadores configurados por especialistas às respostas dadas aos usuários para definir o perfil e um padrão de ensino. Um sistema foi construído para testar as funcionalidades comentadas e possibilitou a validação do funcionamento do modelo. A partir de testes unitários baseado em cargas aleatórias controladas a uma base de dados foi possível medir a performance e a acurácia do modelo. Para os testes integrados, um usuário foi acompanhado por um período de quatro meses a fim de testar as funcionalidades do sistema que se demonstrou capaz de alterar hábitos de consumo dos usuários a partir do segundo mês de utilização.

**Palavras-chave:** *Inteligência Artificial, Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes, Mineração de Dados, Redes Bayesianas Determinísticas, Educação Financeira*

## ABSTRACT

Data from the National Strategy for Financial Literacy (ENEF) show an evolution in the target audience since its creation in 2010. It now considers adults, and even though being only women beneficiaries of the Bolsa-Familia program and retirees dependent on social security, it already demonstrate an initial concern to reach different audiences than students of school age. To this end, the program uses on-line learning (EaD), available on its website training and actions on-site with the ENEF week. However, data on the evolution of financial literacy in the country conflict when compared to debt data published by the National Confederation of Commerce (CNF). Thus, this work seeks to use an active approach to financial education in order to infer about users' finances, directly from their income and expenses data, helping them in their consumption choices. This involves an approach related to knowledge-based Systems and Data Mining Techniques, in such a way that, in addition to ENEF's actions, it seeks to institute a tool for continuous financial improvement. The presented model uses the orchestration between multiple software agents to combine deterministic Bayesian networks to the architecture of intelligent tutoring systems. For this, an interpreted language was developed capable of interconnecting nodes and indicators configured by experts to the answers given to users to define the profile and a teaching standard. A system was built to test the features discussed, which enabled the validation of the model's operation. From unit tests based on controlled random loads to a database, it was possible to measure the performance and accuracy of the model. For the integrated tests, a user was followed for a period of four months to test the system's functionalities, which proved capable of changing users' consumption habits from the second month of use onwards.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Multiagent Intelligent Tutoring Systems, Data Mining, Bayesian Networks, Financial Literacy

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>10</b>
2.1	Inteligência Artificial . . . . .	10
2.2	SISTEMAS INTELIGENTES . . . . .	13
2.3	SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO . . . . .	18
2.4	MINERAÇÃO DE DADOS . . . . .	22
2.5	REDES BAYESIANAS . . . . .	26
2.6	ENGENHARIA DE SOFTWARE . . . . .	27
2.7	EDUCAÇÃO FINANCEIRA . . . . .	34
2.8	TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .	40
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>45</b>
3.1	ANÁLISE DE REQUISITOS . . . . .	45
3.2	MODELO STIMA . . . . .	47
3.3	SISTEMA STIMA . . . . .	60
3.3.1	AGENTE ESPECIALISTA (StimaExpert) . . . . .	62
3.3.2	AGENTE ESTUDANTE (StimaESTUD) . . . . .	66
3.3.3	AGENTE TUTOR (StimaTUTOR) . . . . .	66
3.3.4	STIMA FINANCIAL TRACKER . . . . .	69
<b>4</b>	<b>TESTES E RESULTADOS</b>	<b>72</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>81</b>
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	94

# Lista de Figuras

1.1	Dados do evento Semana ENEF desde seu lançamento em 2014 . . . . .	1
1.2	Dados da Semana Enef . . . . .	2
1.3	Personas identificadas no publico-alvo ENEF adulto (Aposentados/Mulheres)	3
1.4	Dados de Endividamento e Inadimplência de consumidores brasileiros de Janeiro de 2010 a janeiro de 2018 . . . . .	4
1.5	Dados de Endividamento em 2019 . . . . .	5
1.6	Dados de Endividamentos em 2020 . . . . .	5
1.7	Captação da Poupança entre 2008-2017 (milhões de Reais) . . . . .	6
1.8	Captação da Poupança entre 2012-2020 (em milhões de Reais) . . . . .	6
2.1	Geração de Conhecimento . . . . .	14
2.2	Subdivisões da área de Inteligência Artificial até STI . . . . .	19
2.3	Esquema da Arquitetura de SBC . . . . .	20
2.4	Arquitetura STI Multiagente . . . . .	21
2.5	Processo de descoberta de conhecimento em base de dados . . . . .	23
2.6	Exemplo de Rede Bayesiana . . . . .	27
2.7	Metas de aprendizagem ENEF . . . . .	35
2.8	Temas relacionados a educação financeira . . . . .	36
2.9	Competências relacionadas a educação financeira . . . . .	37
2.10	Pirâmide das necessidades motivacionais de Maslow . . . . .	39
3.1	Diagrama de Casos de Uso do sistema STIMA . . . . .	46
3.2	Diagrama de Componentes do Modelo STIMA . . . . .	49
3.3	Analisador sintático em funcionamento . . . . .	51
3.4	Funcionamento isolado do Agente RuleInterpreter . . . . .	53
3.5	Validação Sintática . . . . .	54
3.6	Avaliador Léxico e Semântico . . . . .	55

3.7	Modelo de Armazenamento de conhecimento utilizado . . . . .	57
3.8	Base de Dados de Domínio . . . . .	60
3.9	Base de Dados de Perfil . . . . .	61
3.10	Agente Integrador de Interfaces (StimaEF) . . . . .	62
3.11	Interface do Agente Especialista (StimaExpert) . . . . .	63
3.12	Interface Especialista para Indicadores . . . . .	63
3.13	Interface Especialista para Indicadores por Perfil . . . . .	64
3.14	Interface Especialista para Planos de Contas . . . . .	65
3.15	Interface Especialista para Limitadores por Perfil . . . . .	66
3.16	Forum entre estudantes e tutores Stima . . . . .	67
3.17	Apresentação de Indicadores aos Estudantes . . . . .	67
3.18	Respostas as perguntas de Estudantes . . . . .	68
3.19	Personalização de Contas para Estudantes . . . . .	69
3.20	Configuração do usuário . . . . .	70
3.21	Controles automatizados . . . . .	71
4.1	Inicialização das Respostas Aleatórias em Excel . . . . .	72
4.2	Distribuição de Frequências de Estudantes por Perfis . . . . .	73
4.3	Avaliação de Perfis dos testes Unitários . . . . .	74
4.4	Fluxo de Sequência de Interações dos Atores . . . . .	75
4.5	Cadastramento dos indicadores e perfis realizados com auxilio Especialista	76
4.6	Rede Bayesiana Configurada por especialistas . . . . .	79

# Lista de Tabelas

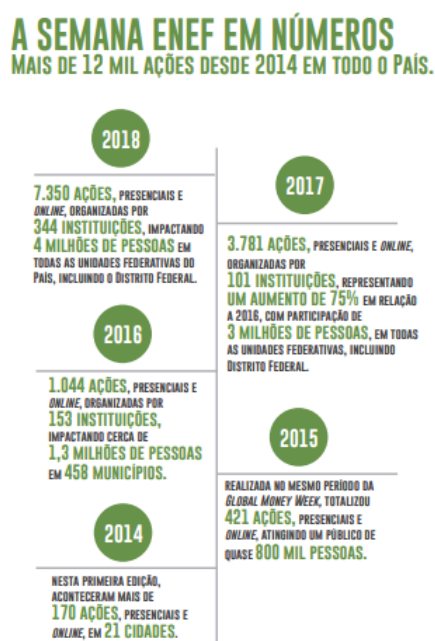
1.1	Requisitos da Pesquisa . . . . .	7
2.1	Definições de Inteligência Artificial . . . . .	11
2.2	Descrição PEAS de um agente de software (BOT) . . . . .	15
2.3	Padrões de Interação em ambientes multiagentes . . . . .	18
2.4	Nós e Variáveis da rede Bayesiana . . . . .	28
2.5	Adaptação às lições sobre poupança, consumo e dívida aos padrões individualizados . . . . .	39
2.6	Termos de Pesquisa . . . . .	41
2.7	Critérios de inclusão e exclusão aplicados aos resultados de pesquisa . . . .	42
2.8	Pesquisa realizada com período entre janeiro 2019 a junho 2020 . . . . .	43
3.1	Descrição PEAS do agente RuleInterpreter . . . . .	52
3.2	Representação da Memória de trabalho utilizada pelo avaliador Léxico . . .	55
4.1	Indicadores dos Perfis de 1 a 4. . . . .	76
4.2	Indicadores dos Perfis de 5 a 8. . . . .	77
4.3	Planos de Contas e Limitadores para Estudantes com Estado Civil “Casado”	78
4.4	Planos de Contas para Estudantes com Estado Civil “Solteiro”, “Divorciado” ou “Viúvo” . . . . .	78

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

Dados disponibilizados pela AEF-Brasil (2018) (Associação de Educação Financeira do Brasil) em parceria com a Estratégia Nacional de Educação Financeira (ENEF, 2010) mostram crescimentos exponenciais, como pode-se notar nos dados da figura 1.1 a seguir, das ações realizadas em nível nacional sobre o tema, chegando à marca de quatro milhões de pessoas alcançadas em 2018 somente no evento semana ENEF, número apontado como um marco para o tema no país que possui iniciativas iniciadas desde 2011.

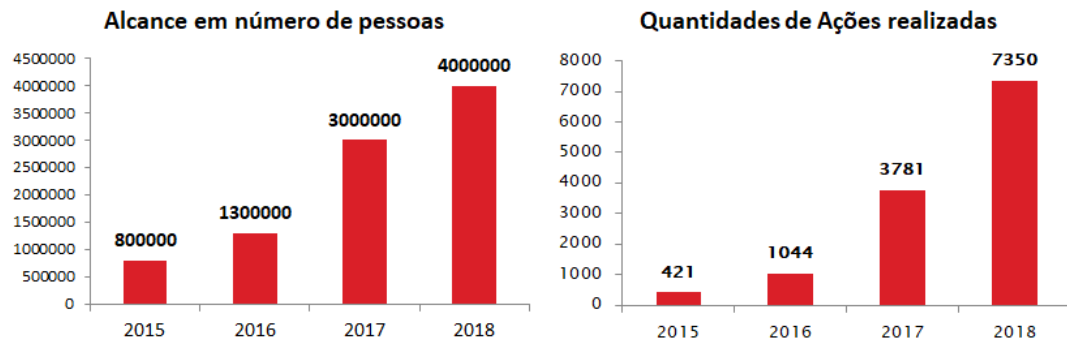
Figura 1.1: Dados do evento Semana ENEF desde seu lançamento em 2014



Fonte: AEF-Brasil (2018, p. 25)

Os dados apresentados mostram uma crescente linear de participantes e uma crescente exponencial de eventos relacionados à educação financeira no período, como pode ser visto na figura 1.2.

Figura 1.2: Dados da Semana Enef



Fonte: AEF-Brasil (2019)

A associação compõe o quadro de instituições que apoiam o governo federal na estratégia nacional, no chamado ecossistema da educação financeira, composta por ENEF (Estratégia Nacional de Educação Financeira), uma política de estado para disseminar o tema pelo país instituída pelo decreto-lei 7397/2010. A estratégia, desde seu início, está sob direção do CONEF (Comitê Nacional de Educação Financeira) composta por 13 (treze) instituições públicas e privadas, conforme seguem:

- Banco Central do Brasil (BACEN)
- Comissão de Valores Mobiliários (CVM)
- Superintendência Nacional de Previdência Complementar (PREVIC)
- Superintendência de Seguros Privados (SUSEP)
- Ministério da Economia
- Ministério da Educação
- Ministério da Justiça e Segurança Pública
- Anbima

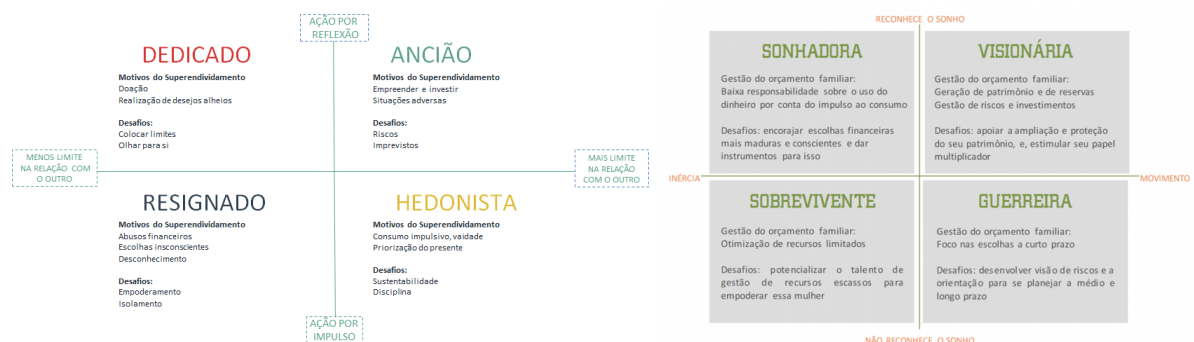


- B<sup>3</sup> - Brasil Bolsa Balcão
- CNSeg
- Consed
- Febraban
- Sebrae

Criada em 2011 pela ANBIMA, B3 e CNSeg, a AEF-Brasil, a AEF-Brasil é uma sociedade civil de interesse público, com convênio firmado com a CONEF desde 2012, fecha o ciclo de organizações com enfoque em ações sobre educação financeira ligadas ao governo federal (AEF-BRASIL, 2018).

Desde um levantamento realizado em Souza (2016), o programa passou a dar suporte a adultos por meio EAD na plataforma online Vida e Dinheiro (ENEF, 2010), com cursos online sobre poupança, controle orçamentário, dívidas, créditos, previdência. O público-alvo desta plataforma está em mulheres beneficiárias do programa bolsa-família e beneficiários da previdência social. Para isso, o programa definiu um padrão de perfis para cada público-alvo, num formato parecido ao utilizado por Bartle (1996), que define eixos para eventos e quadrantes para os perfis, como pode ser visto na figura 1.3.

Figura 1.3: Personas identificadas no público-alvo ENEF adulto (Aposentados/Mulheres)

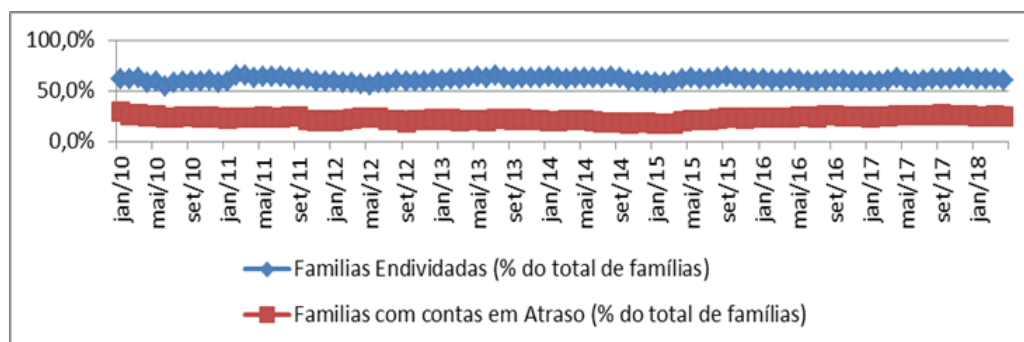


Fonte: AEF-Brasil (2019)

Embora o destaque ao sucesso numérico destas ações dadas pelas instituições que as desenvolvem, os dados apresentados não possuem suporte ou confirmação quando comparados a dados de mercado.

Dados da Confederação Nacional do Comércio (CNC, 2018) que colocam em questão a efetividade destas ações, tendo em vista que, conforme levantamentos realizados pela organização não há alteração na tendência central de endividamentos familiares no período total de existência da ENEF, como pode ser visto na imagem 1.4.

Figura 1.4: Dados de Endividamento e Inadimplência de consumidores brasileiros de Janeiro de 2010 a janeiro de 2018



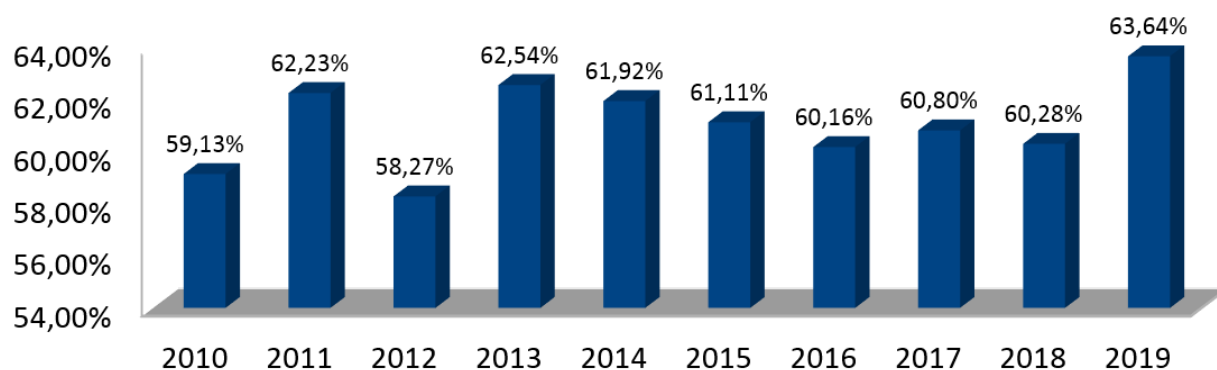
Fonte: CNC (2018)

Isso é reforçado quando os dados de 2019 e 2020 são analisados. Dados do início e decorrer da pandemia de COVID-19, mostram que uma das metas da educação financeira básica, a mudança de hábitos de consumo para permitir a formação de uma reserva para emergências, não era realizada. Pois neste cenário de pandemia de Coronavírus vivenciado em 2020, caso a observância a estes ensinamentos tivesse sido efetiva e a reserva para emergências tivesse sido realizada com sucesso, o número de famílias endividadas teria, pelo menos, se mantido o mesmo que de períodos anteriores, o que não ocorreu em 2019 como pode ser visto na figura 1.5.

Ao avaliar os meses de Março a Setembro de 2020, em que as ações de saúde relacionadas a epidemia de covid-19 estavam mais restritivas, como pode ser visto na figura 1.6, a média anual que estava em 61% passou a ser de 67% para o período, sendo que em junho de 2020, mais de um quarto deste endividados (25.4%) possuíam dívidas em atraso e 11.4% não tinham condições de quitá-las (CNC, 2020). Em Setembro este número aumentou para 26.5% das famílias possuíam dívidas em atraso e 12% não conseguiriam pagá-las (CNC, 2020a).

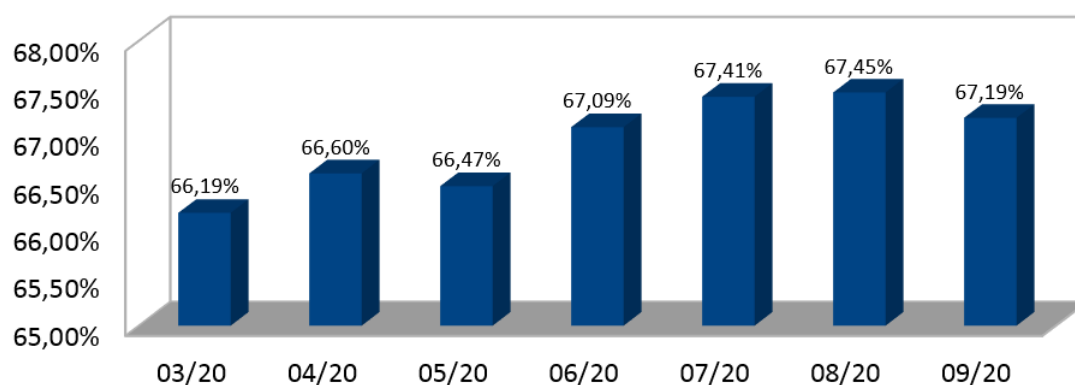
Uma pesquisa realizada pelo Serviço de Proteção ao Crédito do país - SPC Brasil - revelou que 8 em cada 10 inadimplentes sofrem de impactos emocionais negativos por

Figura 1.5: Dados de Endividamento em 2019



Fonte: CNC (2020a)

Figura 1.6: Dados de Endividamentos em 2020



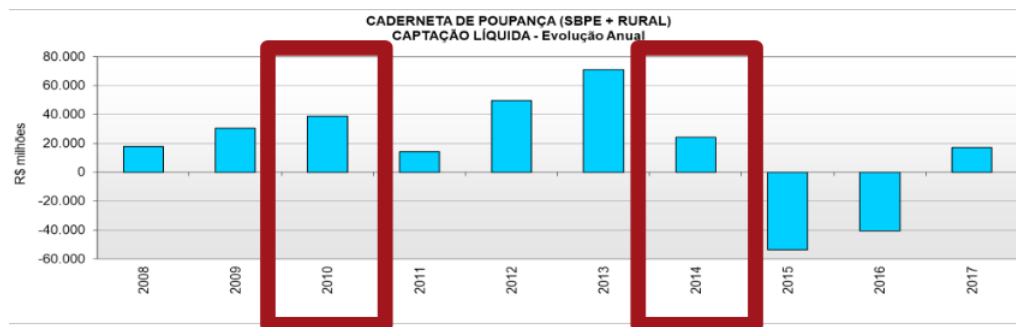
Fonte: CNC (2020a)

conta das dívidas, dentre os pesquisados, 63% revelam problemas de ansiedade, 43% apresentaram alterações de sono e 25% relataram distúrbios de consumo (SPC, 2020). Isso relaciona as finanças / não somente a economia de um país, mas também problemas de saúde pública, como também já foi discutido por Taylor, Jenkins e Sacker (2011).

Outro ponto importante a se considerar está no padrão de comportamento dos brasileiros. Este mostra que existem traumas psicológicos ocasionados na população do país originados de uma época de economia conturbada da nação, como pode ser visto na figura 1.7, a seguir. O plano Collor, como é conhecido o plano Brasil Novo, colocado em prática como política de estabilização econômica na década de 90 pelo então presidente Fernando Collor de Mello e tinha como meta estabilizar a inflação com a redução de consumo,

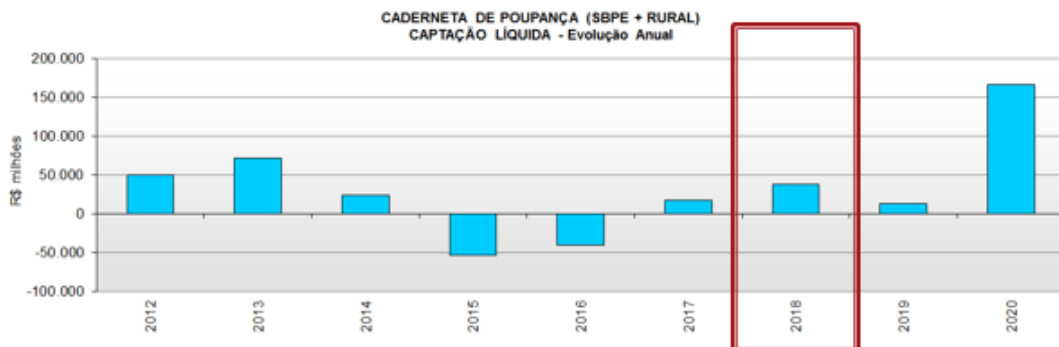
porém, para atingir essa meta o governo da época bloqueou a liquidez do país a partir do bloqueio de bens da população (CARVALHO, 2006). Este plano entrou em vigor no primeiro ano de governo, por isso, os brasileiros relacionam até hoje, mais de 30 anos depois, as eleições presidenciais e trocas de governos federais com o bloqueio de liquidez e o confisco de contas poupança. Com isso, a cada 4 anos (tempo em que acontecem as eleições presidenciais no Brasil), nota-se uma retirada massiva das contas poupança ou mesmo uma redução considerável dos valores direcionados a esta reserva, como pode ser visto na figura 1.7. A marcação mostra o ano em que ocorrem as eleições, nota-se que no ano seguinte a captação das poupanças possuem níveis baixos ou negativos (retiradas acima de depósitos), como ocorreu entre os anos de 2014 e 2015 (BACEN, 2020). Dados de 2021, presentes na figura 1.8, reforçam esta afirmação uma vez que o padrão voltou a ocorrer também em 2018.

Figura 1.7: Captação da Poupança entre 2008-2017 (milhões de Reais)



Fonte: Bacen (2020)

Figura 1.8: Captação da Poupança entre 2012-2020 (em milhões de Reais)



Fonte: Bacen (2021)

Tendo isso em vista, nota-se a necessidade de uma abordagem ativa para ensino e acompanhamento de educação financeira. A abordagem demonstrada neste trabalho visa utilizar técnicas de Inteligência Artificial para captar dados de gastos dos usuário e, baseado em conhecimentos de especialistas, inferir ao usuário quais as melhores possibilidades de emprego para o dinheiro. Para tanto, elencou-se alguns requisitos que norteiam a busca por técnicas relacionadas, como pode ser visto na tabela 1.1.

Tabela 1.1: Requisitos da Pesquisa

Requisito	Descrição
RQ1	A construção de poupança para reserva de emergências é relacionada a um risco de perda dos montantes investidos, portanto o sistema deve criar demonstrar a melhor forma de fazer uma reserva de valores de acordo com o perfil do usuário.
RQ2	A tarefa de manter um plano de contas atualizado é considerada difícil por demandar tempo e pode possuir múltiplas origens. Um usuário pode desistir durante o processo devido sua complexidade, portanto o sistema deve criar formas de automatiza-la.
RQ3	Profissionais que realizam planejamentos e acompanhamentos financeiros pessoais (CFP) não são acessíveis a toda população, devido a demanda e a oferta. Portanto, o sistema deve possuir formas de adquirir conhecimento destes especialistas para distribuí-lo gratuitamente e em escala, dando autonomia aos estudantes.

A partir deles, foi empregado o método DSR (*Design Science Research*) para condução desta pesquisa, que prevê o desenvolvimento de entregáveis práticos por meio da construção de artefatos. Para isso define passos de execução do processo, que podem ser comparados aos quatro passos iniciais da engenharia de software (requisitos, *design*, construção e testes) adicionando considerações ao processo como pode ser visto (BASKERVILLE et al., 2018, p. 365):

1. Identificação do Problema (*Awareness of Problem*): Origens identificadas por meio da análise de dados empíricos ou de estudos de casos.
2. Sugestão (*Suggestion*): Hipótese de solução desenvolvida por meio da comparação com os casos analisados.
3. Desenvolvimento (*Development*): Embasamento teórico e desenvolvimento da solução proposta.

4. Avaliação (*Evaluation*): Levantamento e demonstração dos dados do artefatos disponíveis para análise.
5. Conclusão (*Conclusion*): Considerações realizadas nos dados da avaliação coletados e possíveis trabalhos futuros.

Seguindo este modelo, a hipótese fundamental desta tese, considerando o cenário e os problemas apresentados em forma de requisitos anteriormente, é que a combinação de técnicas de Inteligência Artificial, mais precisamente regras de associação e mineração de textos numa arquitetura multiagentes, podem proporcionar tanto o ensino de educação financeira básica quanto o acompanhamento ativo de finanças pessoais.

O modelo proposto deve ser capaz de adquirir conhecimentos especialistas para execução das tarefas comentadas e deve servir como base para um sistema que demonstrará estas funcionalidade. O sistema deve também ser capaz de considerar as nuances financeiras individuais auxiliando os estudantes a organizar suas finanças pessoais a ponto de iniciar uma reserva para emergências.

Para isso, o conhecimento de especialistas em educação financeira deve ser adquirido pelo sistema para que seja possível definir um caminho de aprendizado para os estudantes de forma a considerar seu estilo de vida. Isso envolve identificar seu padrão de vida por meio de variáveis definidas pelos especialistas para que um perfil seja definido, e com isso um sequenciamento de ensinamentos relacionados a finanças pessoais ligadas diretamente esse perfil seja oferecido, sempre considerando a individualidade pessoal, uma vez que os perfis por si só não são capazes de definir uma pessoa como um todos, por isso o modelo proposto deve incluir formas de personalizar os ensinamentos a nível individual.

Como objetivo geral a ser seguido nos próximos capítulos está avaliar a combinação da arquitetura de sistemas baseados em conhecimentos com técnicas relacionadas a mineração de dados, para verificar formas de utilização em relação ao ensino de educação financeira básica e o acompanhamento financeiro constante do usuário. Desta forma, sendo possível implementar um modelo de ferramenta que possibilite a aquisição de conhecimento de profissionais de planejamento financeiro para o ensino de educação financeira (RQ3), e o acompanhamento ativo das finanças dos usuários utilizando os conceitos apresentados RQ2). Esta combinação deve ser realizada com intuito de auxiliar a tomada de decisão

de consumo por meio de soluções baseadas em Inteligência Artificial , que será distribuída gratuitamente utilizando do auxílio de profissionais voluntários (RQ3) e que possa demonstrar o valor intrínseco relacionado a uma reserva de emergência para seus usuários (RQ1).

A estrutura deste documento ordena os passos comentados para a *DSR* por meio de capítulos. Para realização do passo 1 (identificação) os problemas foram elencados até aqui. Para o passo 2, no capítulo 2 é realizado um levantamento de trabalhos relacionados e técnicas utilizadas para realizar os objetivos comentados, que utiliza-se de técnicas de mineração de dados adicionadas a sistemas tutores inteligentes multiagentes e as abordagens de educação financeira utilizada no país. No capítulo 3 é demonstrado o modelo e também o desenvolvimento de um sistema utilizando-o. No capítulo 4 os testes unitários e integrados são realizados no sistema desenvolvido apontando sua acurácia e performance e, por fim, no capítulo 5, as contribuições deste trabalho são discutidos nas conclusões.

# Capítulo 2

## REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Inteligência Artificial

Russell e Norvig (2010) dividem a área de Inteligência Artificial em oito definições específicas, todas demonstradas na tabela 2.1 a seguir, e são organizadas em quatro subáreas endereçadas a processos do pensamento (raciocínio), comportamento (formas de agir), performance humana (*human performance*) e racionalidade (medidas ideais de performance) estas definições podem ser vistas na tabela 2.1.

Como pode ser visto, os autores dividem a área de Inteligência Artificial em quatro subáreas, a primeira (pensar humanamente) trata de modelos relacionados a processos cognitivos, na área da ciência cognitiva para junto com a área de psicologia, construir modelos de funcionamento da mente humana. Na segunda área (Agir Humanamente) os autores definem conter subáreas de estudos que permitem as máquina agir como seres humanos, como *machine learning* e processamento de linguagem natural. Na terceira área está o pensar racionalmente, representada pelas área da lógica, como a lógica de predicados. E a quarta área (Agir Racionalmente), explica o funcionamento de agentes de Inteligência Artificial para inferência comportamental, por meio de aprendizado para, como eles dizem, **“melhorar nossa capacidade de produzir comportamentos efetivos”** (RUSSELL; NORVIG, 2010, p. 4).

Complementarmente a estas definições, Bittencourt (2006) determina que o objetivo central da Inteligência Artificial é ao mesmo tempo teórico e prático, pois possibilita a



Tabela 2.1: Definições de Inteligência Artificial

	Humanamente	Racionalmente
<b>Pensar</b>	“O emocionante novo esforço para fazer computadores pensarem... Maquinas com mentes, em seu sentido completo e literal.” (HAUGELAND, 1985)	“O estudo das faculdades mentais por meio do uso de modelos computacionais.” (CHARNIAK; MCDERMOTT, 1985).
	A automação de atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como tomadas de decisões, resolução de problemas, aprendizado ...” (BELLMAN, 1978)	“O estudo dos modelos computacionais que possibilitam perceber, raciocinar e agir.” (WINSTON, 1991)
<b>Agir</b>	“A arte de criar maquinas que executam funções que requerem inteligência quando realizadas por pessoas” (KURZWEIL, 1991)	“Inteligência computacional é o estudo do design de agentes inteligentes” (POOLE; MACKWORTH; GOEBEL, 1998)
	“O estudo de como fazer computador executar coisas, que até então, pessoas são melhores.” (RICH; KNIGHT, 1991)	“IA é concebida para comportamentos inteligentes em artefatos.” (NILSSON, 1998)

**Fonte:** Russell e Norvig (2010, p. 5)

criação de modelos para as capacidades cognitivas dos seres humanos, ao mesmo tempo que possibilita o desenvolvimento desses modelos em algoritmos computacionais para que as máquinas possam realizar tarefas da forma mais autônoma possível (TADEUSIEWICZ, 2011). Artero (2008) demonstra a interdisciplinaridade ao definir como conjunto de conhecimentos vindo de áreas como computação, com matemática e lógica e outras áreas distintas como psicologia e mesmo a biologia (QUILICI-GONZALES; ZAMPIROLI, 2014). Historicamente, Inteligência Artificial é dividida pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) (ARTERO, 2008) em três épocas:

- Época Clássica (1956 a 1970): Em que o objetivo principal era simular a inteligência humana, época em que foi cunhado o termo GPS (*General Problem Solver*), que tem-se atualmente como representante o software Watson da IBM (IBM, 2019).
- Época Romântica (1970-1980): Simulação de comportamentos humanos em diferentes situações, se atendo a resolver estes problemas específicos e não mais ao processo geral como a época anterior.

- Época Moderna (1980-1990) que visa criar ferramentais para os diversos tipos de sistemas especialistas.

Atualmente (1990-2021) a aprendizagem de máquina permite aplicações práticas de Inteligência Artificial como carros autônomos, assistentes por voz em *smartphones* e televisores, visão computacional para reconhecimento de padrões em fotos e vídeos, sistemas de recomendações financeiras, avaliação de trânsito, entre outros (HAENLEIN; KAPLAN, 2019).

Estas datas têm suporte na linha do tempo desenvolvida por Russell e Norvig (2010), em que o início da Inteligência Artificial se dá em 1956. Ano em que o *Workshop* de Dartmouth, evento em si não trouxe nenhuma tecnologia disruptiva, segundo Russell e Norvig (2010), mas serviu para reunir as maiores personalidades da área, como Minsky, responsável por desenvolver o modelo de neurônio artificial conhecido como *Perceptron*, e também de cunhar o termo “Inteligência Artificial” utilizado pela primeira vez no *statement* do evento.

Mesmo o início oficial da área sendo em 1956, sua “gestação” (termo usado por Russell e Norvig (2010)) se dá entre 1943 e 1955, iniciando pelo trabalho de McCulloch e Pitts (1943), que utilizando-se das bases fisiológicas do funcionamento de um neurônio biológico, construíram um modelo matemático capaz de simular a resolução de alguns problemas matemáticos. O trabalho também sugere que este modelo pode aprender se ligados em redes, este modelo teve uma atualização importante em 1949, em que Donald Hebb propõe a atualização que modifica a força da conexão entre os neurônios (*bias*), e em 1950 Marvin Minsky e Dean Edmonds constroem a primeira rede neural artificial. Neste mesmo ano o icônico artigo de Allan Turing chamado de *Computer Machinery and Intelligence* (TURING, 1943) propõe o *imitation game*, em que desenvolve um teste para avaliação de Inteligência Artificial utilizado até hoje.

Um ponto a ser destacado na *timeline* desenvolvida por Paul Marsden (MARSDEN, 2019), está no momento histórico do “Inverno da Inteligência Artificial”, que se inicia após a publicação de um artigo por Papert e Minsky expondo as limitações das redes neurais para soluções não lineares (PAGARIYA; BARTERE, 2013). Este artigo praticamente estagnou novas pesquisas na área de 1970 até o ano de 1986, em que Rumelhart, McClelland e Hinton (RUMELHART; HINTON; MCCLELLAND, 1986), publicam trabalhos

propondo o algoritmo de retro-propagação (*backpropagation*) para redes neurais artificiais (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015; RUSSELL; NORVIG, 2010) que possibilitavam solução de problemas não lineares.

Como visto, a área de Inteligência Artificial possui diversas subáreas de pesquisa e desenvolvimento, e para cada uma delas existe uma definição específica. Para este trabalho utiliza-se a definição de Poole, Mackworth e Goebel (1998), que define inteligência computacional como o estudo do design de agentes inteligentes, para tanto, na próxima seção avalia-se os termos relacionados a esta afirmação, iniciando por sistemas e agentes inteligentes.

## 2.2 SISTEMAS INTELIGENTES

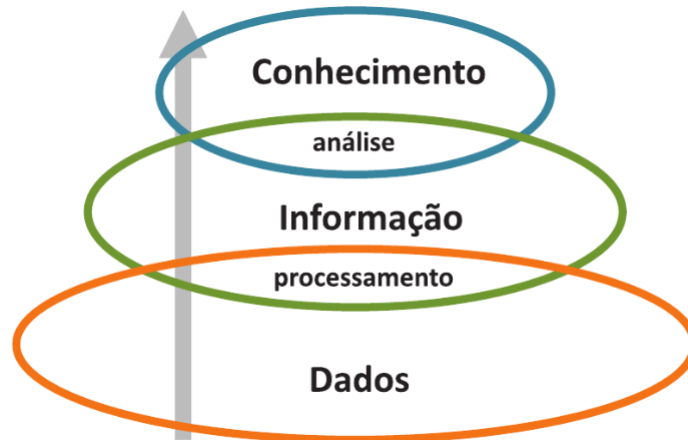
Utilizando-se da definição de Inteligência Artificial dada anteriormente, se pode definir sistemas inteligentes como um conjunto de hardware e software que interagem entre si para auxiliar os usuários na tomada de decisão baseando-se na aquisição e processamento de dados a fim de reproduzir comportamentos (NILSSON, 1998; SHUNKEVICH, 2018).

A definição de inteligência está na capacidade de transformar dados em conhecimento, passando pelas fases de processamento e análise com eficiência e eficácia, e utilizar-se deste conhecimento para a realização de ações ou auxiliar na tomada de decisões (QUILICI-GONZALES; ZAMPIROLI, 2014), como pode ser visto na figura 2.1.

Como descrito por Quilici-Gonzales e Zampiroli (2014), sistemas inteligentes possuem tanto a capacidade de aprender com suas próprias experiências quanto aprender com as experiências de terceiros, este último tipo também é chamado de sistemas baseados em conhecimento, que possuem a capacidade de aprendizado por aquisição de conhecimento de especialistas de um determinado domínio. Os sistemas do tipo Tutores possuem tanto a capacidade adquirir conhecimento por meio de aprendizado com especialistas como também possuem a capacidade de ensinar estudantes (BRADÁČ; KOSTOLÁNYOVÁ, 2016), como descritos descritos na próxima seção.

Historicamente falando, como colocado por Tadeusiewicz (2011), redes neurais é conhecida como uma das técnicas mais antigas de Inteligência Artificial, utilizando-se do

Figura 2.1: Geração de Conhecimento



**Fonte:** Quilici-Gonzales e Zampiroli (2014, p. 21)

modelo proposto por McCulloch e Pitts (1943), e ainda é uma das mais utilizadas da área, o mesmo ocorre com a área de sistemas inteligentes.

## **AGENTES INTELIGENTES E SISTEMAS MULTIAGENTES**

A área de estudo de agentes inteligentes é uma subárea de Inteligência Artificial distribuída, que por sua vez está sob a grande área de Inteligência Artificial (BITTENCOURT, 2006; FRIGO; POZZEBON; BITTENCOURT, 2004; TADEUSIEWICZ, 2011). Por definição são dispositivos compostos por hardware e /ou software capazes de perceber o ambiente com a utilização de sensores e realizar ações utilizando-se de atuadores (ARTERO, 2008). Esta definição é reforçada por Russell e Norvig (2010), em que agentes ou softBots (software robots) são programas capazes de interagir com o ambiente utilizando-se de sensores para captação de informações e devolvendo seu processamento por meio de atuadores, atendendo a medidas de performance previamente especificadas.

Destacam uma forma de descrever os agentes separadamente, chamada de descrição PEAS como pode ser visto na tabela 2.2 exemplificando um agente de classificação de base de dados, um dos benefícios deste modelo comentado por Souza et al. (2019) é que o formato de agentes (bots) reduz a complexidade do desenvolvimento e, assim, seu custo de implementação, o que facilita a implementação de Inteligência Artificial como funcionalidades em sistemas diversos.

A arquitetura utilizada na construção dos agentes depende do tipo de ambiente a que

Tabela 2.2: Descrição PEAS de um agente de software (BOT)

Tipo de Agente	Medidas de Performance	Ambiente	Atuadores	Sensores
Minerador de regras de associação	Conhecer e atender as necessidades dos clientes, aumentando as vendas e maximizando os retornos	Vendas, Clientes e Vendedores	Arquivos de saída	Arquivos de Entrada

**Fonte:** Russell e Norvig (2010, p. 42), Rezende (2003, p. 285) e Souza et al. (2019, p. 3)

serão submetidos, para tanto, as propriedades dos ambientes são as seguintes (RUSSELL; NORVIG, 2010; ARTERO, 2008):

- Acessível X Inacessível: Visibilidade completa do sistema pelos sensores do agente, acessível se tem acesso ao estado completo do ambiente e inacessível caso os estados sejam visíveis somente quando visitados.
- Estático X Dinâmico: Propriedade de alteração do ambiente durante a atuação do agente em relação aos dados captados pelos sensores.
- Determinístico X Aleatório: Propriedade que determina a relação do próximo estado do ambiente em relação ao ambiente anterior.
- Discreto X Contínuo: Relação com o número de iterações realizadas pelos sensores, discreto se definido em turnos, ou contínuo se ocorrem sequencialmente sem um intervalo definido.
- Episódico X Não-Episódico: Quando as ações futuras do agente são influenciadas ou não pelas ações anteriores.
- Monoagente X Multiagentes: Um ou vários agentes atuando num mesmo ambiente para a solução ao problema proposto.

Outros pontos podem ser observados para distinguir um agente de software (BOT) de outros softwares, como podem ser vistas a seguir (FRIGO; POZZEBON; BITTENCOURT, 2004; FRANKLIN; GRAESSER, 1996; RABELO; ROMERO; ZAMBIASI, 2018):

- Posicionamento: Capacidade de agir adequadamente em ambientes diferentes.

- Autonomia: Capacidade de agir sem a intervenção direta do usuário.
- Pró-Atividade: Capacidade de Agir não somente em resposta a uma mudança do ambiente, mas também de acordo com suas metas.
- Sociabilidade: Capacidade de interação com outros sistemas e agentes.
- Adaptabilidade: Capacidade de mudar o comportamento com base em experiências anteriores.
- Receptividade: Capacidade de responder ativamente a mudanças no ambiente.
- Mobilidade: Capacidade de se mover entre equipamentos

Complementarmente a estas propriedades, Rezende (2003) define também que os agentes podem ser classificados quanto ao seu eixo de atuação, podendo possuir mais de uma destas características ao mesmo tempo, conforme segue:

- Cognitivo: Aqui configurados como cognitivos ou reativos, podem ser disparados por decisões baseados em modelos ou mesmo reagir a estímulos.
- Foco: Divididos aqui entre estruturais ou comportamentais e visam representar semelhanças físicas ou mentais respectivamente.
- Atuação: Grau de relação com demais agentes e sistemas, que vai de isolado (sem comunicação com outros sistemas) até sociais.
- Ambiental: Classificados por *desktops* ou *web* (intranet ou internet).

Agentes também podem ser classificados quando ao seu nível de inteligência e a quanto a tarefa que executam, e se dá da seguinte maneira (ARTERO, 2008; RABELO; ROMERO; ZAMBIASI, 2018):

- Nível de inteligência baixo: Sem aprendizado entre as ações.
- Nível de inteligência médio: Conseguem manipular novas situações, com base em experiências aproximadas.

- Nível de inteligência alto: Quando raciocinam sobre a base de conhecimento aprendendo com o comportamento do usuário.

E segundo a tarefa que executam, conforme seguem:

- Gopher: Agentes que executam ações com base em regras pré-estabelecidas.
- Prestador de Serviço: Executam ações quando solicitados pelo usuário.
- Pró-Ativo / preditivo: Executam tarefas quando julgam ser necessário (sem que haja a interação com usuários).
- Conselheiros: Oferecem ajuda para tarefas específicas dependendo da situação.
- Guia: Recuperam grandes quantidades de informações apresentando dados importante ao usuário.
- Empregados: Executam atividades repetitivas.
- Representantes: Operam mesmo que na ausência do usuário.
- Comunicadores: Interagem com outros agentes e usuários.

Como visto, agentes podem interagir entre si formando um ecossistema chamado de sistemas multiagentes, que na definição de Russell e Norvig (2010) são coleções de subagentes autônomos capazes de interagir entre si de forma a realizar a tarefa da mesma forma que o design monolítico. As interações podem ocorrer de forma cooperativa ou mesmo competitiva dependendo de sua sociabilidade, como pode ser visto na tabela 2.3.

Estas interações também podem ser classificadas conforme sua organização (ARTERO, 2008) podendo ser Hierárquicas, quando as ações e decisões ocorrem em níveis de um agente superior para os agentes subordinados; por comunidade de especialistas, quando as interações ocorrem todas num mesmo nível porém em graus de especialidade de tarefas diferentes, em que cada agente atua sobre seu domínio e ocorrem sempre com regras pré-estabelecidas; ou ainda por comunidade científica, nas quais as soluções são construídas localmente e em seguida testadas e refinadas com outros agentes solucionadores de problemas.

Tabela 2.3: Padrões de Interação em ambientes multiagentes

<b>Tipo de Interação</b>	<b>Característica</b>
<b>Neutralismo</b>	Sem Atividade entre agentes
<b>Competição</b>	Os agentes competem entre si por um recurso
<b>Amensalismo</b>	Uma ação negativa não proposital afeta o funcionamento dos demais agentes
<b>Parasitismo</b>	Um agente só funciona sob os dados de outro
<b>Predação</b>	Um agente age para extinção
<b>Comensalismo</b>	Beneficia uma agente sem prejudicar os demais
<b>Proto-Cooperação</b>	A interação melhora o resultado dos agentes envolvidos, embora não obrigatória.
<b>Simbiose</b>	Interação obrigatória para realização das tarefas

**Fonte:** Rezende (2003, p. 285) Novales (2018, p. 33)

Dada a quantidade de conhecimentos especialistas em finanças pessoais, buscou-se aqui relacionar as técnicas que possibilitassem sistematiza-los. Com isso chegou-se a outra subárea de Inteligência Artificial chamada de sistemas baseados em conhecimento que será devidamente abordada na seção seguinte.

## 2.3 SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO

Sistemas baseados em conhecimentos são aqueles capazes de auxiliar tomadas de decisão dentro de uma área de domínio específico utilizando-se como base os conhecimentos de especialistas que foram salvos em base de dados. Como pode ser visto na imagem 2.2, é uma subárea de Inteligência Artificial que contém os tópicos de Sistemas Especialistas e Sistemas Tutores Inteligentes.

Buscando o significado do termo principal, define-se aqui conhecimento como um



Figura 2.2: Subdivisões da área de Inteligência Artificial até STI



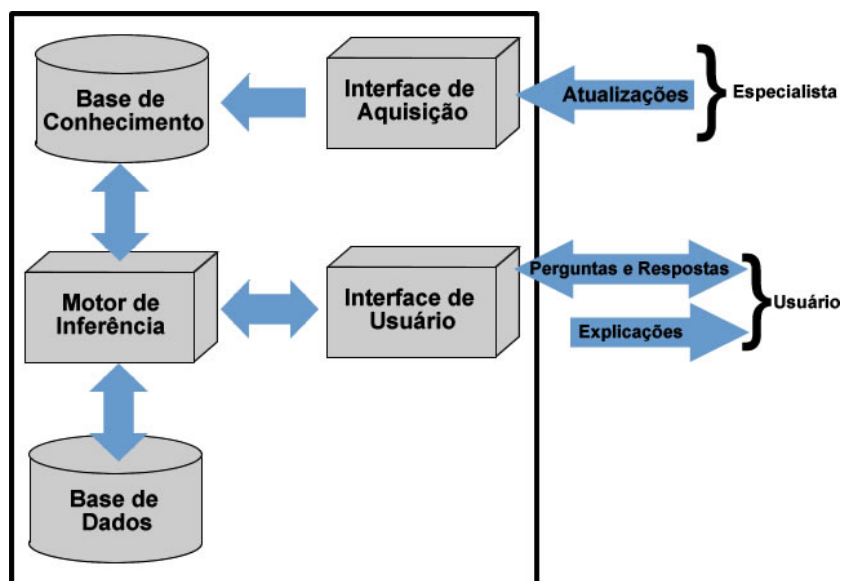
**Fonte:** Artero (2008), Aguiar et al. (2007), Bradáč e Kostolányová (2016)

conjunto de informações que viabilizam a tomada de decisão quando submetidas a procedimentos interpretativos auxiliares. Para tanto estas informações podem ser sobre o objeto ou problema analisado (declarativas), uma explicação sobre o motivo da análise (procedurais), a capacidade de distinção do certo ou errado (senso comum) ou as regras únicas de funcionamento de um objeto ou problema analisado.

Sistemas baseados em conhecimentos, como sistemas especialistas, possuem quatro estruturas principais que os definem o Motor de Inferência, Base de Conhecimento, Memória de trabalho e a Base de dados. O motor de inferência (MI) contém as regras que serão aplicadas as informações da base de conhecimento para auxiliar na tomada de decisão, a base de conhecimento possui as informações adicionadas pelos especialistas e que farão parte da análise guiada pelo motor de inferência. A memória de trabalho é a área de sistemas especialistas que combina as regras avaliadas pelo motor de inferência com os dados dos usuários adicionados na base de dados (BD). Uma representação visual para esta explanação foi adaptada por Souza (2016) a partir da combinação de diversas fontes (MENDES, 1997; BITTENCOURT, 2006; REZENDE, 2003; ARTERO, 2008; BRADÁČ; KOSTOLÁNYOVÁ, 2016; NOVALES, 2018), como visto na figura 2.3, e define a interligação entre as estruturas internas do sistema assim como as ações realizadas pelos atores principais.

Sistemas tutores inteligentes (STI), que como pode ser observado na imagem 2.3 acima, é um subtipo de sistema especialista (ALKHATLAN; KALITA, 2019; JONASSEN;

Figura 2.3: Esquema da Arquitetura de SBC



**Fonte:** Artero (2008, p. 96) e Rezende (2003, p. 23)

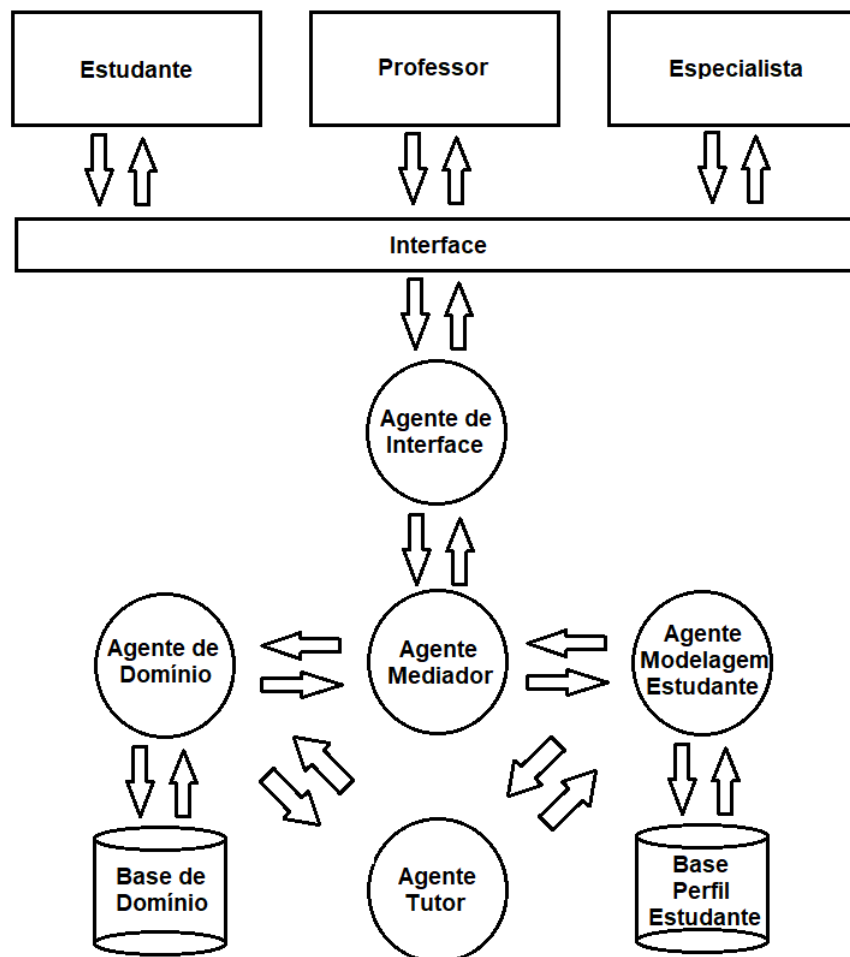
WANG, 1993; NKAMBOU; BOURDEAU; MIZOGUCHI, 2010). A diferença dentre eles está no fato de sistemas tutores inteligentes adicionarem mais uma ator ao modelo, a figura do professor, que é responsável por configurar o modelo pedagógico no sistema, de forma a tornar o tema relevante e compreensível, reduzindo a distância entre o conhecimento do especialista e o usuário final, este relacionamento é observado na conversão do MYCIN (SHORTLIFFE, 1976) um sistema especialista desenvolvido para dar suporte a diagnósticos médicos, para o NEOMYCIN (CLANCEY; LETSINGER, 1984), um sistema para o ensino de estratégias de diagnósticos. A escolha desse modelo para implementação neste trabalho está nas três características citadas por Jonassen (JONASSEN; WANG, 1993; AGUIAR et al., 2007; BRADÁČ; KOSTOLÁNYOVÁ, 2016) conforme dispostas abaixo:

1. O conteúdo da especialidade de ser armazenada de modo que o sistema possa fazer inferências a partir das informações coletadas.
2. O sistema deve ser capaz de avaliar a aquisição de conhecimento pelo estudante.
3. As estratégias tutoriais devem ser capazes de reduzir a distância entre o conhecimento do especialista e do estudante/usuário.

Para tanto, utilizou-se os elementos da estrutura de STI acima de forma a apresentar um sistema multiagentes, em que cada agente de software (bot), delimitados anteriormente, são especialistas e socializadores simbióticos responsáveis pelas ações do sistema da mesma forma proposta pelo modelo apresentado e explicado por Aguiar et al. (2007) na figura 2.4.

Na arquitetura STI Multiagentes a atividade pedagógica é dividida entre dois tipos de agentes, o executor de tarefas e assistentes, o primeiro responsável por tarefas de coleta de informações, e envio de mensagens a outros agentes, e o segundo é responsável pelas ações pedagógicas (AGUIAR et al., 2007).

Figura 2.4: Arquitetura STI Multiagente



Fonte: Aguiar et al. (2007, p. 269)

Cada agente realiza uma atividade específica, iniciando pelo agente de domínio, um

executor responsável em intermediar o acesso a base de domínio, e esta por sua vez contém o conhecimento do especialista modelado e armazenado de forma a poder ser recuperado sempre que solicitado. O agente de modelagem do estudante também é um executor e é responsável em buscar informações dos estudantes atualizando a base de perfil de estudante. O agente tutor é um assistente que lida com o domínio pedagógico, selecionando a estratégia adequada para expor os conteúdos aos estudantes. O agente mediador é um executor responsável por interceder nas comunicações entre os demais agentes. Os agentes de interface são executores responsáveis em com a interação com a interface do ambiente. Os agentes humanos, iniciando pelo agente professor, responsável em interagir com os agentes estudantes para orientá-los. O agente estudante é o público-alvo do STI interagindo com os agentes artificiais e com o agente professor. E por último, o agente especialista, responsável em alimentar a base de domínio de maneira adequada, como dito anteriormente.

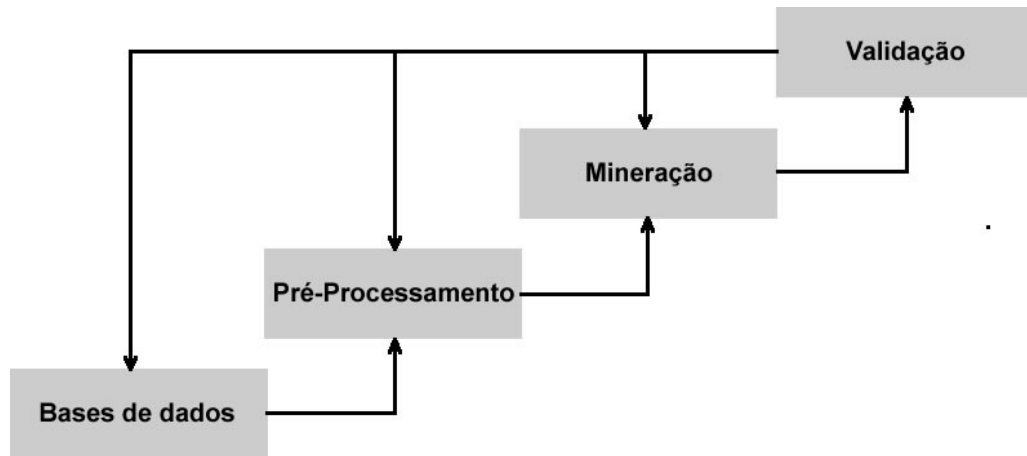
Tendo isso em vista, o sistema proposto e delimitado na seção Metodologia (STIMA-EF), prevê inicialmente agentes de modelagem de estudante, um agente de modelagem de domínio, um agente tutor e um agente mediador e uma base de dados compartilhada entre o domínio e os dados de Perfil. Iniciando pelos agentes de modelagem de estudantes, um deles será responsável em capturar dados de mensagens de texto SMS de bancos diversos, processá-las e armazená-las no banco de perfil, um segundo será responsável em utilizar estas informações mineradas para classificá-las em planos de contas pré-definidos na base de domínio. Para que isso seja possível, no próximo tópico serão referenciados os temas de mineração de dados, para utilizar Inteligência Artificial na classificação das informações dos estudantes para os planos de contas corretos, com o mínimo possível de interação humana necessária.

## 2.4 MINERAÇÃO DE DADOS

O processo de descoberta de conhecimento em bases de dados (ou KDD do inglês *Knowledge Discovery in Databases*) refere-se a todo o processo de extração de conhecimento a partir de dados, e a mineração de dados refere-se a um dos processos de KDD que corresponde aos processos de seleção e integração, limpeza, seleção e transformação,

mineração e avaliação dos dados (CASTRO; FERRARI, 2016), e conforme pode ser visto na figura 2.5 estes passos são relacionados e interdependentes.

Figura 2.5: Processo de descoberta de conhecimento em base de dados



Fonte: Castro e Ferrari (2016, p. 6)

Iniciando pela base de dados, que aqui é definida como uma coleção organizada de dados sobre um domínio, de onde o conhecimento será minerado. Na etapa de pré-processamento os dados são preparados para a mineração de conhecimento, para isso os dados passam pelo processo inicial de limpeza onde os dados passam por um processo de filtragem inicial para remoção de ruídos e inconsistências, em seguida passam pela integração para dados obtidos de mais de uma fonte, em seguida passam por uma seleção ou redução para considerar somente os dados relevantes e por último passam pela transformação onde são formatados para entrar no processo de mineração (CASTRO; FERRARI, 2016; KANTARDZIC, 2003).

Em mineração de dados, algoritmos são aplicados aos dados processados nas etapas anteriores para extração de conhecimento. Estes algoritmos podem efetuar a função de análise descritiva, agrupamento, classificação e estimação, associação e detecção de anomalias. E por último submete-se o conhecimento minerado ao processo de Validação para avaliar seu grau de utilidade.

Em um dos agentes de modelagem do perfil estudante, os dados de gastos capturados dos SMS bancários, por meio de mineração de textos, deverão ser associados a planos de contas previamente cadastrados por especialistas. Para realizar tal tarefa, nas próximas seções são realizados levantamentos sobre mineração de textos e algoritmos de associação.

## Mineração de Textos

Pode ser definida como um conjunto de técnicas estatísticas e de computação desenvolvidas para realizar a análise de dados em textos, que têm como objetivo criar indicadores numéricos baseados em dados não estruturados. Possui diversas aplicações práticas, como análise de sentimentos em redes sociais, classificação de textos, *web crawlers*, dentre outros (ZANINI; DHAWAN, 2015). O processo de mineração de textos é baseado no processo de mineração de dados visto anteriormente (figura 2.5) e, portanto, possui quatro etapas:

- Obtenção da Informação
- Processamento de Linguagem Natural ou *Natural Language Processing (NLP)*
- Extração da informação
- Mineração

No primeiro passo busca-se realizar o levantamento dos textos relevantes para a análise, este conjunto de documentos é conhecido como *corpus*. Dados de texto são, em sua forma não tratada, conjuntos de *strings* e cada *string* pode ser definida como conjuntos de caracteres (ou palavras) (AGGARWAL; ZHAI, 2012).

O conjunto de propriedades (ou dimensões) do *corpus* é chamado de léxico (ou *lexicon*), extraído por sistemas de processamento de linguagem natural. Estes sistemas são responsáveis por realizar tarefas como agrupamento de palavras relevantes por classes gramaticais, desambiguação de termos e também definir a estrutura gramatical de sentenças completas para extração de dados numéricos a partir de textos. E esta relevância é obtida após o processamento inicial para remoção de proposições (*Stop word removal*), indicadores de gêneros e gerúndio que podem ser identificados por meio de dicionários previamente configurados para a linguagem utilizada permitindo, assim, que variações da mesma palavra sejam unificadas (*Stemming*).

Uma das técnicas utilizadas para criação de léxicos é obter a frequência de ocorrência das palavras dentro do espaço de análise, também conhecida como nuvem de palavras, no entanto, nesta técnica não é considerada a ordem de representação entre as palavras, que podem ser obtidas em outras técnicas como a *LSA (Latent Semantic Analysis)*. E realiza a obtenção de dados de interação entre as palavras do texto por meio de n-gramas,

e avalia a relação numérica entre os  $n$  termos das sentenças do corpus. Em seguida, a análise semântica é realizada por meio de técnicas de mineração de dados a partir das informações extraídas do *corpus* para explorar sua significância dentro de um contexto, textos são utilizadas na mineração de dados para explorar conteúdo extraído a fim de construir conhecimento (AGGARWAL; ZHAI, 2012).

Em outra técnica, denominada *context-focused crawlers*, agentes de software são treinados para extrair conhecimento de uma vizinhança de termos utilizando-se de critérios pré-definidos e de ancoras (*anchor text*), para que informações importantes relacionadas ao contexto, também chamados de *tokens*, sejam extraídas e indexadas (AGGARWAL, 2015). No capítulo 3 será apresentado um agente deste tipo para realizar o levantamento de informações relevantes de mensagens de textos bancários.

### **Mineração de Regras de Associação**

A análise por associação, também conhecida por mineração de regras de associação, corresponde à descoberta de regras de associação em atributos com valores que coocorrem em uma base de dados (CASTRO; FERRARI, 2016). Existem duas características centrais na mineração de regras de associação: a proposição ou construção das regras de associação e a significância das regras propostas. Ou seja, um algoritmo de mineração de regras de associação precisa ser capaz de propor associações entre itens que sejam estatisticamente relevantes para o universo representado pela base de dados (CASTRO; FERRARI, 2016).

Para relacionar os dados minerados de textos a um plano de contas, o modelo utiliza um agente minerador de regras de associações. Agrawal, Imielinski e Swami (1993) e Agrawal e Srikant (1994) foram os que primeiro propuseram um algoritmo de mineração de regras de associação, denominado Apriori. O algoritmo é o um método para a mineração de regras de associação e emprega busca em profundidade (RUSSELL; NORVIG, 2010) para gerar conjuntos de itens candidatos de  $k$  elementos a partir de conjuntos de itens com  $k - 1$  elementos. Os itens candidatos não frequentes são eliminados, e toda a base de dados é rastreada e os conjuntos de itens frequentes, obtidos a partir dos conjuntos de itens candidatos.

O suporte de uma regra de associação,  $A \rightarrow C$ , indica a frequência de ocorrência da regra, ou seja, a probabilidade de essa regra ser encontrada no conjunto total de transações da base:

$$Sup(A \rightarrow C) = P(A \cup C) = \frac{\sigma(A \cup C)}{n}$$

onde  $\sigma(A \cup C)$  é a contagem do suporte da regra, que corresponde ao número de transações que contêm um determinado conjunto de itens, e  $n$  é o número total de transações da base. A confiança, também chamada de acurácia, verifica a ocorrência da parte consequente da regra em relação ao antecedente, determinando o grau de confiança entre os itens, ou seja, aquilo que os une formando a regra de associação:

$$Conf(A \rightarrow C) = P(C|A) = \frac{\sigma(A \cup C)}{\sigma(A)}$$

onde  $\sigma(A \cup C)$  determina a somatórias de ocorrências dos consequentes dados os antecedentes, assim como  $\sigma(A)$  é a contagem do suporte do antecedente da regra.

## 2.5 REDES BAYESIANAS

Como visto, sistemas baseados em conhecimento são aqueles capazes de assistir a tomada de decisão dentro de uma área de domínio específica utilizando-se do conhecimento de especialistas que foi armazenado em bases de dados (ZAGORUIKO, 1988; DO; NGUYEN; SELAMAT, 2018).

É um ramo do campo da Inteligência Artificial que contém sistemas especialistas e sistemas tutores inteligentes em seus tópicos, dentre outros. Entre estes sistemas existem quatro estruturas principais em comum, o motor de inferência, a base de conhecimento a memória de trabalho e a base de dados de perfil.

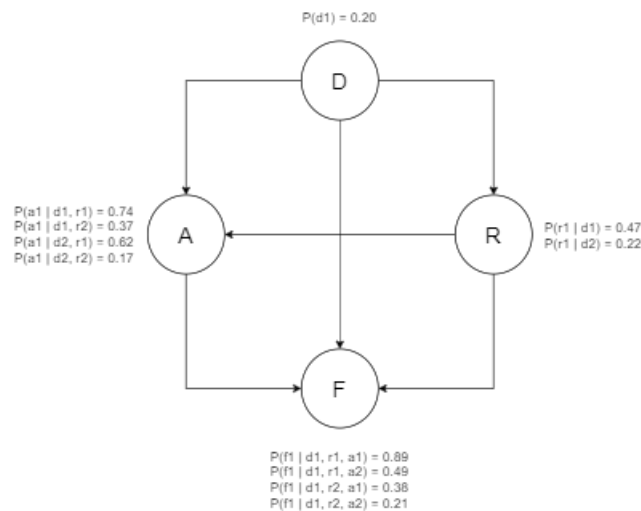
O motor de inferência traduz as informações armazenadas na base de conhecimento para auxiliar a tomada de decisão; a memória de trabalho é a área que combina as regras avaliadas pelo motor de inferência com os dados do usuário (CLANCEY, 1984; AREVALILLO-HERRÁEZ; ARNAU; MARCO-GIMÉNEZ, 2013; HADI, 2011).

Para atender ao primeiro requisito (RQ1), o motor de inferência apresentado nas próximas seções faz uso da arquitetura de redes Bayesianas apresentadas por Neapolitan (2004, p. 4). Estas redes são modelos que permite relacionar variáveis de forma proba-



bilística, sintetizando conhecimento de diversas áreas para sistemas especialistas (RUSSELL; NORVIG, 2010, p. 518). Na forma de grafos direcionais, a topologia coloca cada assunto em nós e as arestas relacionam estes nós. Um exemplo na área de diagnósticos médicos é utilizado, como demonstrado na figura 2.6 e na tabela 2.4, e seu conceito é completamente adaptado para ser utilizado na área da educação financeira.

Figura 2.6: Exemplo de Rede Bayesiana



**Fonte:** Neapolitan (2004, p. 4)

No exemplo dado, uma rede Bayesiana determinística é construída com alguns sintomas para definir o relacionamento entre diabetes, danos renais, anemia e fadiga. Os nós representam as doenças e as variáveis configuram o fator de representatividade no modelo (COBB; SHENOY, 2005). Para exemplificar, o nó F (Fadiga) possui três variáveis anemia (a), diabetes (d), e danos renais (r), com duas possibilidades de estados cada, presente (a1, d1, r1) ou ausente (a2, d2, r2), estas variáveis são relacionadas ao nó por uma notação probabilística  $P(f1|a1,d1,r1)$ . Este formato também pode ser convertido do modelo matemático para o formato de tabela verdade (RUSSELL; NORVIG, 2010, p. 519).

## 2.6 ENGENHARIA DE SOFTWARE

O SWEBOK (*Software Engineering Book of Knowledge*) (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014) define Engenharia de Software como “a aplicação de uma abordagem

Tabela 2.4: Nós e Variáveis da rede Bayesiana

Propriedade	Valor	Descrição
<b>D</b>	d1	Diabetes Presente
	d2	Diabetes Ausente
<b>R</b>	r1	Danos Renais Presentes
	r2	Danos Renais Ausentes
<b>A</b>	a1	Anemia Presente
	a2	Anemia Ausente
<b>F</b>	f1	Fadiga Presente
	f2	Fadiga Ausente

**Fonte:** Russell e Norvig (2010, p. 518)

*sistemática, disciplinada e quantificável ao desenvolvimento, operação e manutenção de software, como sendo a aplicação de engenharia a Software*”. É uma disciplina dividida em 15 áreas de conhecimentos que tratam do levantamento, construção, testes e manutenção de sistemas computacionais abordando áreas como requisitos, design, configuração e outras, como pode-se ver na lista completa de tópicos relacionados a seguir (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014; LO et al., 2021):

1. Requisitos de Software (*Software Requirements*)
2. Design de Software (*Software Design*)
3. Construção de Software (*Software Construction*)
4. Teste de Software (*Software Testing*)
5. Manutenção de Software (*Software Maintenance*)
6. Gerenciamento de Configuração de Software (*Software Configuration Management*)
7. Gerenciamento de Engenharia de Software (*Software Engineering Management*)
8. Processo de Engenharia de Software (*Software Engineering Process*)
9. Modelos e Métodos de Engenharia de Software (*Software Engineering Models and Methods*)

10. Qualidade de Software (*Software Quality*)
11. Práticas profissionais em Engenharia de Software (*Software Engineering Professional Practice*)
12. Economia em Engenharia de Software (*Software Engineering Economics*)
13. Fundamentos da Computação (*Computing Foundations*)
14. Fundamentos Matemáticos (*Mathematical Foundations*)
15. Fundamentos da Engenharia (*Engineering Foundations*)

Os próximos capítulos serão baseados em cinco áreas relacionadas à engenharia de software, sendo elas, requisitos, design, construção, configuração e testes. A partir delas é feita uma contextualização aplicada ao modelo, ao sistema e a linguagem STIMA.

### **Requisitos de Software**

Requisitos de software são especificações de um sistema realizadas a partir das delimitações de um problema de mundo real. Baseado nas necessidades e restrições do problema, as propriedades de um software devem ser alinhadas a sua solução (SOMMERVILLE, 2011).

A análise de requisitos tem como objetivo relacionar os processos envolvidos para a solução de um problema utilizando-se dos conhecimento dos diversos envolvidos, que auxiliam o levantamento definindo os requisitos de produto (funcionais), que são as funcionalidades do software a ser desenvolvido, e de processo (não funcionais), que são as restrições baseadas nas regras de negócio. O processo de levantamento de requisitos possui quatro passos definidos conforme segue (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014):

1. Modelagem: Busca relacionar o processo de elucidação, análise, especificação e validação para os diferentes tipos de projetos, ou seja, passo que busca inter-relacionar os diferentes processos que serão atendidos pela solução de software, podendo para isso fazer uso de UML (*Unified Modeling Language*).
2. Definição de Atores: Define os diferentes papéis dos atores relacionados. Um processo interdisciplinar que envolve a tradução do conhecimento do especialista do

negocio para o desenvolvedor de software. O *swebok* relaciona alguns tipos diferentes de *stakeholders*: Usuários, Clientes, Analistas de mercado, Reguladores, desenvolvedores de software, entre outros.

3. Suporte e Gerenciamento: Neste item são endereçados o gerenciamento de recursos do projeto. Relaciona os processos aos recursos humanos, financeiros e afins.
4. Qualidade e Melhoria Continua: Neste passo busca-se formas de mensurar a satisfação do cliente por meio da definição de KPI (*key performance indicators*) e padrões de qualidade.

## ***Design de Software***

Etapa da engenharia de software responsável por descrever as estruturas internas do sistema a ser desenvolvido, demonstrando sua arquitetura e relacionando componentes e interfaces envolvidas. Prevê duas atividades principais, o *Design* arquitetura do software, que visa descrever as comunicações entre os componente e os módulos relacionados, e o *Design* detalhado, que descreve cada um dos componentes isoladamente em detalhes. Os estilos arquiteturais definem os diversos tipos de organização interna dos sistemas, o *swebok* (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014) os divide em cinco tipos diferentes:

- Estruturas Genéricas (como arquitetura em *layers* ou *pipes*)
- Sistemas Distribuídos (como *client-server* ou multicamadas)
- Sistemas Interativos (como *Model-View-Controller*, *MVC*)
- Sistemas Adaptativos (como *microkernel*)
- Outros ( *batch*, interpretadores ou controladores)

Um sistema, que pode ser definido como um conjunto de softwares, pode possuir mais de uma dessas arquiteturas ao mesmo tempo, como será destacado no próximo capítulo.

Outro tópico importante no design de software está na estruturação das interfaces de interação homem-máquina (IHC), requerida para o correto controle do homem sobre as máquinas as quais estes softwares são destinadas. Para tanto, define alguns princípios a

serem seguidos para tornar a experiência do usuário (*user experience* / *UX*) satisfatória, conforme seguem:

- Aprendibilidade (*Learnability*): Facilidade da curva de aprendizado com a qual o sistema pode ser dominado.
- Familiaridade do usuário (*User familiarity*): Considera as possíveis experiências anteriores do usuário para tornar o ambiente do sistema conhecido.
- Consistência (*Consistency*): Funções similares devem ser ativadas de formas semelhantes, por exemplo, todas as telas de um software utilizar a mesma tecla de atalho para a função de impressão.
- Surpresa Mínima (*Minimal surprise*): O comportamento de um sistema não deve surpreender o usuário.
- Recuperabilidade (*Recoverability*): As interfaces devem ter a capacidade de permitir ao usuário se recuperarem de erros e extinguir *deadends* (pontos da interface onde o usuário não consegue retroceder ou mesmo cancelar o processo).
- Orientação do usuário (*User guidance*): As mensagens devem oferecer auxílios com contexto e significado aos usuários.
- Diversidade do usuário (*User diversity*): As interfaces devem considerar os diversos tipos de interações para os diferentes tipos de capacidades (cegos, surdos, entre outros).

## **Construção de Software**

A construção de software envolve a codificação propriamente dita, considerando quatro chaves principais durante sua realização: a minimização da complexidade, a antecipação de mudanças, o reuso e os padrões de construção. Para construção de um software é necessário utilizar padrões de linguagens. As linguagens que podem ser utilizadas dentre os padrões de construção podem ser agrupadas em quatro tipos diferentes (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014; LO et al., 2021; RUSSELL; NORVIG, 2010):

- Linguagens de Configuração (*Configuration language*): Utilizada para mudar comportamentos de um software principal a partir de um número limitado de opções.

- Linguagens *Toolkit* (*Toolkit languages*): Utilizadas para desenvolver sistemas a partir de combinações partes reutilizáveis padrões.
- Linguagens de *Scripts* (*Scripting languages*): Conhecidas por permitirem manipulação de dados em sistemas operacionais diversos por meio de arquivos *batch*.
- Linguagens de Programação (*Programming languages*): Dentre os tipos anteriores, as linguagens de programação são as que possuem a maior variedade de resultados, uma vez que estas podem possuir os mais diversos tipos de notações, conforme seguem:

Notações Linguísticas (*Linguistic Notations*): Seguem os padrões das linguagens escritas, possuem comandos em formato de palavras que podem ser relacionadas por uma sintaxe com uma conotação semântica. Linguagens baseadas em gramática, possuem análise sintática, ou *parsing*, processo que visa a decomposição dos *tokens* da linguagem em árvores de sintaxe, ou *parser trees*, de forma a validar se todos os símbolos estão dispostos de maneira correta na sentença para que seja possível sua decomposição na análise léxica e sua significância na análise semântica. Dentre os artefatos construídos para esta tese, uma linguagem de armazenamento de conhecimento foi desenvolvida utilizando-se destes moldes e será discutida no próximo capítulo.

Notações Formais (*Formal notations*): Seguem os padrões de linguagem da matemática, considerando a rigidez das fórmulas.

Notações Visuais (*Visual notations*): Permitem a construção de programas por meio de interfaces visuais, possibilitando a codificação sem a necessidade de escrita direta de código.

## Teste de Software

Testes de software são validações realizadas no comportamento esperado dentre um conjunto finito de possibilidades. Na terminologia de testes este comportamento é chamado de alvo (*target*) ou objetivo (*objective*) e pode ser executado por *testers*, profissionais responsáveis por executar procedimentos de validação de software, ou automaticamente por meio de *scripts* que são adicionados ao software durante o próprio desenvolvimento (*Test Driven Development, TDD*). O procedimento de testes de software divide-se em três

estágios conforme seguem (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014; FRASER; ROJAS, 2020):

- Testes Unitários (*Unit Testing*): Possuem como alvos parte do software que podem ser testadas separadamente, normalmente são realizados pelos próprios programadores, ou possuem espaços de testes delimitados a somente uma funcionalidade específica.
- Testes Integrados (*Integration Testing*): Têm o objetivo de testar as interações entre os módulos, neste estágio, usuários podem ser convidados para realizar testes no sistema para validar seus comportamentos.
- Testes de Sistema (*System Testing*): Foca em requisitos não funcionais do sistema, como segurança e disponibilidade.

### **Gerenciamento de Configuração de Software**

O gerenciamento de configuração de sistemas envolve todas as características de funcionamento de um software, incluindo o hardware envolvido e suas formas de acesso e hospedagem. Dado que estes itens influenciam diretamente no funcionamento pós-implantação e em relação aos usuários, o que pode impactar na qualidade de entrega do projeto como um todo. Da mesma forma, têm relação direta com arquitetura planejada na etapa de *design* pois visa atender às infraestruturas necessárias a manutenção do ciclo de vida do software (BOURQUE; FAIRLEY; SOCIETY, 2014; GREENSPUN; ANDERSSON; GRUMET, 2021).

Como advento da *Cloud Computing* é possível realizar o gerenciamento de configuração de software *on-demand*, permitindo escalabilidade e flexibilidade. O termo é utilizado para definir tecnologia de interligação de redes por meio da internet. Esta ligação de redes possibilita um modelo de negócio que permite alocar recursos de outras redes para utilização em projetos. Estes recursos podem ser adquiridos para o projeto de três formas diferentes (SHUKUR et al., 2020; SUNYAEV, 2020):

- Software como serviço (*Software as a Service, SaaS*): Estrutura que permite a locação de um software específico para ser utilizado via internet. Não há necessidade de instalação local e com configuração mínima.

- Plataformas como Serviços (*Platform as a Service, PaaS*): Um sistema operacional é colocado a disposição do projeto, podendo conter ferramentas previamente instaladas, como por exemplo, um servidor Windows contendo Ms SQL Server instalado, ou mesmo um servidor Linux contendo MySql e Apache são algumas das combinações encontradas.
- Infraestrutura como serviço (*Infrastructure as a Service, IaaS*): Permite a locação de infraestrutura completa, alugando máquinas que podem ser virtualizadas para mais de um sistema operacional ou mesmo para serviços como *firewall* entre outros.

Estes serviços podem ser contratados em três formatos diferentes (SRIVASTAVA; KHAN, 2018):

- *Cloud* Pública: Compartilha os recursos de hardware e software de uma mesma infraestrutura com todos os usuários que se dispuserem a pagar por eles, pagando pelos serviços consumidos apenas.
- *Cloud* Privada: Os recursos são disponibilizados a somente um usuário ou corporação que forma que seu consumo pode ser ilimitado (dependendo de condições contratuais).
- *Cloud* Híbrida: Combina serviços contratados parte em Cloud Privada e parte em Cloud Pública.

Como visto, esta seção trabalhou os requisitos técnicos necessários ao início da construção dos agentes descritos, assim como interligações. Na seção seguinte realizou-se um levantamento teórico de educação financeira com as bases pedagógicas utilizadas para construção do sistema, buscando assim conhecer abordagem utilizada por educadores da área voltada ao público-alvo adulto selecionado.

## 2.7 EDUCAÇÃO FINANCEIRA

Consolidando estes aspectos e baseando-se na definição utilizada por ENEF (2010) e também pela definição dada pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2015), em Souza (2016), e em Souza e Notargiacomo (2019), defini-se

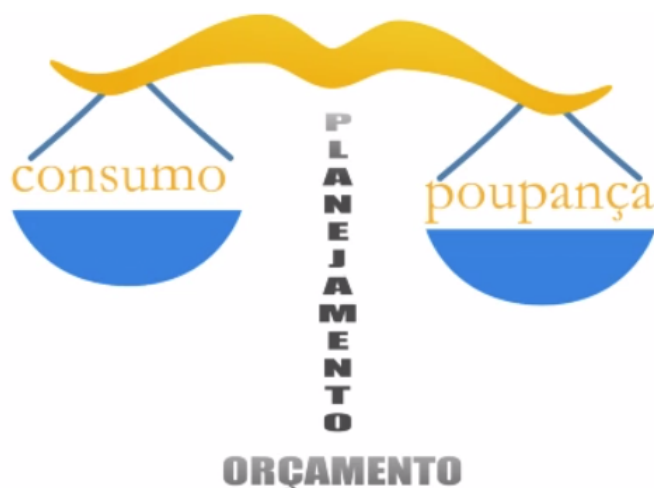


educação financeira como “o processo pelo qual os indivíduos buscam seu bem estar por meio de conhecimento em finanças pessoais e visa, pela aplicação do aprendizado assimilado sobre formas de lidar com o dinheiro e produtos financeiros, melhorar seu padrão de vida e da sociedade da qual está inserido” (SOUZA, 2016; SOUZA; MUSTARO, 2015).

Uma iniciativa do governo federal brasileiro, que tem por objetivo levar estes conhecimentos de finanças pessoais a população, trata-se do programa oficial de educação financeira chamado de ENEF (ENEF, 2010), acrônimo para Estratégia Nacional de Educação Financeira, o programa está dividido em três públicos distintos, estudantes de ensino fundamental, estudantes de ensino médio, e adultos. Os dois primeiros públicos possuem materiais didáticos disponíveis no site do programa para aplicação nas escolas, o grupo dos adultos tem suporte do programa por meio de um EAD (Moodle) disponível no site de acesso gratuito.

O próprio programa resume suas metas de aprendizado com a figura 2.7 a seguir, que trabalha com a metáfora que o orçamento é a base de uma balança orçamentária pessoal construída sobre o pilar do planejamento e que visa equilibrar o consumo com poupança.

Figura 2.7: Metas de aprendizagem ENEF



Fonte: ENEF (2019)

Falar sobre poupança e consumo planejado no Brasil possui agravantes relacionados a períodos de hiperinflação no país (CARVALHO, 1990; BRASILPREV, 2015), período este que marcou diversos vícios relacionados a finanças pessoais na população. Um deles, o consumo imediatista, também tratado como anomalia da Miopia pelo modelo utilidade

descontada, trata da avaliação do custo-benefício de cada escolha de consumo realizada no tempo (SAMUELSON, 1937; MURAMATSU; FONSECA, 2008; LUSARDI; MITCHELL, 2011a) e que ainda perdura devido ser passado dentre as gerações, e se trata do comportamento relacionado a gastar toda a renda de forma imediata, assim que é recebida, nos períodos que antecedem ao plano real (anteriores a 1994), o sentido estava em não permitir que esta mesma renda não sofresse os efeitos da inflação corrente.

As metas de aprendizado da ENEF vêm ao encontro dos passos da educação financeira propostos por Souza e Notargiacomo (2019) reforçando a proposta que possui alguns passos que extrapolam a educação financeira inicial comentada passando para passos avançado como pode ser visto na imagem.

Figura 2.8: Temas relacionados a educação financeira

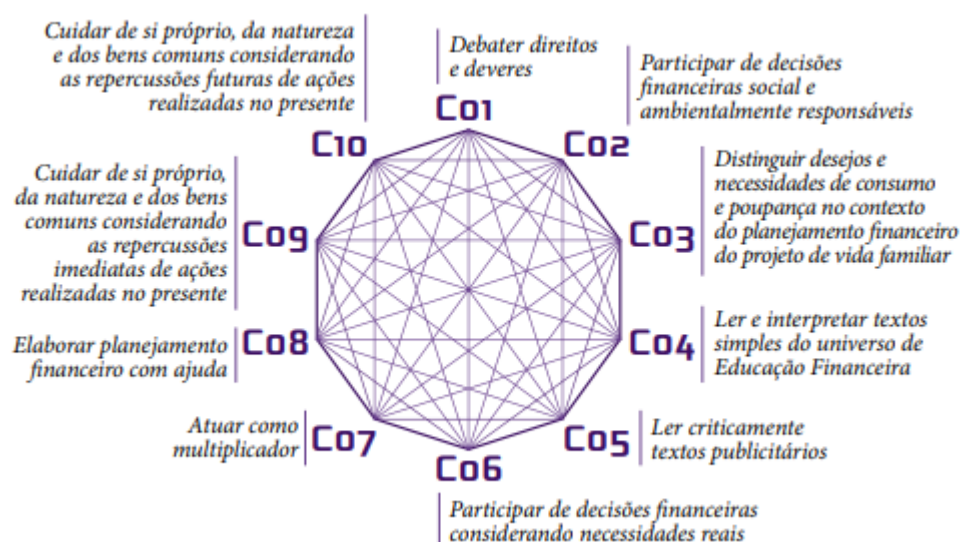


**Fonte:** Traduzido de Souza e Notargiacomo (2019, p. 3)

Nos materiais didáticos de educação financeira para escolas (ENEF, 2021, p. 20), um gráfico semelhante ao apresentado por Souza e Notargiacomo (2019) é ensinado aos alunos em forma de competências, como pode ser visto na figura 2.9

Lusardi e Mitchell (2011b) determinam que para o primeiro tema (auto-motivação) existem duas motivações base para que um indivíduo busque por educação, a acumulação de riquezas para satisfação de um desejo ou necessidade (BRASIL, 2014) como a realização de um projeto e o planejamento para aposentadoria. Ambos são salutares dado que o primeiro realiza o alcance da auto-estima, o topo da pirâmide de motivacional de

Figura 2.9: Competências relacionadas a educação financeira



**Fonte:** ENEF (2021, p. 20)

Maslow (MASLOW, 1943), quando todas as necessidades individuais estão devidamente supridas e se alcança a plenitude do bem-estar pessoal. E a segunda razão é de importância comparável dado que a ausência de fundos na vida idosa tornam o indivíduo mais vulnerável às intempéries ocasionadas pela idade avançada, como problemas de saúde e redução de mobilidade, como também mais dependente de políticas públicas para suprir tal deficit pessoal (ROOIJ; LUSARDI; ALESSIE, 2011), o que não deve ser considerada como estratégia, devido a dados que demonstram que até 2030 a população idosa tende a ultrapassar a população jovem no Brasil (IBGE, 2015).

No planejamento orçamentário, o principal objetivo de um orçamento é tornar visível as deficiências do orçamento atual e tornar agentes deficitário em agentes superavitários (SOUZA, 2016), com isso Souza (2016) propõe passos práticos para controle orçamentário pessoal baseados em materiais de educação financeira de órgãos oficiais (BRASIL, 2014; BOVESPA, 2013; CVM, 2014) vistos a seguir e confirmados pelos materiais oferecidos pela ENEF (ENEF, 2019) como seguem:

1. Realizar o levantamento patrimonial atual
2. Registrar o fluxo de caixa mensal

3. Definir um valor para constituir o fundo de emergência
4. Definir metas para os projetos e investimentos

No primeiro item busca-se conhecer o cenário atual, realizando um levantamento capaz de definir o total das dívidas e o saldo patrimonial alcançado. O segundo item tem o objetivo de conhecer e devidamente separar os itens necessários dos supérfluos, priorizando os primeiros e eliminando (sempre que possível) os segundos. O terceiro item enfoca a frase que é reforçada em diversas literaturas sobre o assunto (BRASIL, 2014; NAVARRO; MASSARO, 2013; CERBASI, 2007; KIYOSAKI; LECHTER, 2014) e tida como um mantra na área de finanças pessoais que é *“pague a si mesmo primeiro”* iniciada por Clason (2006), em que o percentual de 10% dos recebimentos totais aparece como valor mínimo a ser guardado por qualquer perfil de renda. E no quarto item, alcançada a meta de construção de fundo de emergência (que deve ser algo entre 6 e 12 meses dos gastos totais), o novo fundo de poupança deve ser direcionado a uma nova meta pessoal.

O tópico Hábitos de Consumo é direcionado a reflexões sobre a prática do consumo consciente (BRASIL, 2014), que visa construir um planejamento para cada ação de consumo a ser realizada, evitando sempre que possível o consumo imediatista ou por impulso, e priorizando a frugalidade (STANLEY; DANKO, 1999) para assim evitar consumo por *status* e suprir possíveis deficiências encontradas no passo anterior.

Complementarmente aos itens anteriores, o passo de administração de dívidas também visa reservar uma parte dos recebimentos mas esta para quitação de dívidas anteriores as metas de enriquecimento estabelecidas, para isso alguns autores (ALVAREZ, 2014; CERBASI, 2007; KIYOSAKI; LECHTER, 2014; CLASON, 2006; NAVARRO; MASSARO, 2013) propõem separar uma segunda parte renda. Com este intuito, outra abordagem (SOUZA, 2016) visa propor percentuais específicos conforme o perfil individual como pode ser visto na tabela 2.5.

Os percentuais para consumo propostos devem ser utilizados para suprir as necessidades básicas individuais de forma frugal e planejada. Defini-se aqui as necessidades básicas como os quatro primeiros níveis da pirâmide motivacional proposta por Maslow (1943) vistos na imagem 2.10, que tem por objetivo priorizar o atendimento as necessidades humanas de forma a alcançar a auto-realização. Esta meta é utilizada aqui para

Tabela 2.5: Adaptação às lições sobre poupança, consumo e dívida aos padrões individualizados

Atributos			Percentual da Renda		
Casado	Filhos	Dívidas	Consumo	Dívida	Poupar
V	V	V	70	20	10
V	V	F	80	0	20
V	F	V	60	20	20
V	F	F	60	0	40
F	V	V	70	20	10
F	V	F	80	0	20
F	F	V	60	20	20
F	F	F	50	0	50

**Fonte:** Souza (2016)

também priorizar gastos como uma forma simplificada de plano de contas para planejamento orçamentário.

Figura 2.10: Pirâmide das necessidades motivacionais de Maslow



**Fonte:** Maslow (1943), Souza (2016, p. 18)

Na base estão as necessidades fisiológicas, envolvendo gastos com satisfação das três

necessidades básicas comer, beber e dormir. No segundo nível estão as necessidades com segurança e envolvem tanto a segurança física (com gastos como Moradia e alugueis) quanto a psicológica (com gastos relacionados a seguros, convênios e previdências), no terceiro nível estão os gastos sociais ou de afeto e no quarto os gastos com estima (ou auto-estima), que buscam suavizar a frugalidade exigida no processo a fim de evitar conflitos e comemorar conquistas intermediárias ao plano de auto-realização principal (CERBASI, 2013). E o último nível (nível V) a auto-realização se busca com o planejamento constante efetuado a fim de poupar aquele mínimo de 10%.

## 2.8 TRABALHOS RELACIONADOS

Buscando conhecer ferramentas utilizadas para educação financeira, realizou-se um estudo baseado no protocolo de mapeamento sistemático. Para isso, buscou-se conhecer quais softwares estão diretamente ligados à educação financeira por meio de técnicas de Inteligência Artificial. Usando as bases de dados ACM, IEEE e SCOPUS, a pesquisa foi realizada usando 12 (doze) strings de pesquisa diferentes, que interligaram termos como alfabetização financeira, educação financeira, software, Inteligência Artificial, sistemas especialistas e sistemas tutores inteligentes, como pode ser visto na tabela 2.6.

Com o escopo definido, e relacionadas as questões que deverão ser respondidas pelo levantamento com foco no tema da pesquisa proposta, as perguntas (Q) a serem respondidas pelo estudo foram as seguintes:

- Q1. Quais são as abordagens de software para educação financeira?
- Q2. Quais técnicas de Inteligência Artificial e gamificação são utilizadas?
- Q3. Quais as plataformas mais utilizadas?
- Q4. Qual o público-alvo a que estes software se destinam?

E Para limitar a análise dos retornos e a avaliar a relevância dos estudos encontrados, os seguintes critérios de inclusão (IC) e de exclusão (EC) foram considerados em formato de categorias conforme segue:

Tabela 2.6: Termos de Pesquisa

ID	Termo de Pesquisa
1	“Financial Literacy” AND Software
2	“Financial Literacy” AND Game
3	“Financial Literacy” AND “Artificial Intelligence”
4	“Financial Literacy” AND Gamification
5	“Financial Literacy” AND “Intelligent Tutoring System”
6	“Financial Literacy” AND “Expert System”
7	“Financial Education” AND Software
8	“Financial Education” AND Game
9	“Financial Education” AND “Artificial Intelligence”
10	“Financial Education” AND Gamification
11	“Financial Education” AND “Intelligent Tutoring System”
12	“Financial Education” AND “Expert System”

**Fonte:** Souza e Notargiacomo (2019, p. 18)

- IC1. *Designs* e Modelos para software de educação financeira
- IC2. Implementações realizadas utilizando-se de abordagens técnicas. Ex: Diferentes técnicas de Inteligência Artificial, Sistemas Tutores, Realidade Aumentada, Realidade Virtual, etc.
- IC3. Software desenvolvido para educação financeira
- EC1. Ferramentas para avaliação de investimentos ou riscos
- EC2. Ferramentas de gerenciamento financeiro corporativas ou de órgão públicos
- EC3. Artigos sem relação com educação financeira
- EC4. Textos completos não disponíveis

Para iniciar a pesquisa de forma mais abrangente buscando por evitar vieses, as bases de conhecimento selecionadas foram ACM *Digital Library*, IEEE Xplore *Digital Library* e Scopus, dado o foco em trabalhos de tecnologia da informação. Para localização de

artigos repetidos dentre as strings e bases, foi-se utilizado o software de gerenciamento de referências JabRef. As pesquisas foram realizadas em 30 de Abril de 2018 aplicando as *strings* a estas bases de dados, os seguintes resultados foram obtidos e tabulados na tabela 2.7.

Tabela 2.7: Critérios de inclusão e exclusão aplicados aos resultados de pesquisa

	Critérios de Inclusão			Critérios de Exclusão				
	CI1	CI2	CI3	CE1	CE2	CE3	CE4	Total
Artigos	4	3	11	14	1	46	2	81
	18			63				

**Fonte:** Souza e Notargiacomo (2019)

Os resultados obtidos não consideram filtros por data, ou seja, artigos publicados em qualquer data foram considerados justamente para aumentar a abrangência de resultados dos termos pesquisados. Foram excluídos resultados repetidos em bases de dados diferentes ou que apareciam em mais de uma *string* pesquisada, diferentes publicações de uma mesma pesquisa foram consideradas para avaliação.

Foram encontrados 81 artigos e após passar por um filtro de seleção, 18 estavam relacionados ao assunto. Essas soluções foram analisadas para se enquadrar em cinco classificações que definiram sua abordagem de software, plataforma, técnicas de Inteligência Artificial, técnicas de gamificação e público-alvo. Na abordagem do software, foi avaliado o formato de apresentação do conteúdo, seja em formato de aplicativo (App), solicitando informações e utilizando os dados para apresentar resultados, ou em formato de jogo (Jogo), apresentando conteúdo para o usuário envolvendo um enredo e capturando dados do usuário por meio de estruturas gamificadas. Em termos de plataforma, o software foi avaliado quanto à implantação de tecnologia, sendo dividido em Web, Móvel e *Desktop*. Nas Técnicas de Inteligência Artificial foram verificadas soluções utilizando algoritmos de previsão ou classificação, bem como outras soluções relacionadas à área. O item Técnicas de Gamificação buscou classificar as soluções que utilizavam elementos do jogo, como placares, níveis ou pontuações no contexto de aplicações para aplicação de conceitos e conteúdos relacionados à educação financeira.



Tabela 2.8: Pesquisa realizada com período entre janeiro 2019 a junho 2020

Database	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	Repetidos	Total
ACM-DL	10	9	9	0	0	0	5	1	1	0	0	1	0	<b>36</b>
IEEE Xplore	2	3	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	4	<b>5</b>
Scopus	16	13	2	3	0	0	9	10	2	1	0	0	12	<b>44</b>
<b>Totais</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>85</b>

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Como conclusões deste estudo, constatou-se que os softwares desenvolvidos para alfabetização financeira são, na maioria (58 %) aplicativos com alguma funcionalidade específica, como disponibilização de material de leitura sobre o tema ou mesmo para acompanhamento da rotina diária de gastos, para ser utilizado em plataformas móveis (53 %) ou web (29 %) com público-alvo voltado para adolescentes e adultos (84 %) (MARIN; NOTARGIACOMO, 2019). Um resultado a ser destacado é a ausência de aplicativos que utilizassem técnicas de Inteligência Artificial para sistematizar o conhecimento especializado no contexto da alfabetização financeira encontrados nesta pesquisa e nenhum dos aplicativos fazia uso da gamificação.

O mesmo protocolo de pesquisa foi executado utilizando como filtro o período de 2019 a 15 de junho de 2021, e novos 85 artigos, como pode ser visto na tabela 2.8 foram encontrados para o período. Destes, nove artigos que passaram pelos critérios de inclusão, sendo que três deles tratam sobre aplicativos relacionados a tópicos de finanças pessoais (WARDER et al., 2018; PŠENÁK et al., 2019; LEE, 2019), dois sobre jogos (HOFFMANN; MATYSIAK, 2019; HOSEINY; NIKNAFAS, 2020), dois utilizando gamificação (BAYUK; ALTOBELLO, 2019; INCHAMNAN; NIRANATLAMPONG; ENGBUNMEESAKUL, 2019) e dois tratam de modelos de Inteligência Artificial para utilização com educação financeira (BHATTACHARJYA et al., 2020; SAPUTRA et al., 2019), e ainda assim, nenhum dos encontrados possuem os requisitos comentados anteriormente.

Buscou-se também conhecer estudos que apresentem utilizações de técnicas de Inteligência Artificial relacionadas a finanças pessoais. Um estudo realizado por Bahram-mirzaee (2010) criou três categorias Avaliação de Crédito, gerenciamento de Portfólio e Planejamento Financeiro, para avaliação de sistemas de Inteligência Artificial para fi-

nanças e avaliou 278 artigos relacionados ao tema. Na área de Planejamento Financeiro, o autor descreve sistemas especialistas como capazes de manipular informação qualitativa por não estarem limitados a modelos matemáticos rígidos e permanecer em aprendizado constante por permitir que novas informações sejam adicionadas a sua base de conhecimento, sendo assim eficientes em reproduzir o conhecimento de especialistas em ambientes de incerteza.

Um estudo desenvolvido por Pickup (1989) descreve que o uso de sistemas especialistas para finanças pessoais como oportunidades para instituições financeiras oferecerem produtos mais focados ao perfil financeiro de seus clientes. Em Brown, Nielson e Phillips (1990), os autores avaliaram oito sistemas especialistas utilizados para planejamento financeiro e discorrem sobre os pontos positivos e negativos relacionados. Colocam a escalabilidade como um ponto positivo em relação a especialistas humanos, e nos pontos negativos, a capacidade de responder a situações não previstas em treinamentos, embora este ponto seja contornado com treinamentos constantes (LIAO, 2005). Outro estudo realizado por Dirks, Kingston e Haggith (1995), utiliza-se de um sistema baseado em conhecimento para aquisição de conhecimento de especialistas para planejamento financeiro de investidores particulares potenciais. Como descrito por Bunnell, Osei-Bryson e Yoon (2020), estas soluções são centradas em instituições financeiras e a necessidade por uma solução centrada no usuário é evidente, pois mesmo nos Estados Unidos, uma das economias mais desenvolvidas do mundo, um estudo desenvolvido pelo conselho nacional de educação financeira (NFEC, 2020) mostra que mais de 70% dos consumidores do país não sabem como realizar um planejamento financeiro pessoal.

No próximo capítulo estas teorias são combinadas a fim de propor um modelo e um Sistema Tutor Inteligente Multiagente que auxilie no alcance da auto-realização com uso de ferramentas para finanças, possibilitando automatizar o controle orçamentário de forma simplificada e acompanhada por especialistas e professores (conselheiros) para propor formas personalizadas de realizar gastos.

## Capítulo 3

# MATERIAIS E MÉTODOS

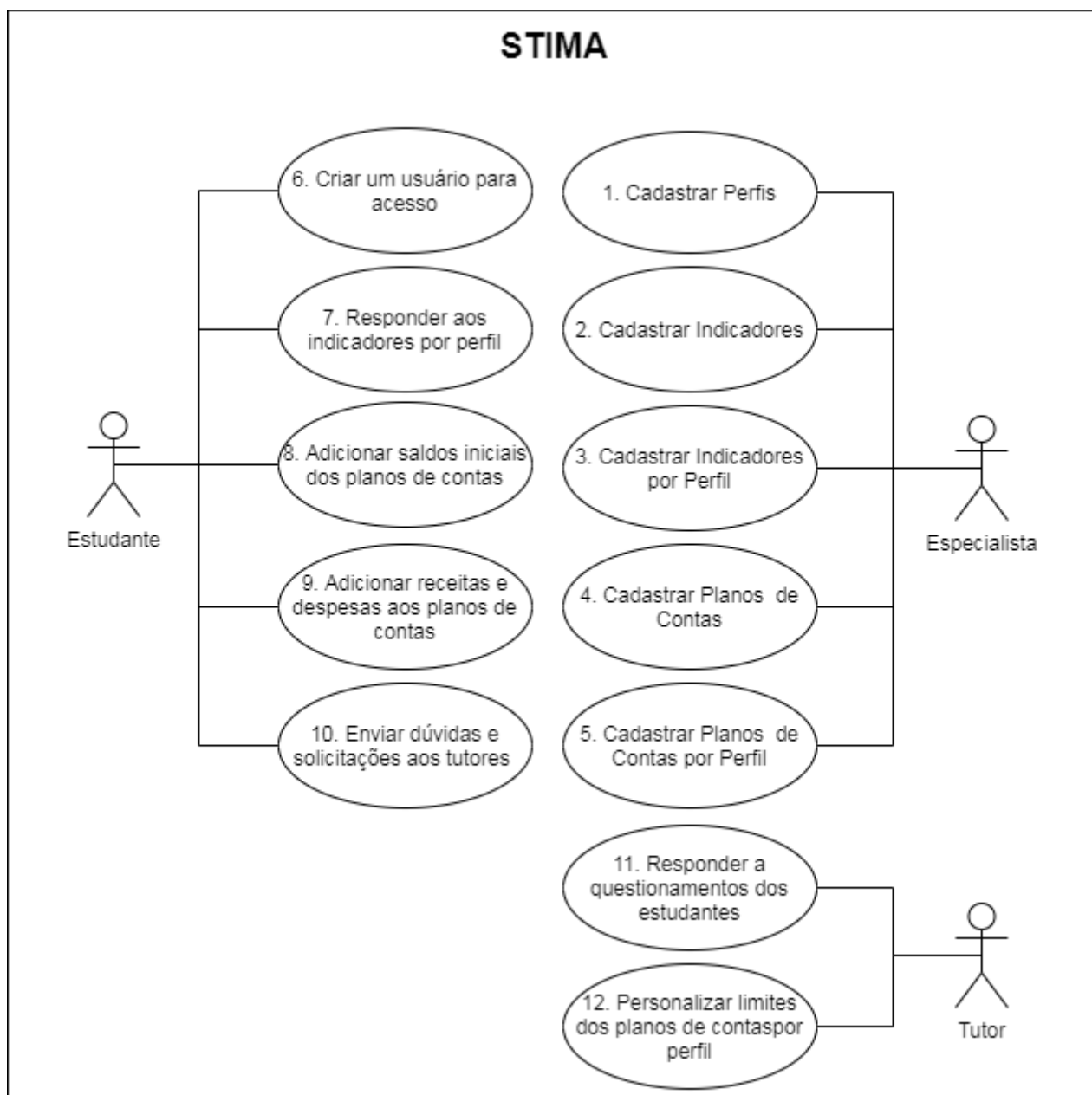
### 3.1 ANÁLISE DE REQUISITOS

O sistema proposto têm o intuito de realizar o acompanhamento das finanças pessoais dos usuários, que serão tratados aqui como estudantes. Isso envolve o auxílio de especialistas (responsáveis pelas parametrizações para personalizações do acompanhamento financeiro), de uma abordagem de Inteligência Artificial (pautada em Sistemas Tutores Especialistas e Multiagentes), e ainda dos professores (que farão o acompanhamento constante dos estudantes, propondo mudanças nas estratégias atuais). Cada um destes atores possuem acessos às áreas exclusivas do sistema, podendo ter mais de um papel ao mesmo tempo (podendo inclusive assumir os três perfis). Inclusive, destaca-se que, em revisão sistemática publicada (SOUZA; NOTARGIACOMO, 2019), nenhuma outra aplicação computacional tem esta mesma premissa.

Como pode ser visto na figura 3.1 o sistema segue as delimitações de atores da arquitetura STI Multiagente proposta por Aguiar et al. (2007, p. 269) visto na figura 3.2 anteriormente, e também os quesitos técnicos como discutido mais adiante.

Iniciando pelas funções do Especialista, os perfis são os nós da rede Bayesiana, os diversos comportamentos financeiros que um usuário pode assumir (caso de uso 1). Os indicadores (caso de uso 2) são as variáveis que serão utilizadas em formato de perguntas para ligar o usuário ao perfil. Os indicadores por perfil são cadastrados pelos especialistas (caso de uso 3) para relacionar os perfis aos indicadores para definirem o perfil de cada

Figura 3.1: Diagrama de Casos de Uso do sistema STIMA



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

estudante do sistema, seguindo o modelo proposto por Souza (2016) visto anteriormente na tabela 2.5, com a diferença de não serem indicadores fixos como os utilizados (somente casados, com filhos e/ou com dívidas), porém abertos e quantas forem necessárias.

Da mesma forma os planos de contas são grupos definidos para receitas e despesas dos usuários (caso de uso 4) e o plano de contas por perfil (caso de uso 5) seguem o modelo proposto por Souza (2016), visto anteriormente na tabela 2.5, podendo ser alterados pelo

especialista, e também servem para definir os percentuais limites aplicados às finanças dos estudantes em cada plano, ou seja sendo a renda do estudante equivalente a 100% (cem por cento) da possibilidade de movimento, cada plano de contas deve assumir uma parcela deste montante.

Os estudantes estão incumbidos de criar um perfil para acesso as ferramentas do modelo (caso de uso 6), responder aos indicadores (caso de uso 7) delimitados pelos especialistas para que, dependendo das respostas dadas, sejam incluídos a um dos perfis financeiros cadastrados.

Com isso inicia-se um ciclo de controles e acompanhamentos, no caso de uso 8 e 9, em que, tendo o perfil definido o usuário passa, com auxílio do agente de mineração de texto e agente de recomendação, a organizar suas contas dentro de um plano de contas proposto por especialistas para o perfil.

Se ainda assim houver situações específicas do estudante, uma dúvida pode ser aberta para um tutor (caso de uso 10), que o auxiliará na particularidade adaptando seu plano de contas a sua necessidade e também os limitadores para cada conta de forma personalizada (casos de uso 11 e 12).

## **3.2 MODELO STIMA**

O processo de aquisição e uso de conhecimento especialista em sistemas tutores inicia-se pelo mapeamento do problema a ser resolvido e, a partir disso, o conselho de especialistas no tema é necessário para encontrar maneiras de resolver os pontos levantados. Este conhecimento é codificado e armazenado para que, então, o sistema possa recuperá-lo adequadamente quando requisitado e, finalmente, testes são desenvolvidos para validar o modelo (CLANCEY, 1984). Baseado nesta definição, as etapas do desenvolvimento de um sistema tutor inteligente para educação financeira são demonstradas a seguir, iniciando pelo levantamento do problema como já demonstrado na seção introdução, passando pela estruturação do conhecimento de especialistas por meio de uma linguagem própria desenvolvida para o sistema, e a utilização de um interpretador no motor de inferência distribuído pelos agentes de software. E ao fim, testes técnicos realizados com especialistas para configuração do sistema e teste com um usuário em campo.

O padrão de educação financeira do modelo é o mesmo utilizado por *certified financial planners* (CFP) para acompanhamento financeiro de seus clientes, o primeiro passo é determinar o perfil do cliente por meio de um questionário, e conforme as respostas, um plano de contas é definido para acompanhamento personalizado. Este plano de contas definido sofre adequações por parte do tutor até estar adequado a realidade do cliente. A meta do sistema é realizar a educação financeira básica dos usuários, o que significa, de forma geral, auxiliá-los a balancear suas finanças pessoais para quitação de dívidas e formação de uma reserva de emergências (OECD, 2005; LUSARDI; MITCHELL, 2010; ROOIJ; LUSARDI; ALESSIE, 2011; DREXLER; FISCHER; SCHOAR, 2014; SEEGER; RETZMANN, 2016).

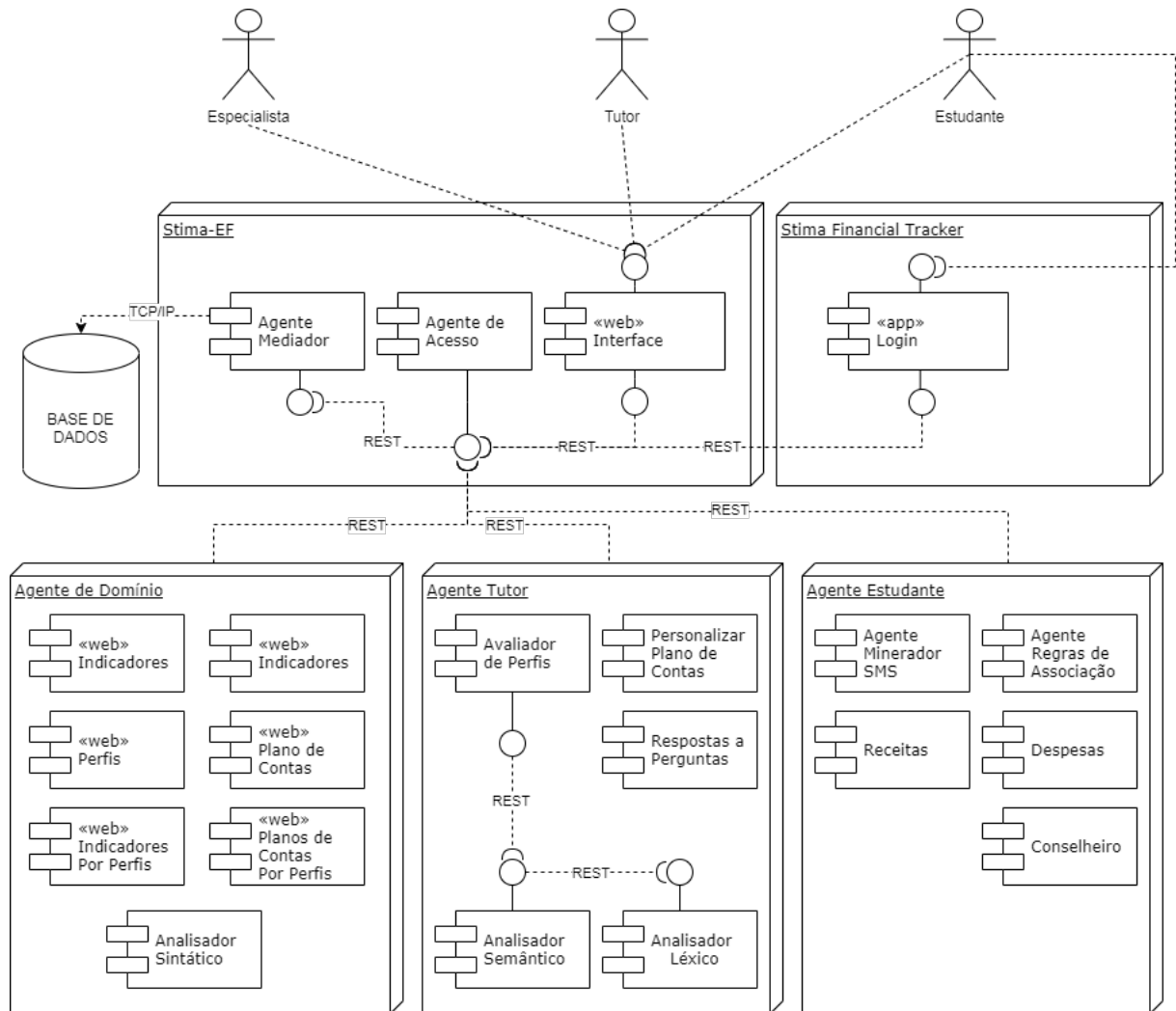
A premissa do modelo Stima é utilizar este método sem haver a necessidade de acompanhamento presencial, onde as ferramentas de Inteligência Artificial devidamente parametrizadas possibilitem que o próprio estudante acompanhe suas finanças conforme as propostas dos tutores e especialistas. Para isso, o ator especialista é responsável por inserir dados de perfis e planos de contas padrões por meio do agente de domínio. O ator tutor é responsável em auxiliar na seleção de perfis para os estudantes e personalizar planos de contas determinadas pelo motor de inferência e o ator estudante, figura central do modelo, responsável em responder os indicadores de perfil e utilizar seguir as orientações de consumo para quitação de dívidas e formação de poupança.

O diagrama de componentes apresentado na figura 3.2 demonstra a interligação e o fluxo de informações entre os diversos agentes do modelo STIMA, que unifica diversas ferramentas para acompanhamento e auxílio a tomada de decisões financeiras. Iniciando por uma interface única para autenticação e autorização dos diversos atores do sistema, podendo um mesmo usuário possuir todos os 3 perfis ao mesmo tempo.

Nesta arquitetura adaptada do modelo proposto Aguiar et al. (2007, p. 269), o agente mediador agora tem posição de centralizador de comunicação, sendo também o responsável pela comunicação interagentes. Cada agente tem uma forma particular de funcionamento como pode ser visto a seguir:

- Web Interface: Um menu principal responsável por disponibilizar os retornos dos agentes domínio, tutor e agente aos seus respectivos atores.

Figura 3.2: Diagrama de Componentes do Modelo STIMA



**Fonte:** adaptado de Aguiar et al. (2007, p. 269).

- **Agente de Acesso:** Responsável em negociar tokens de segurança entre a interface e os demais agentes.
- **Agente Domínio:** Determina as regras que possibilitam ao Especialista preencher os dados de domínio do sistema, comentados anteriormente, composto aqui por cinco estruturas de controle (Perfis, Indicadores, Indicadores por Perfil, Planos de Contas e planos de contas por Perfis).
- **Agente Tutor:** Habilita controles específicos do Professor, neste caso, responsável pelas funções de respostas aos questionamentos dos estudantes e um editor de planos de contas e seus percentuais de forma a permitir realizar personalizações para cada

estudante.

- Agente Estudante: Composto por um agente de mineração de dados (capaz de extrair informações de mensagens SMS e carrega-las ao perfil do estudante), um agente responsável em recomendar classificações de planos de contas para os estudantes, e um agente que controla as regras de visualizações dos limitadores utilizados, assim como cadastrar receitas e despesas manualmente e ainda alterar planos de contas de contas cadastradas (manual ou automaticamente).
- Agente Mediador: Um observador capaz de controlar a comunicação entre agentes e ainda persistir os dados em bancos de dados.

Os três atores (Especialista, Tutor e Estudante) utilizam-se de uma interface web para a parametrização do sistema, que solicita e envia dados para os demais agentes do sistema por meio do agente de acesso, este é responsável em autenticar e autorizar todos os usuários em seus papéis, e também por trocar tokens de acesso para a criptografar todas as comunicações entre os agentes. O agente de domínio coordena as atividades de aquisição de conhecimento que faz uso da utilização de estrutura de redes Bayesianas determinísticas (RUSSELL; NORVIG, 2010; NEAPOLITAN, 2004) comentada anteriormente.

Para isso, o especialista cria os nós da rede (perfis) e os relaciona por meio de variáveis (indicadores) que são apresentados aos estudantes em formato de perguntas. Se comparado ao exemplo médico dado anteriormente, cada perfil (nó) apresenta um problema financeiro específico, que pode ser diagnosticado por meio de sintomas apresentados por cada estudante, e um tratamento é apresentado para este perfil em formato de plano de contas.

O relacionamento das variáveis aos nós é realizado utilizando a linguagem Stima, uma sintaxe própria do sistema para comparar as respostas dadas a cada indicador e inferir um perfil adequado ao estudante. As declarações possuem sintaxe delimitada por parênteses e está relacionada diretamente ao comportamento de um indicador em relação ao perfil que está associado, a esta associação se dá o nome de Indicadores por Perfil. O analisador sintático presente no agente de domínio avalia se a estrutura da sentença está correta de acordo com as regras da linguagem antes de realizar seu armazenamento, como pode ser visto na figura 3.3.



Figura 3.3: Analisador sintático em funcionamento

StimaExpert Menu

maui

**Edição do Indicador por Perfil** \* Obrigatório

Perfil \*

Indicador \*

Fórmula de respostas \*

☒ Exclusivo

© 2020-2021 - Rafael Marin. Versão 0.1.0

**Fórmula de Respostas inválida!**  
) Missing

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

O modelo utiliza-se de uma linguagem própria para combinar os indicadores aos perfis, a linguagem utiliza-se que uma estrutura baseada em parênteses para testar os indicadores para cada um dos perfis conforme a regra adicionada, e assim definir o perfil mais indicado conforme as respostas dos estudantes.

Um analisador sintático avalia esta estrutura no ato de seu cadastramento no módulo especialista, não permitindo que a expressão seja salva caso exista algum erro, este agente verifica se a sequência e a utilização dos símbolos está correta, e um segundo agente, o avaliador léxico utiliza-se desta expressão cadastrada realizando sua decomposição no formato, e após decomposto um analisador semântico realiza a comparação dos valores respondidos com os valores constantes na expressão.

O modelo recupera este conhecimento e, por meio de um analisador semântico presente no agente Tutor, decompõe as declarações armazenadas e as executa para avaliar o perfil do estudante com base nas respostas aos indicadores. Esse avaliador testa todas as respostas aos indicadores inseridos pelos especialistas em todos os perfis e define o perfil utilizando um percentual probabilístico chamado Afinidade no modelo. O perfil com maior afinidade é atribuído ao estudante e caso exista mais de um perfil com a mesma probabilidade, o tutor pode selecionar um perfil.

A linguagem Stima, utilizada para representação e armazenamento de conhecimento especialista segue três passos comuns a linguagens de programação: análise sintática, análise léxica, e análise semântica (SCIORE, 2020; ANDUJAR; VIJULIE; VINACUA, 2020). No primeiro passo, o *parser* presente no agente de domínio valida se o comando

está escrito na sequência correta, avaliando se os *tokens* da linguagem estão propriamente posicionados para que o analisador léxico possa decompô-lo da maneira correta, como pode ser visto na tabela 3.2.

No agente de domínio, acontece a conversão do conhecimento dos especialistas para regras que o sistema pode armazenar e recuperar quando necessário para realizar a interpretação e criar inferências.

Tratado por Russell e Norvig (2010, p. 254) como agentes baseados em conhecimento (*knowledge-based agents*), são softwares capazes de reconhecer **sentenças**, que são trechos expressos numa linguagem de representação de conhecimento. O agente RuleInterpreter, como descrito na tabela 3.1, é o responsável no modelo Stima em receber respostas de estudantes e relacionar estes valores a uma sentença.

Tabela 3.1: Descrição PEAS do agente RuleInterpreter

Tipo de Agente	Medidas de Performance	Ambiente	Atuadores	Sensores
Agente baseado em Conhecimento	Assertividade na tradução de sentenças expressas em linguagem de representação de conhecimento	STIMA	Valor da Sentença	Respostas de Indicadores

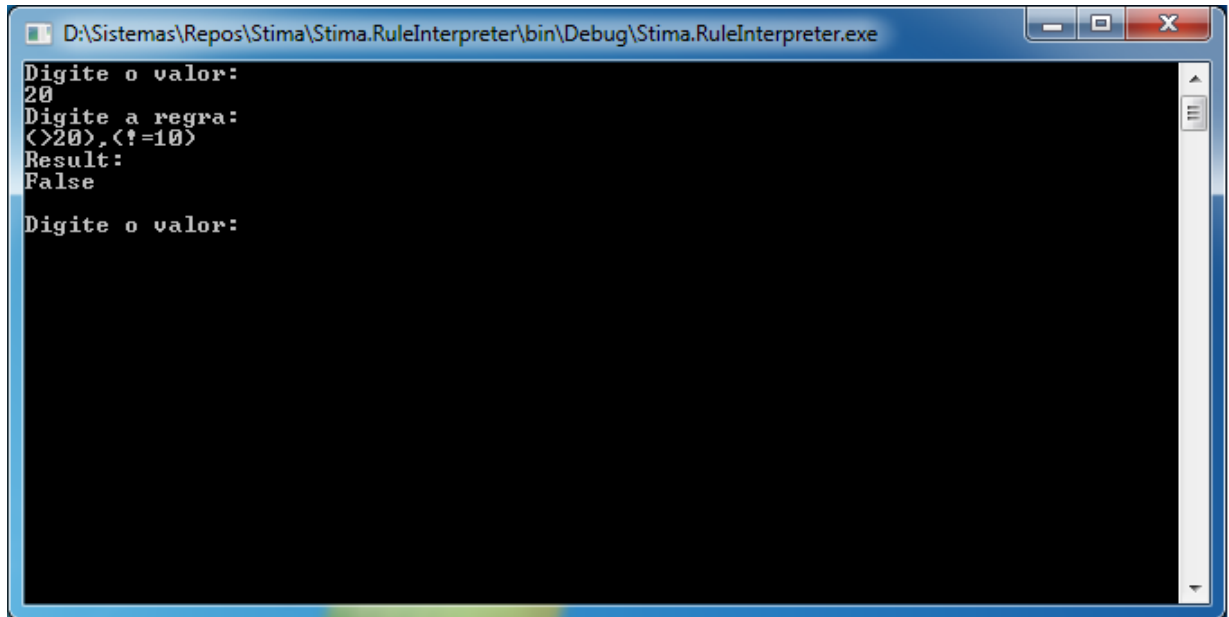
**Fonte:** Russell e Norvig (2010, p. 42), Rezende (2003, p. 285) e Souza et al. (2019, p. 3)

Para isso, recebe como entradas um valor vindo do modelo Stima, podendo ser número inteiro, valor com decimal ou mesmo um texto, e também uma sentença, como pode ser visto na figura 3.4. A sentença é expressa em linguagem criada e utiliza-se de uma estrutura baseada em parênteses, de operadores lógicos e (and) representado por vírgula, e o operador lógico ou (or) representado por ponto e vírgula, assim como os operadores de comparação comuns em linguagens de programação (>, >=, <, <=, ==, !=).

Para realizar esta tarefa possui internamente três avaliadores, o sintático, o léxico e o semântico. O avaliador sintático é responsável em testar se a escrita da sentença possui o sequenciamento correto de caracteres. Na linguagem Stima, o avaliador sintático aplica 12 regras gramaticais, enumeradas a seguir, e para cada uma regra das apresenta uma mensagem informando a falha deve ser corrigida, como pode ser visto na imagem 3.5.

1. Regra Vazia: Se o campo Regra está em branco.

Figura 3.4: Funcionamento isolado do Agente RuleInterpreter



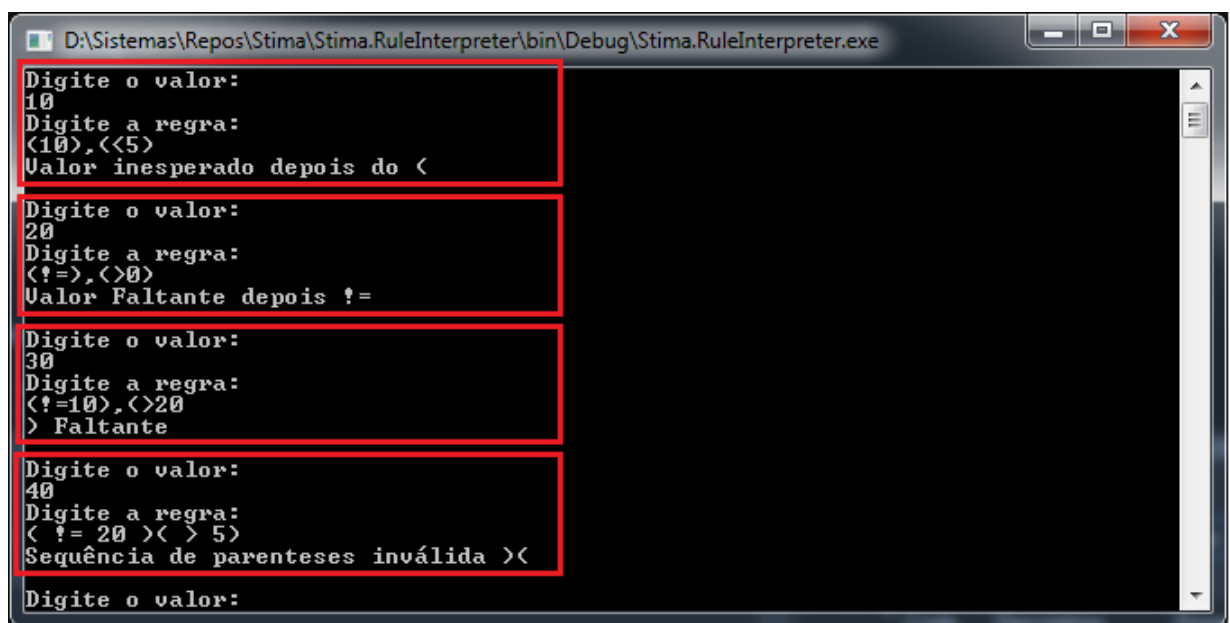
**Fonte:** Elaborado pelo Autor

2. Quantidade de Parenteses Abertos e fechados
3. Quantidade de Aspas duplas (") abertas e fechadas: Para validação de textos.
4. Início da sentença obrigatório com parenteses.
5. Finalização com parenteses obrigatório.
6. Falta de operador Lógico entre blocos.
7. Falta de conteúdo entre os parenteses.
8. Validação de Caracteres depois dos operadores lógicos: Permitido somente abertura de parenteses.
9. Validação de Caracteres depois de operadores de comparação: Somente permitido aspas duplas e números.
10. Caracteres próximos ao fechamento de Parenteses: Somente permitido aspas duplas, números e outro parentese.
11. Carácteres depois a abertura de Parenteses: Somente comparadores aritméticos ou outro parenteses.

12. Não é permitido Sentença sem operadores aritméticos.

Dado o número de regras comentados, e a especificidade do cenário (armazenamento de conhecimento), a escolha por desenvolver uma nova linguagem foi realizada para eliminar as estruturas desnecessárias de outras linguagens formais. As vantagens relacionadas a esta abordagem está no fato do modelo de que as estruturas da linguagem Stima são menores do que as de outras linguagens como de mercado e foi criada com base nos requisitos propostos para uma linguagem de representação de conhecimento propostos por Russell e Norvig (2010, p. 243).

Figura 3.5: Validação Sintática



```
D:\Sistemas\Repos\Stima\Stima.RuleInterpreter\bin\Debug\Stima.RuleInterpreter.exe
Digite o valor:
10
Digite a regra:
<10>,<<5>
Valor inesperado depois do <

Digite o valor:
20
Digite a regra:
<!=>,<>0>
Valor Faltante depois !=

Digite o valor:
30
Digite a regra:
<!=10>,<>20
> Faltante

Digite o valor:
40
Digite a regra:
< != 20 >< > 5>
Sequência de parenteses inválida ><

Digite o valor:
```

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

O exemplo da figura 3.5 quebra propositalmente as regra 11, onde o primeiro operador de comparação depois do parentese de abertura foi suprimido, a regra 9, onde o valor referente a primeira comparação foi suprimido, a regra 5, onde o parentese de finalização foi suprimido e a regra 6, onde o operador lógico foi suprimido.

Após a correta validação destas regras, o avaliador Léxico assume a análise da sentença para decompor os termos para utilização. Primeiro é avaliada a profundidade dos operadores condicionais e lógicos. A figura 3.6 apresenta algumas declarações construídas na sintaxe correta, o que inclui operadores de comparação e operadores lógicos AND (,) e OR (;) como pode ser visto a seguir.

Figura 3.6: Avaliador Léxico e Semântico

```

D:\Sistemas\Repos\Stima\Stima.RuleInterpreter\bin\Debug\Stima.RuleInterpreter.exe
Digite o valor:
10
Digite a regra:
<>0> , < <!=1> ; < <10> >
Result:
True

Digite o valor:
20
Digite a regra:
<>9> , <<15>
Result:
False

Digite o valor:
100
Digite a regra:
<<=100> , <>0>
Result:
True

Digite o valor:
TESTE
Digite a regra:
<="TESTE">
Result:
True

```

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Utilizando o primeiro exemplo dado na figura 3.6, a seguinte sentença expressa na equação 3.1 foi utilizada pelo avaliador léxico.

$$(> 0), ((! = 1); (< 10)) \quad (3.1)$$

Para o comando exemplificado, o analisador léxico irá decompor os termos para a memória de trabalho como pode ser visto na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Representação da Memória de trabalho utilizada pelo avaliador Léxico

Comp	Value	CompLevel	LogicOp	LogicOpLevel
>	0	1	,	1
!=	1	2	;	2
<	10	2		

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

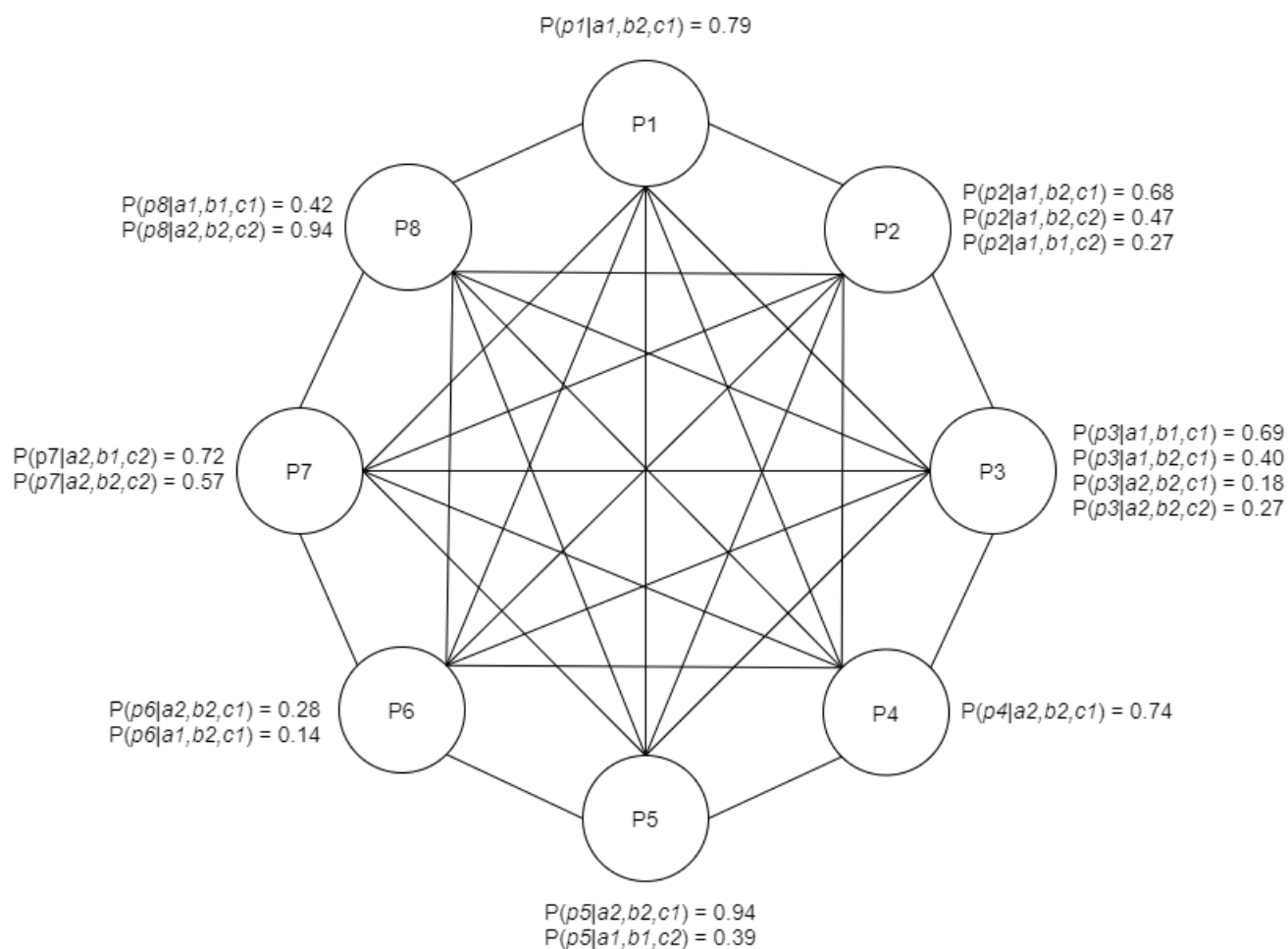
Com isso, o analisador semântico usa a estrutura apresentada na tabela 3.2 para avaliar cada nível da declaração conforme o valor de entrada apresentado ao agente, iniciando por resolver as operações de comparação (*compLevel*) com níveis mais altos (no exemplo iniciando pelo nível 2), executando-os com operadores lógicos (*logicOp*) de mesmo nível (*logicOp Level*) até que todos sejam levados ao nível 1, e finalmente, somente um valor (VERDADEIRO ou FALSO) é definido para a operação Russell e Norvig (2010, p. 245).

No modelo STIMA este agente é conectado a uma base de conhecimento (*knowledge base*, *KB*), para realizar a interpretação de um modelo definido por especialistas em finanças como será descrito mais adiante. O armazenamento do conhecimento é realizado seguindo o conceito de redes Bayesianas de Neapolitan (2004), também tratado por (RUSSELL; NORVIG, 2010). Para auxiliar na visualização do padrão de armazenamento de conhecimento utiliza-se como exemplo uma rede com oito nós e duas variáveis ( $a, b, c$ ) e dois valores possíveis por variável, verdadeiro ( $a1, b1, c1$ ) e falso ( $a2, b2, c2$ ), como pode ser visto na figura 3.7.

Redes Bayesianas podem ser utilizados como classificadores que permitem a versatilidade de configuração, podendo ser utilizado em diversos contextos, como exemplo dado por Neapolitan (2004, p.4) na área médica, cada nó pode, representar uma doença e cada variável pode representar um sintoma, e dada uma anamnese respondida pelo usuário o sistema pode auxiliar a identificar a doença. Num exemplo hipotético, se o modelo for utilizado na área de Gastronomia, e definirmos cada nó como uma prato, e pode-se considerar as variáveis os ingredientes, como a variável  $a$  representando a presença de amêndoas numa determinada sobremesa, a variável  $b$  a presença de bananas e a variável  $c$  a presença de canela, se os valores apresentados pelo ambiente (neste caso as respostas de um usuário) demonstrarem a presença dos três ingredientes no prato, o nó P3 será selecionado como a melhor probabilidade de representar o prato.

No modelo stima, cada nó dessa rede (P1 a P8) é chamado de Perfil e pode ser configurado pelo especialista, não havendo um limite de nós que podem ser configurados. Cada variável presente no exemplo ( $a, b, c$ ) é chamada de indicadores e também podem ser configuradas conforme a necessidade do contexto a que estão sendo aplicadas. Para relacionar tanto as variáveis aos perfis uma terceira estrutura é utilizada chamada de Indicadores

Figura 3.7: Modelo de Armazenamento de conhecimento utilizado



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

por Perfil e são responsáveis por armazenar a notação probabilística ( $P(a1,b1,c1)$ ), que são armazenadas em forma de sentenças na linguagem de representação de conhecimento criada para o modelo discutida anteriormente.

No modelo Stima, o método de tomada de decisão multicritério apresentado por (FISHBURN, 1967) é utilizado para calcular a probabilidade apresentada na figura 3.7 conforme os valores provenientes do ambiente. De acordo com Triantaphyllou (2000) existem três passos comuns a estes métodos:

1. Determinar a relevância dos critérios e alternativas (respectiva Perfis e indicadores no modelo STIMA).

2. Relacionar uma medida numérica de importância a cada critério.
3. Processar um ranking de critérios conforme as alternativas.

Este processo é utilizado aqui para integrar a estrutura das redes Bayesianas, comentada anteriormente, usando o *weighted Sum Model* (*WSM*) conforme a equação 3.2 como se segue:

$$A_{(WSM-score)}^* = \max_i \sum_{(j=1)}^n = a_i j w_j, for i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.2)$$

Conforme a equação 3.2, dado uma base de dados que contenham os critérios de decisão ( $n$ ) o  $A_{(WSM-score)}^*$  é a soma da pontuação de cada critério ( $j$ ), que contém um *subset* de alternativas ( $m$ ), onde cada alternativa é pesada conforme o peso do critério ( $w_j$ ).

Afinidade é o nome dado para o  $A_{(WSM-score)}^*$  no modelo Stima, onde os critérios são os Perfis comentados e as alternativas são os indicadores por Perfil cadastrados pelo especialista, e o peso do perfil é definido conforme o indicador Exclusivo.

Para o modelo, todos os Perfis possuem o mesmo grau de importância iniciando o peso do perfil com neutro (1) para todos os perfis avaliados, este peso é alterado para 0 caso algum indicador exclusivo contenha a resposta Falso, ou seja, se algum indicador Exclusivo do perfil for negado o perfil todo é automaticamente excluído da análise. O que significa dizer, por exemplo, se uma doença for exclusivamente Feminina e o indicador gênero for definido como Masculino a doença é excluída das possibilidades. Todo este fluxo envolvendo linguagem própria, agente baseado em conhecimento, redes Bayesianas e o *WSM-score* foi utilizado no contexto de educação financeira.

Um dos agentes que compõem o agente tutor testa todas as respostas dadas pelo estudante aos indicadores para todos os perfis registrados, sempre iniciando por indicadores exclusivos, que são regras capazes de zerar os pesos de todos os indicadores e a afinidade para todo o perfil caso a condição não seja atendida, em outras palavras, se um indicador exclusivo for marcado como falso, todas as demais regras param de ser testadas e perfil é removido das possibilidades para estudante.

Conforme as respostas dadas aos indicadores pelo estudante, o perfil com maior Afi-



nidade é definido para o estudante. Se mais de um perfil for avaliado com a mesma pontuação, o ator Tutor deve selecionar um perfil para o estudante dentre os perfis selecionados. Ao selecionar um perfil, um plano de contas com limites de utilização definidos é selecionado para o estudante pelo agente tutor. Se utilizar o exemplo de diagnósticos médicos dado anteriormente, o este plano de contas é o tratamento recomendado. Com o diagnóstico realizado, o agente tutor também é responsável por funções que permitem a personalização do planos para cada estudante separadamente.

Para auxiliar aos usuários manter os planos de contas devidamente preenchidos, um agente de mineração de textos foi adicionado ao sistema detalhado na seção arquitetura no agente Estudante. O processo de mineração realiza a análise de um corpus para descoberta de padrões (AGGARWAL; ZHAI, 2012), o processo é executado com uma filtragem inicial dos dados, removendo os artigos e preposições em seguida uma transformação dos dados é necessária para remover o gênero e o gerúndio, e para o caso do português brasileiro, também a remoção de acentos. Após este tratamento inicial, diversos tokens são testados dentro do corpus para encontrar informações relevantes como datas e horários da movimentação, valor e origem de operação. Após este processo, um último tratamento é realizado a fim de inferir dados faltantes necessários ao modelo, como ano de ocorrência em datas que possuem somente dia e mês e outras informações.

O tratamento proposto para o perfil selecionado é apresentado aos estudantes em forma de plano de contas que possuem limites definidos para o total de gastos que podem ser realizados. Isso serve para que os estudantes utilizem esses percentuais como guia na hora de realizar seus gastos, auxiliando na tomada de decisão, e para auxiliá-los na formação de reservas de emergências.

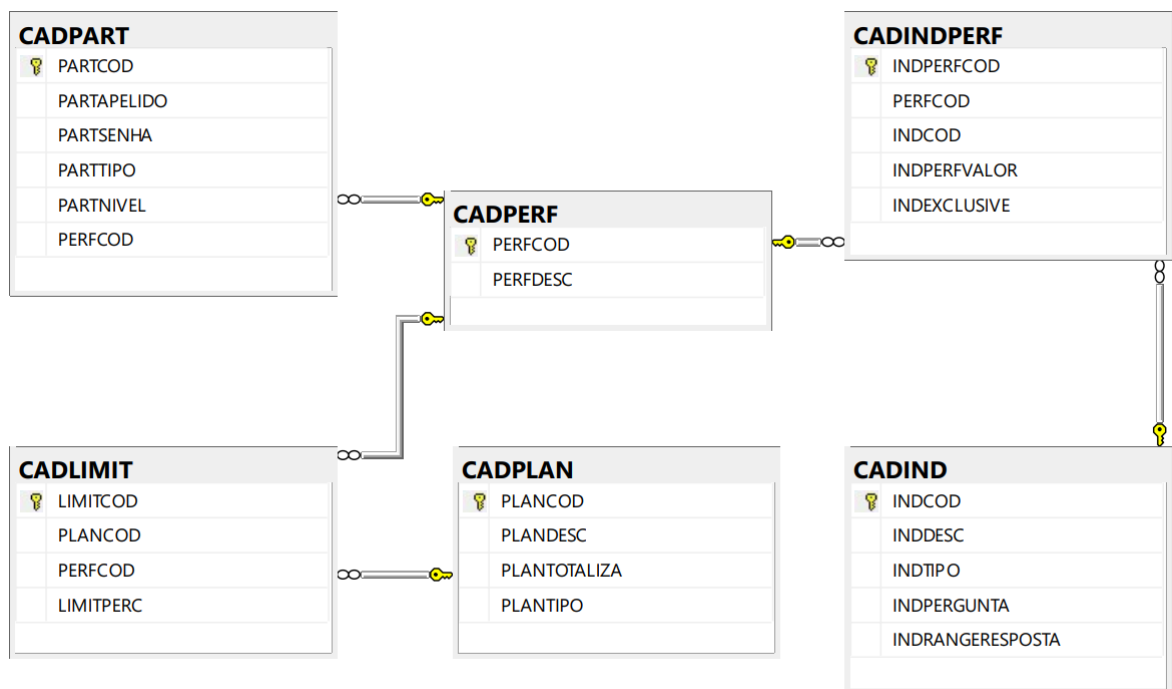
Todos os dados gerados pelos estudantes são armazenados na base de dados de perfil por meio do agente de segurança de dados. Este agente adiciona mais uma camada de segurança ao gerenciar o controle de acesso dos agentes ao banco aos dados por meio de validação de tokens.

### 3.3 SISTEMA STIMA

Como definido pelo Conselho internacional engenharia de sistemas e Software (INCOSE) (INCOSE, 2012), sistemas são combinação de elementos que interagem para alcançar um objetivo específico, incluindo *hardware*, *software*, *firmware*, pessoas, e outros elementos de suporte.

O sistema desenvolvido para validação do modelo foi construído em C Sharp utilizando-se do padrão de design MVC, hospedado em cloud privada com a utilização de SQL Server 2019 como banco de dados. A ferramenta de acompanhamento de finanças, chamado de Stima Financial Tracker, utiliza-se do mesmo banco de dados e foi desenvolvido em React Native para plataforma mobile. A base de dados de domínio contém os dados relacionados à estrutura da rede Bayesiana e os treinamentos adicionados pelos especialistas conforme estrutura que pode ser vista na figura 3.8.

Figura 3.8: Base de Dados de Domínio

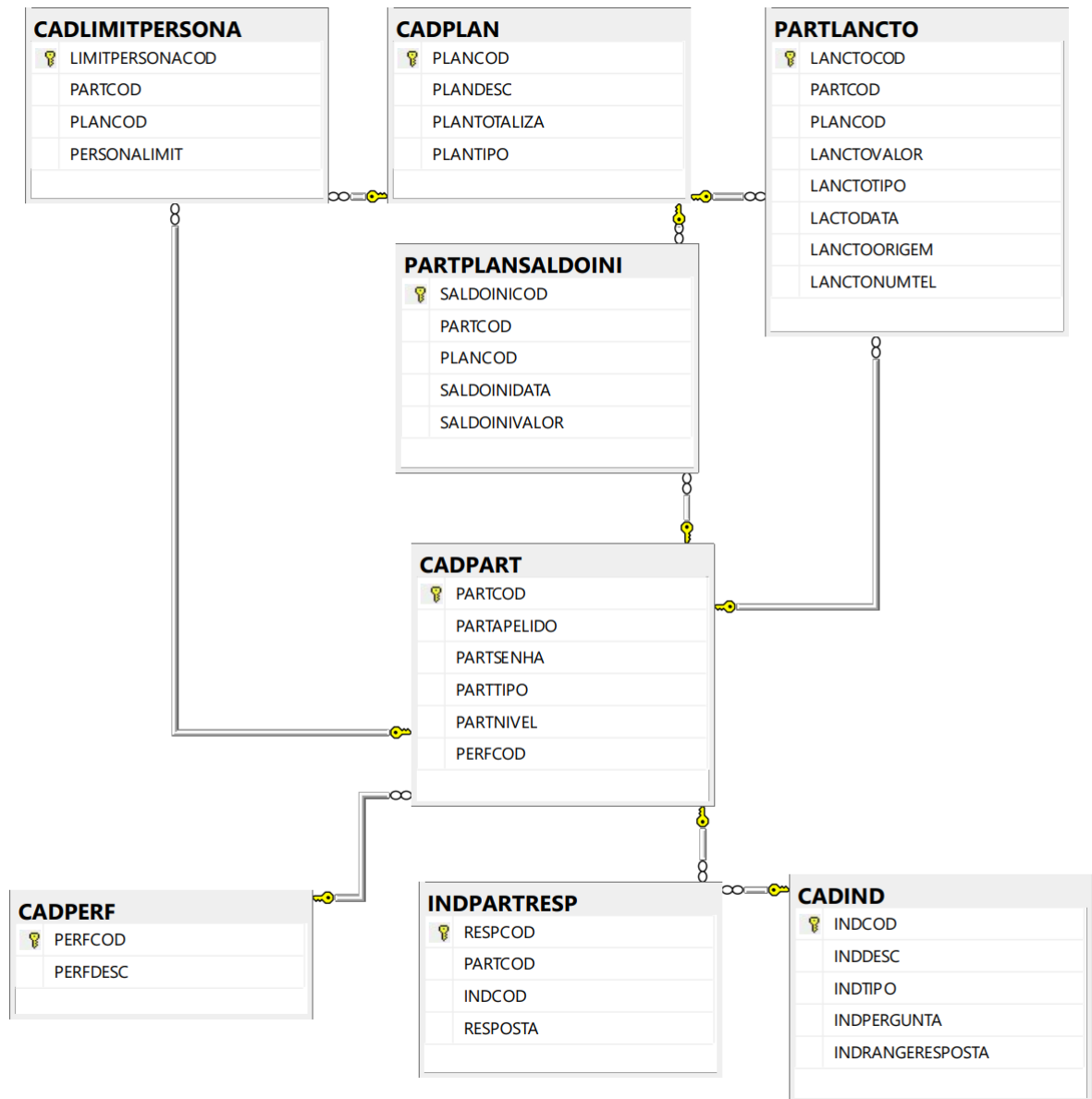


**Fonte:** Elaborado pelo Autor

A base de dados de perfil (*Profile Database*) contém os dados do usuário. Os dois bancos de dados possuem algumas estruturas em comum, como pode ser visto na figura

3.9, o que permitiu que a implementação de ambos fosse realizada dentro de um mesmo arquivo.

Figura 3.9: Base de Dados de Perfil



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

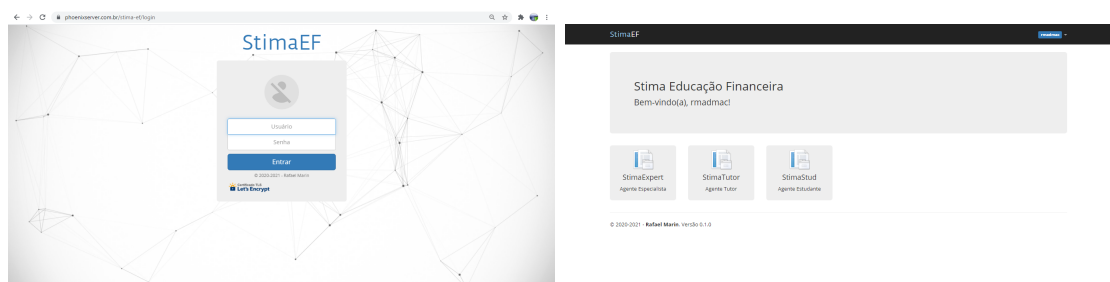
O nome proposto para o sistema - STIMA - foi o termo encontrado para representar todas suas características em uma só palavra, pois é o acrônimo para **S**istemas **T**utores **I**nteligentes **M**ulti-**A**gentes em português e uma palavra em italiano que representa Estimativa, e também Estima, o primeiro relacionado as técnicas de mineração de dados

levantadas no tópico anterior (CASTRO; FERRARI, 2016) e a segunda com relação ao objetivo principal da educação financeira, a auto-estima como pode ser acompanhado nos levantamentos realizados (MASLOW, 1943).

O grupo do projeto é composto por 6 (seis) agentes separados, cada qual com sua responsabilidade única conforme seguem: um agente para a interligação do banco as interfaces (StimaAPI), um para as interfaces especialistas (StimaEXPERT), um para as interfaces professor (StimaTUTOR), um para a interface Aluno (StimaESTUD), um integrador (StimaEF) e um agente de regras de associação, como pode ser visto na imagem ?? a seguir.

Os agentes se comunicam entre si por meio do agente integrador (StimaEF), responsável em identificar e autorizar o usuário, quando devidamente logado. Este envia mensagens criptografadas entre os agentes contendo usuário e senha para determinar se o usuário logado possui acesso a solicitação realizada, como pode ser visto na figura 3.10.

Figura 3.10: Agente Integrador de Interfaces (StimaEF)



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

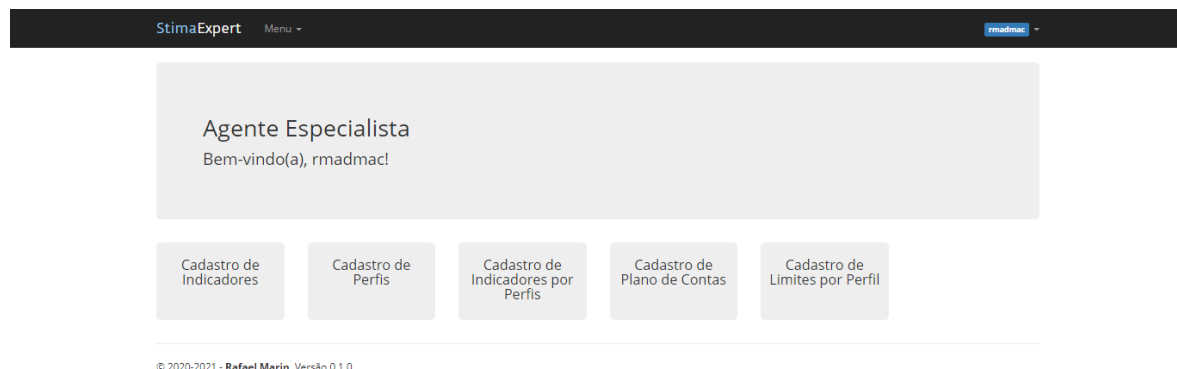
### 3.3.1 AGENTE ESPECIALISTA (StimaExpert)

O agente especialista é composto por uma interface que controla o acesso do especialista as funções de parametrização do sistema descritas a seguir, como pode ser visto na figura 3.11.

#### Indicadores

O cadastro de Indicadores possibilita ao especialista adicionar perguntas aos estudantes, para tanto ele deve definir o tipo de dado esperado como resposta dentro os tipos

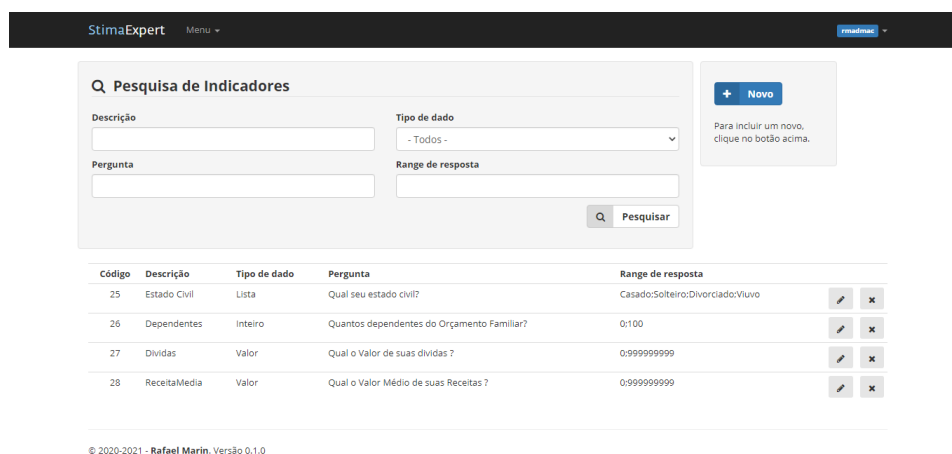
Figura 3.11: Interface do Agente Especialista (StimaExpert)



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

definidos (Inteiro, Valor, Alfa, Lista e Booleano), uma descrição utilizada como indexador das perguntas, e os limitadores (filtros) para respostas possíveis vistos na figura 3.12. Estas perguntas são apresentadas aos usuários Estudantes no primeiro acesso e a cada nova pergunta acrescentada ao cadastro que ainda não tenha sido respondida por ele. As respostas dadas a cada indicador cadastrados podem ser alteradas a qualquer momento por meio da função Estudante - Respostas aos indicadores.

Figura 3.12: Interface Especialista para Indicadores



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

## Perfis e Indicadores de Perfis

O cadastro de Perfis permite ao especialista cadastrar quantos perfis financeiros quanto achar necessário. O indicador por perfil é o cadastro que possibilita interligar os estudantes a um perfil que mais se assemelhe a suas características. Estes perfis possuem ligação com os indicadores por meio de um campo utilizado para indicar valores que permitem esta classificação. Chamados aqui de fórmula de resposta, esses filtros têm uma sintaxe própria, como comentado anteriormente, onde ponto e virgula (;) é o operador lógico (ou), virgula (,) é o operador lógico (e) e operadores aritméticos (=, >, <, >=, <=) seguidos do valor a que devem atender como foi tratado anteriormente e como pode ser visto na figura 3.13. O campo exclusivo, permite determinar se o indicador possui a capacidade de zerar os pesos para o Perfil em análise caso seja avaliado como falso.

O cálculo é realizado para localizar todos os perfis com indicadores positivos, com base nas premissas tratadas anteriormente, sendo que o perfil com mais indicadores que atendem a fórmula de resposta é selecionado para o Estudante.

Figura 3.13: Interface Especialista para Indicadores por Perfil

**Q Pesquisa de Indicadores por Perfil**

Perfil: - Todos -

Indicador: - Todos -

Fórmula de respostas

Pesquisar

**Novo**

Para incluir um novo, clique no botão acima.

Código	Exclusivo	Indicador	Fórmula de respostas
136	True	PERFIL 1	(=="Casado")
137	True	PERFIL 1	(>0)
138	True	PERFIL 1	(>0)
139	True	PERFIL 2	(=="Casado")
140	True	PERFIL 3	(=="Casado")
141	True	PERFIL 4	(=="Casado")
142	True	PERFIL 5	(=="Solteiro"  =="Divorciado"  =="Viúvo")

Fonte: Elaborado pelo Autor

## Planos de Contas

O cadastramento dos planos de contas permite adicionar contas em dois níveis, permitindo uma conta sintética para N contas analíticas (RIBEIRO, 2017), como pode ser

visto na figura 3.14, os débitos e créditos de cada conta são realizados por meio da função estudante Lançamentos. O plano de contas é um cadastro compartilhado, ou seja, é independente de perfil ou de participante. Os saldos dos planos de contas são controlados por participante e possuem abertura todo dia 01 de cada mês (mantendo sempre os históricos anteriores).

Figura 3.14: Interface Especialista para Planos de Contas

**StimaExpert** Menu fmadmac

**Q Pesquisa de Planos de Contas**

Descrição

Conta totaliza - Todos - Tipo - Todos -

Para incluir um novo, clique no botão acima.

Código	Descrição	Conta totaliza	Tipo
8	Consumo	Ativo	Sintética
9	Dívidas	Ativo	Sintética
10	Poupança	Ativo	Sintética

© 2020-2021 - Rafael Marin. Versão 0.1.0

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

## Limitadores por Perfil

Os limitadores por perfil fazem uso da metodologia proposta por Souza e Mustaro (2015) e por Souza (2016), descrita na tabela 2.5, que, como dito anteriormente, é baseada em um mesmo conceito utilizado por diversos autores (ALVAREZ, 2014; CERBASI, 2007; CLASON, 2006; NAVARRO; MASSARO, 2013; KIYOSAKI; LECHTER, 2014). Estes tratam sobre a divisão da renda em pelo menos três partes, destinadas respectivamente a consumo, pagamento de dívidas anteriores e poupança. Este cadastro faz uso do plano de contas para personalizar os percentuais limites de gastos e poupança para cada perfil. E, caso necessário, o perfil professor possui função para personalizar estes percentuais por estudante, caso os limitadores do perfil indicado não sejam suficientes, um exemplo de sua utilização pode ser visto na figura 3.15.

Figura 3.15: Interface Especialista para Limitadores por Perfil

**Q Pesquisa de Limites por Perfil**

Perfil:  Conta:  Limite:  %

Para incluir um novo, clique no botão acima.

Código	Perfil	Conta	Limite		
10	PERFIL 1	Consumo	70,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
11	PERFIL 1	Dividas	20,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
12	PERFIL 1	Poupanca	10,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
13	PERFIL 2	Consumo	80,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
15	PERFIL 2	Poupanca	20,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
17	PERFIL 3	Consumo	60,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
18	PERFIL 3	Dividas	20,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>
19	PERFIL 3	Poupanca	20,00%	<input type="button" value="✎"/>	<input type="button" value="✕"/>

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 3.3.2 AGENTE ESTUDANTE (StimaESTUD)

#### Solicitação de Auxílio

Área do sistema utilizado pelos alunos para solicitar auxilio para os usuários do tipo Tutor, estes por sua vez podem ter acesso ao plano de contas do aluno para personalizar os seus limites, como visto na figura 3.16.

#### Respostas aos Indicadores

Esta funcionalidade é ativada todo vez que o sistema inicia e faz uma varredura sobre todos os indicadores já respondidos, apresentando ao usuário todas as questões que ainda não foram respondidas. Com isso, o sistema se utilizará destas respostas para traçar um perfil dentre os especificados pelos especialistas no modulo Perfis tratado anteriormente (figura 3.17).

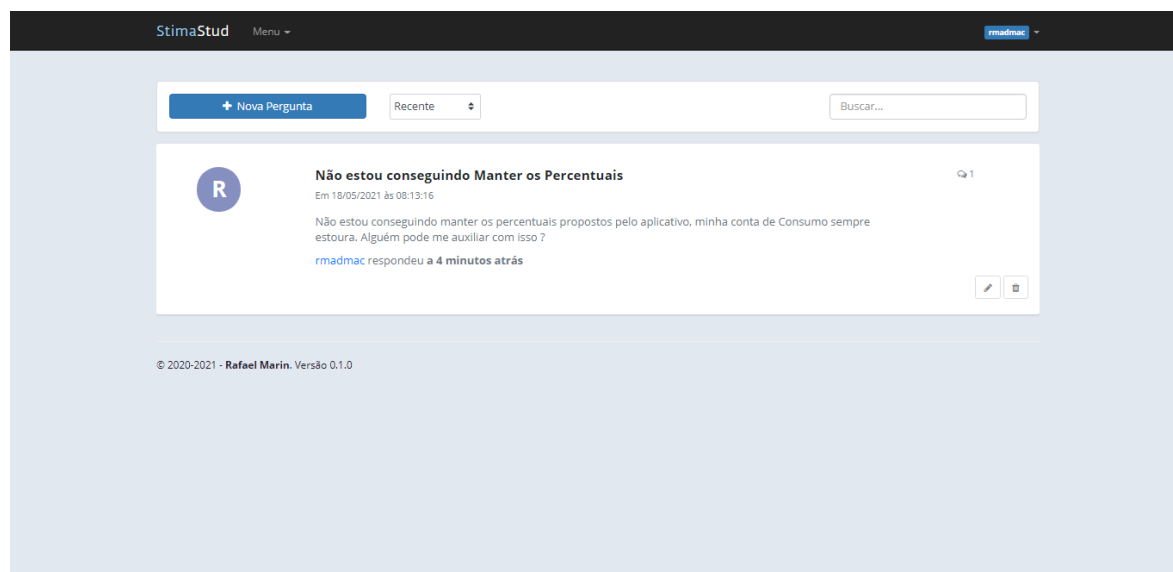
### 3.3.3 AGENTE TUTOR (StimaTUTOR)

#### Respostas a solicitação de auxílios

Os usuários do tipo professor são os responsáveis em responder as solicitações de



Figura 3.16: Forum entre estudantes e tutores Stima



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

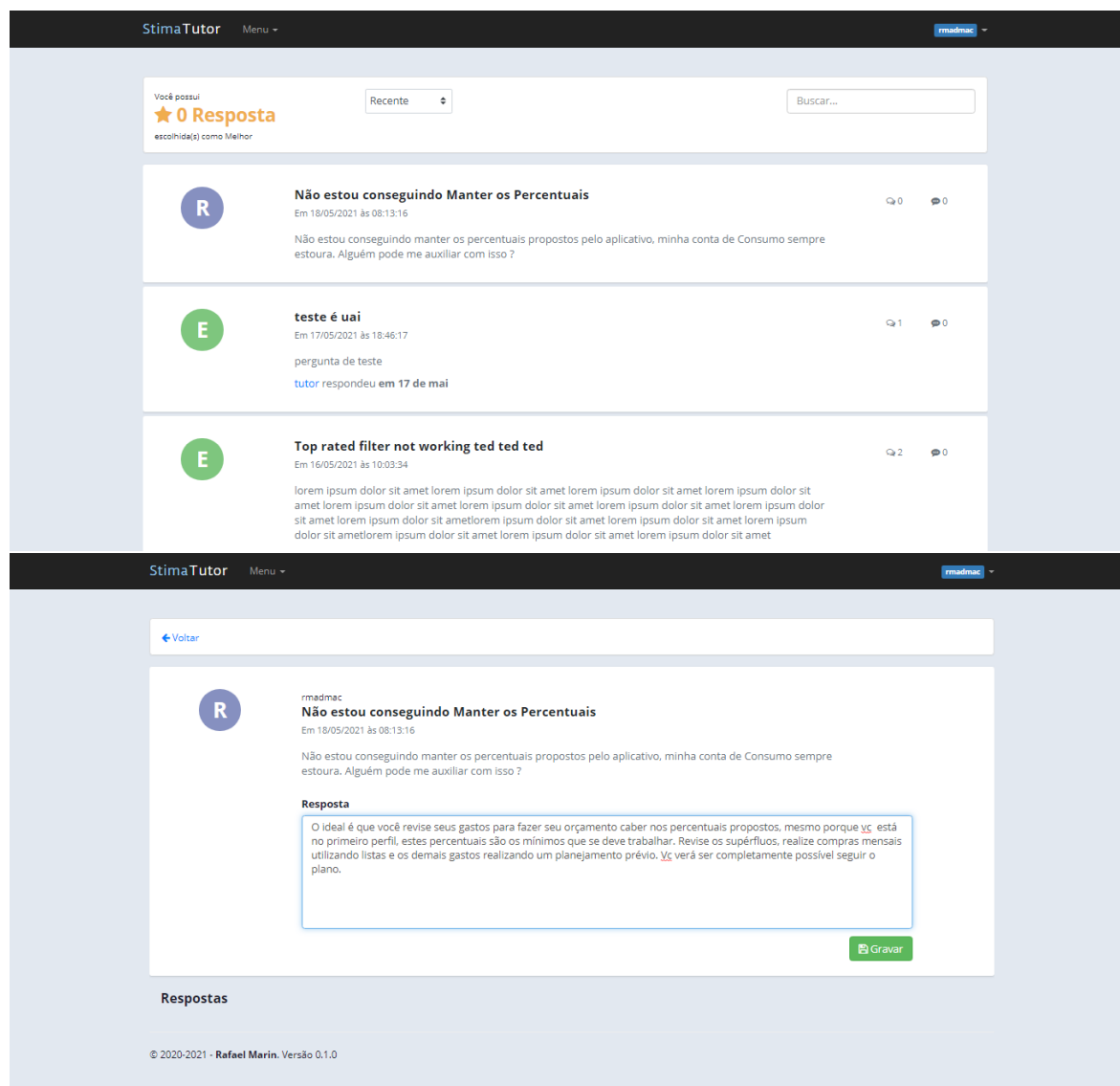
Figura 3.17: Apresentação de Indicadores aos Estudantes

The screenshot shows the 'Respostas aos Indicadores' form in the StimaStud application. The form is titled 'Respostas aos Indicadores' and has a '\* Obrigatório' label. It contains four required fields: 'Qual seu estado civil? \*' with a dropdown menu showing 'Casado'; 'Quantos dependentes do Orçamento Familiar? \*' with a text input field showing '3'; 'Qual o Valor de suas dívidas? \*' with a text input field showing '20.000,00'; and 'Qual o Valor Médio de suas Receitas? \*' with a text input field showing '6.000,00'. There is a 'Gravar' button at the bottom right. The footer shows '© 2020-2021 - Rafael Marin. Versão 0.1.0'.

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

auxílio dos usuários do tipo estudante, como pode ser visto na figura 3.18, estas respostas podem inclusive impactar nos percentuais limitadores de planos de contas cadastrados por padrão para o perfil, como visto na imagem. E a resposta pode ser avaliada pelo estudante com o status de Gostei ou Não Gostei.

Figura 3.18: Respostas as perguntas de Estudantes



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

### Adequação de Plano de Contas e limites personalizados

A função de Alteração de planos de contas e limitadores possibilita ao professor adicionar ou remover contas dos planos de contas por perfil cadastradas para os usuários estudantes, esta alteração é realizada somente usuários que solicitam auxílio por meio de perguntas e com a permissão de alteração concedida pelo estudante. Esta alteração não impacta nos padrões cadastrados pelos especialistas, mas somente para o usuário que a solicitou. Para tanto, se o usuário do nível estudante trocar de perfil e alguma de suas contas tiverem sido alteradas pelos tutores, as contas continuaram inalteradas(figura

3.19).

Figura 3.19: Personalização de Contas para Estudantes

**StimaTutor** Menu rmadmac

**Personalização de Limites**

**Estudante**  
rmadmac

**Planos de Conta**

PlanCod: Consumo      PersonalLimit: 70.00%      **Gravar**

Plano	Limite (%)	
Consumo	70,00	<b>Editando</b> ✕
Dividas	20,00	✎ ✕
Poupanca	10,00	✎ ✕

© 2020-2021 - Rafael Marin. Versão 0.1.0

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

### 3.3.4 STIMA FINANCIAL TRACKER

Um aplicativo foi desenvolvido para acompanhamento automatizado das finanças pessoais. Como pode ser visto na figura 3.20, o processo é baseado em solicitar os dados de login e senha inicialmente e em seguida, apresenta os indicadores para o usuário em forma de perguntas para que seja possível a definição de perfil e um plano de contas ajustado ao perfil. Ao clicar no botão gravar, o módulo mobile realiza uma solicitação ao agente tutor, este por sua vez utiliza as respostas dadas pelo estudante para definir o perfil mais adequado as suas respostas e ao finalizar, seleciona o plano de contas definido para o perfil selecionado. Apresenta uma mensagem de boas-vindas e finaliza solicitando os saldos iniciais para as contas utilizadas, com isso iniciando o ciclo de controles.

Utilizado de forma análoga e simplificada a um lançamento em plano de contas contábil. Simplificado pelo fato de sempre utilizar-se das contas de ativos (como Bancos por exemplo) como contrapartida dos movimentos realizados e utilizando-se de sinais negativos e positivos nos valores para indicar a natureza da conta, se devedora (-) ou credora (+) e sempre fazendo uso de somente uma conta origem para uma conta destino.

Figura 3.20: Configuração do usuário

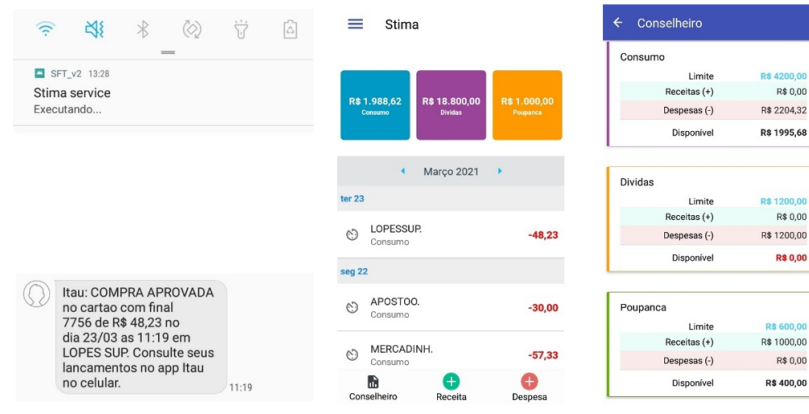
**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Um campo Origem é adicionado a este cadastro mas não permite alterações ou inclusões diretamente nele. Está presente no modelo para indicar os lançamentos efetuados pelo aplicativo que faz uso de captação de SMS bancários para realizar lançamentos automatizados. O aplicativo também faz uso dos dados da conta captada para aplicar um pré-processamento (segundo passo do processo de kdd demonstrado na figura 2.5) sobre os dados de consumo de todos os usuários com mesmo perfil e desta forma propor uma conta para classificação dos gastos utilizando-se de um agente de regra de associação.

Para iniciar os controles personalizados o módulo solicita os saldos iniciais para as contas definidas para o perfil selecionado, como pode ser visto na figura 3.20, estas médias são ajustadas automaticamente após o terceiro mês de utilização, onde passam a ser calculadas com base nas receitas lançadas. Após esta configuração inicial, um agente de mineração de texto entra em ação e captura os SMS de bancos para automatizar o máximo o controle do plano de contas (CHEN; KAN, 2013). Ao identificar um SMS com conteúdo bancário, o agente utiliza o processo comentado anteriormente para minerar e enriquecer os dados e com isso adiciona o lançamento sem a necessidade de intervenção do usuário, e também envia os dados captados para um segundo agente que utiliza um modelo de classificação por regras de associação (apriori) para identificar o plano de contas com o maior indicador de confiança relacionado ao lançamento, como pode ser visto na figura 3.21.

Após o processo de mineração e classificação a conta fica disponível para manipulação do estudante caso necessário, e é utilizada para compor o saldo da conta a que está relacionada, sendo totalizada em dois locais. O primeiro é o controle saldo por conta,

Figura 3.21: Controles automatizados



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

imagem central da figura 3.21, que demonstra a situação financeira atual por conta. O segundo local é o Conselheiro, um relatório utilizado para acompanhamento das metas propostas pelos especialistas e tutores para o perfil do usuário, nele são demonstradas todas as contas de débito e créditos com suas respectivas metas calculadas e o valor que pode ser utilizado ou que deve ser depositado, para o caso de contas como poupança por exemplo.

## TESTES E RESULTADOS

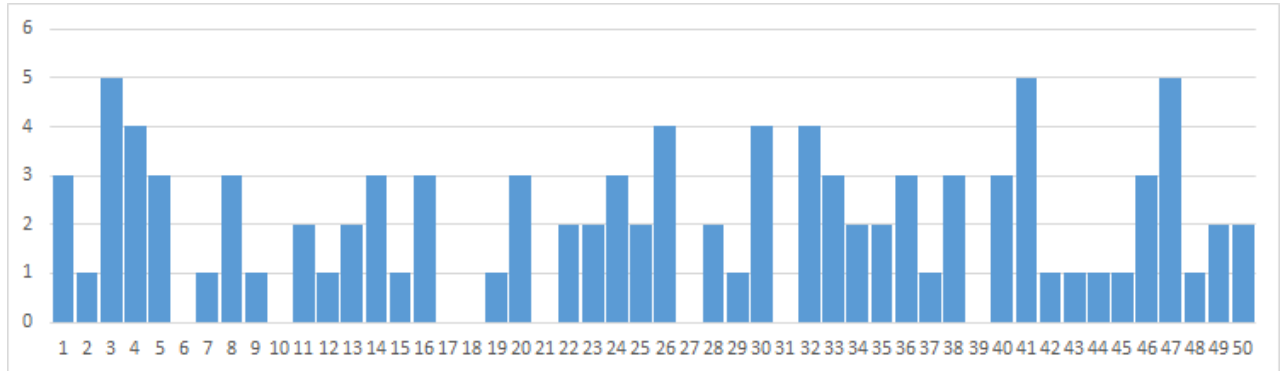
Este cenário foi iniciado em *excel* para controle do ambiente de testes e validação das respostas por parte do sistema, conjuntamente aos *scripts* para alimentação dos bancos de dados, como pode ser visto na figura 4.1.

[illegible]

Para o teste, os indicadores foram controlados de forma que cada estudante tenha

somente um perfil selecionado (acurácia de 100%) como pode ser visto na figura 4.2, e o indicador 1 possui o critério exclusivo, fazendo com que mesmo que o indicador 2 não fosse atendido (afinidade de 50%).

Figura 4.2: Distribuição de Frequências de Estudantes por Perfis



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Nos testes de desempenho, 20 marcações de tempo foram realizadas entre diversos testes, e não houveram flutuações maiores que 56 ms por estudante, e o tempo mínimo para definição dos perfis dos 100 estudantes foi de 96ms e o tempo máximo foi de 112 ms 4.3.

Para realizar o teste integrado da aplicação, um usuário convidado foi selecionado por sorteio dentre os participantes de pesquisa realizada em 2019 (MARIN; NOTAR-GIACOMO, 2019). Como comentado anteriormente, os indicadores são perguntas que o sistema realiza aos estudantes e conforme suas respostas, o sistema propõe um perfil, no modelo de redes Bayesianas determinísticas, estes indicadores são as variáveis que conectam os nós da rede.

Inicialmente, como pode ser visto no fluxo demonstrado na figura 4.4 a recomendação de um especialista em finanças foi seguida para realizar as parametrizações iniciais do sistema. Definiu-se três variáveis base, Estado Civil, Dependentes e se possui dívidas, e a combinação destas variáveis resultou na interligação de oito nós diferentes, cada um desses nós representa um perfil financeiro a ser tratado, como pode ser visto nas próximas tabelas 4.1 e tabela 4.2 e na figura 4.5.

Os perfis de 1 a 4 possuem o indicador “Estado Civil” em comum e são desenvolvidos para os estudantes que o responderem com o valor “Casado”. Os indicadores por perfil

Figura 4.3: Avaliação de Perfis dos testes Unitários

StimaTutor Menu					
≡ Avaliação de Perfis					
Nome do participante	Perfil selecionado	Afinidade	Total de indicadores testados	Tempo de execução	Selecionado
USU1	PERFIL40	50,00%	2	56ms	<input type="checkbox"/>
USU10	PERFIL13	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU100	PERFIL32	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU11	PERFIL32	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU12	PERFIL29	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU13	PERFIL30	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU14	PERFIL47	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU15	PERFIL8	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU16	PERFIL3	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU17	PERFIL41	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU18	PERFIL14	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU19	PERFIL41	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU2	PERFIL5	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU20	PERFIL26	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU21	PERFIL4	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU22	PERFIL36	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU23	PERFIL33	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>
USU24	PERFIL38	50,00%	2	1ms	<input type="checkbox"/>

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

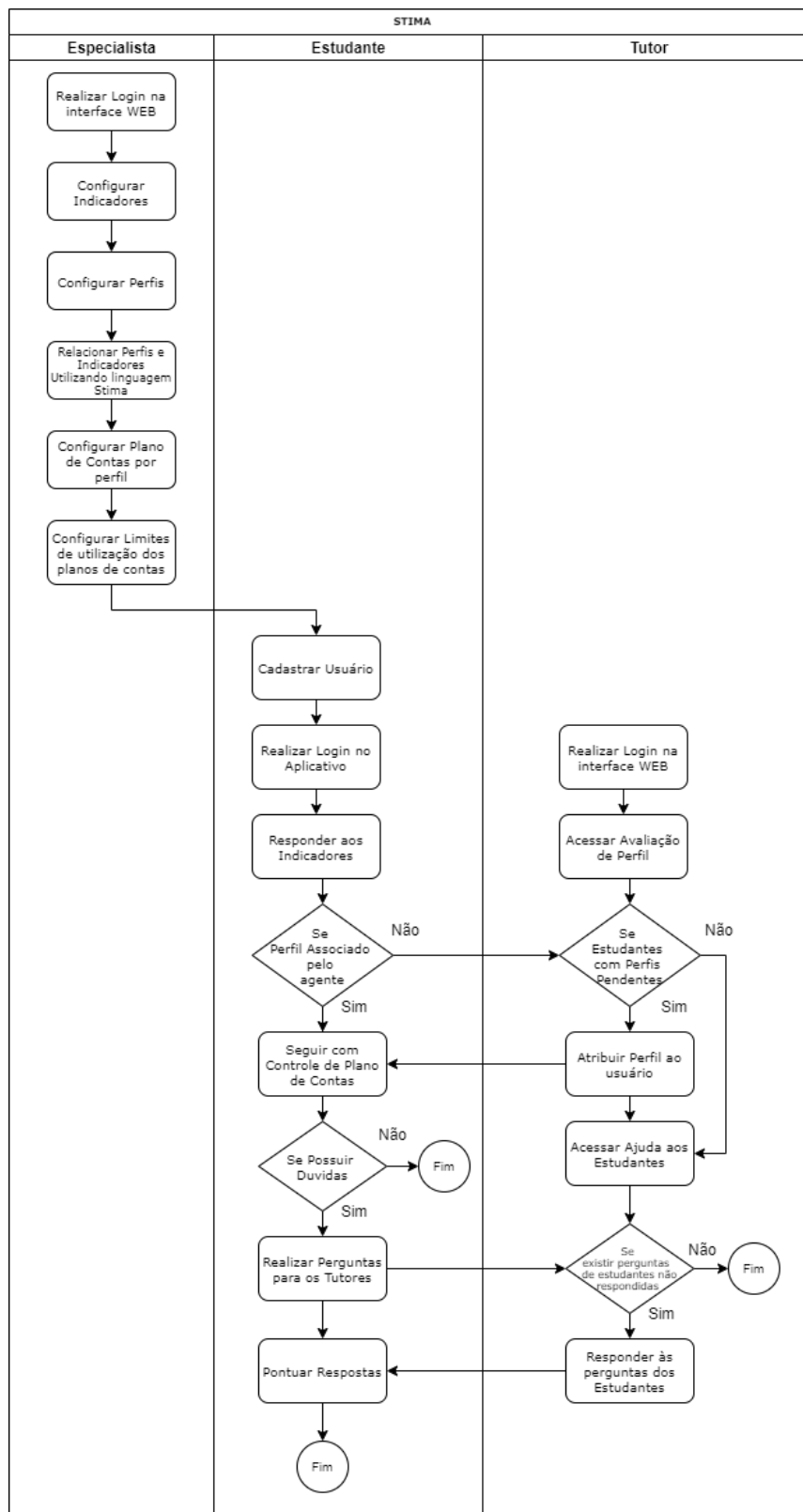
foram todos marcados como exclusivos, o que pela flexibilidade do modelo faz com que a rede passe a se comportar como uma árvore de decisão, pois qualquer dos indicadores que forem analisados como FALSO no modelo automaticamente fazem com que o perfil seja excluído da análise.

O perfil 1 foi desenvolvido para casais com filhos ou mesmo sem filhos, mas que um dos integrantes não trabalhe, o que faz com que um dependa da renda do outro, e ainda com dívidas. Todos os perfis conseguintes são variações booleanas deste primeiro, o perfil 2 foi desenvolvido para casais com dependentes e sem dividas, o perfil 3 para casais que ambos possuem rendas separadas, sem filhos, porém com dividas, e por fim, para o perfil 4 casais com rendas separadas, sem filhos e sem dividas.

Os perfis da tabela 4.2, representando os Perfis de 5 a 8, seguem o mesmo modelo da tabela 4.1, porém são desenvolvidos para orçamentos familiares que dependam de somente uma pessoa, podendo responder ao indicador de “Estado Civil” como “Solteiro”, “Divorciado” ou “Viuvo”.



Figura 4.4: Fluxo de Sequência de Interações dos Atores



Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 4.1: Indicadores dos Perfis de 1 a 4.

Perfil	Indicador	Fórmula
PERFIL 1	Dependentes	(>0)
PERFIL 1	Dividas	(>0)
PERFIL 1	Estado Civil	(=="Casado")
PERFIL 2	Dependentes	(>0)
PERFIL 2	Dividas	(==0)
PERFIL 2	Estado Civil	(=="Casado")
PERFIL 3	Dependentes	(==0)
PERFIL 3	Dividas	(>0)
PERFIL 3	Estado Civil	(=="Casado")
PERFIL 4	Dependentes	(==0)
PERFIL 4	Dividas	(==0)
PERFIL 4	Estado Civil	(=="Casado")

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Figura 4.5: Cadastramento dos indicadores e perfis realizados com auxilio Especialista

The figure displays two screenshots of the StimaExpert web application interface. The left screenshot shows the 'Pesquisa de Indicadores' (Indicator Search) section, which includes a search form with fields for 'Descrição', 'Tipo de dado', 'Pergunta', and 'Range de resposta'. Below the form is a table listing indicators with columns for 'Código', 'Descrição', 'Tipo de dado', 'Pergunta', and 'Range de resposta'. The right screenshot shows the 'Pesquisa de Perfis' (Profile Search) section, which includes a search form with a 'Descrição' field and a 'Pesquisar' button. Below the form is a table listing profiles with columns for 'Código' and 'Descrição'.

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Como todos os indicadores por perfil foram marcados como exclusivos pelos especialistas, o comportamento apresentado pela rede Bayesiana foi representado na figura 4.6

Com os perfis definidos, os especialistas também definem um plano de contas para cada perfil. O plano de contas definido inicialmente possui três contas principais, e como

Tabela 4.2: Indicadores dos Perfis de 5 a 8.

Perfil	Indicador	Fórmula
PERFIL 5	Dependentes	(>0)
PERFIL 5	Dividas	(>0)
PERFIL 5	Estado Civil	(=="Solteiro"); (=="Divorciado"); (=="Viuvo")
PERFIL 6	Dependentes	(>0)
PERFIL 6	Dividas	(==0)
PERFIL 6	Estado Civil	(=="Solteiro"); (=="Divorciado"); (=="Viuvo")
PERFIL 7	Dependentes	(==0)
PERFIL 7	Dividas	(>0)
PERFIL 7	Estado Civil	(=="Solteiro"); (=="Divorciado"); (=="Viuvo")
PERFIL 8	Dependentes	(==0)
PERFIL 8	Dividas	(==0)
PERFIL 8	Estado Civil	(=="Solteiro"); (=="Divorciado"); (=="Viuvo")

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

método de ensino cada uma das contas possui um percentual relacionado aos recebimentos do mês, como pode ser visto na tabela 4.3 e Tabela 4.4.

Na configuração inicial foi definido um percentual mínimo de dez por cento da renda para poupança para perfil com mais dificuldade de manutenção do orçamento familiar, os perfis com dívidas e dependentes, e mesmo assim isso pode ser personalizado considerando a individualidade de cada estudante, conforme a configuração que o tutor escolher.

No agente estudante, o estudante responsável pelos testes iniciou por realizar o cadastro no sistema selecionando um usuário e senha e respondendo aos indicadores cadastrados conforme as tabelas 4.1 e 4.2. Respondeu ser casado, ter 3 dependentes e possuir débitos superiores a R\$ 20.000,00 (vinte mil reais), e por ser autônomo, seus recebimentos são variáveis. Com isso o sistema automaticamente definiu o perfil 1 e atrelou o plano de contas com limitadores de utilização correspondente, como se pode acompanhar na figura 3.20, e a configuração original foi mantida sem alterações durante todo o período dos teste.

Tabela 4.3: Planos de Contas e Limitadores para Estudantes com Estado Civil “Casado”

<b>Perfil</b>	<b>Conta</b>	<b>Limite</b>
PERFIL 1	Consumo	70%
PERFIL 1	Dividas	20%
PERFIL 1	Poupança	10%
PERFIL 2	Consumo	80%
PERFIL 2	Poupança	20%
PERFIL 3	Consumo	60%
PERFIL 3	Dividas	20%
PERFIL 3	Poupança	20%
PERFIL 4	Consumo	60%
PERFIL 4	Poupança	40%

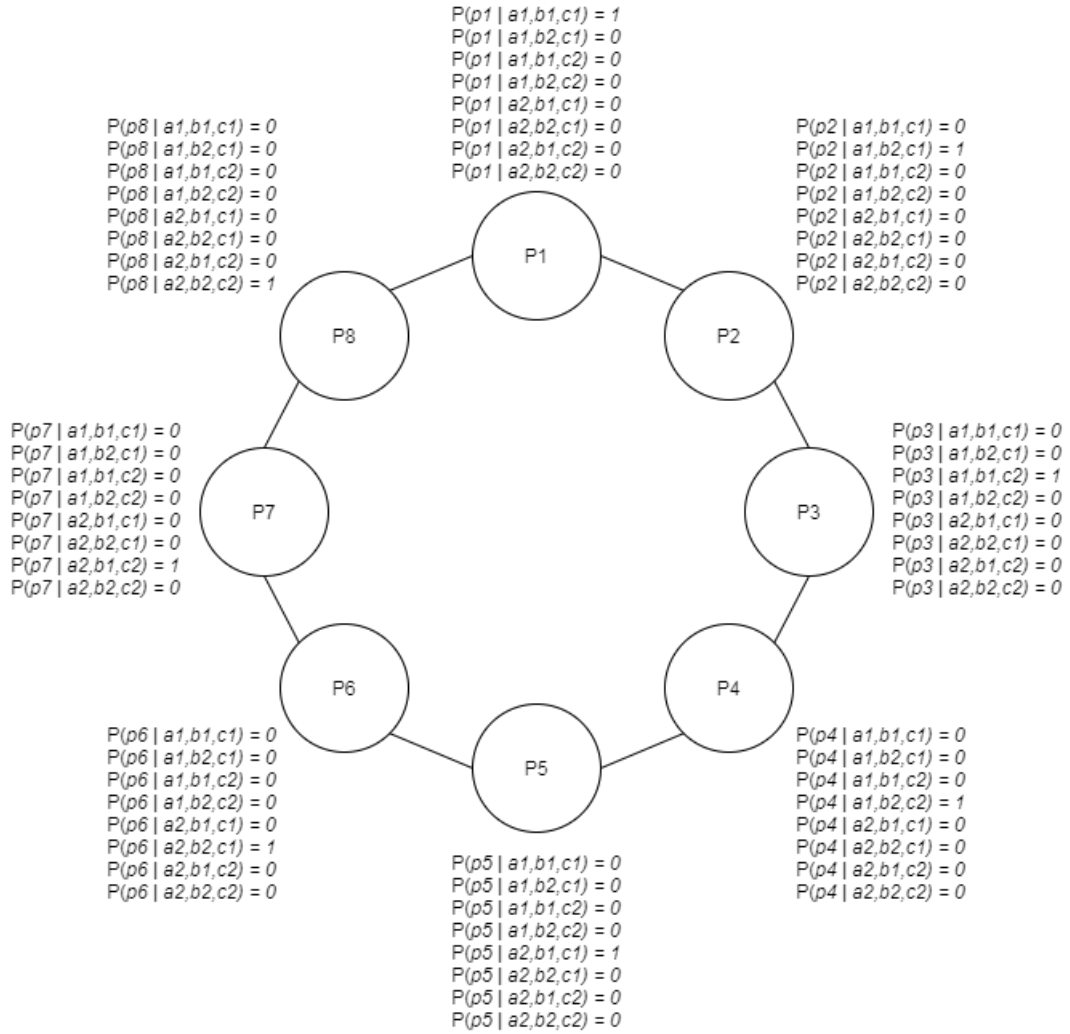
**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Tabela 4.4: Planos de Contas para Estudantes com Estado Civil “Solteiro”, “Divorciado” ou “Viúvo”

<b>Perfil</b>	<b>Conta</b>	<b>Limite</b>
PERFIL 5	Consumo	70%
PERFIL 5	Dividas	20%
PERFIL 5	Poupança	10%
PERFIL 6	Consumo	80%
PERFIL 6	Poupança	20%
PERFIL 7	Consumo	60%
PERFIL 7	Dividas	20%
PERFIL 7	Poupança	20%
PERFIL 8	Consumo	50%
PERFIL 8	Poupança	50%

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Figura 4.6: Rede Bayesiana Configurada por especialistas



**Fonte:** Elaborado pelo Autor

O agente de mineração de textos foi configurado no smartphone para capturar comunicações bancárias e adicionar as despesas automaticamente, e trabalhando de forma simbiótica o agente de regras de associação utiliza desta informação para classificar as despesas com a conta com a maior confiança correspondente, de acordo com as seleções anteriores do usuário. O relatório Conselheiro demonstrou o progresso das contas de acordo com o mês selecionado, para acompanhamento do saldo disponível para utilização no período, como pode ser visto na imagem na imagem 3.21.

As contas e percentuais limites propostos foram mantidas para o estudante em sua forma original. O percentual limite para consumo utilizado de 70% da renda foi excedido no primeiro mês de testes. Entretanto, com o uso das ferramentas do agente estudante,

vistas na figura 3.21, foi possível identificar muitas despesas que puderam ser cortadas e o percentual pode ser seguido para os demais períodos, o percentual de dívidas estava relacionado a um financiamento imobiliário e não excediam o limite proposto. Devido ao excesso de despesas na conta de consumo no primeiro mês de testes, o percentual de poupança realizada ficou abaixo do limite estabelecido, mas foi devidamente realizada nos próximos períodos.

No primeiro mês de monitoramento, o estudante identificou por conta própria que suas despesas com mercado ocorriam em praticamente todos os dias do mês, o que demonstrou uma falta de controle em relação a sua despesa, e por conta própria instituiu uma lista de compras mensal. Outra despesa que relatou controlar logo no início foram gastos com restaurantes, e também planejou-se em ir a estes estabelecimentos somente uma vez por mês em comemoração a realização da reserva de emergência, juntas estas medidas proporcionaram uma redução de 19% das despesas mensais totais. Com isso, o estudante iniciou sua reserva de emergência a partir do segundo mês de utilização seguindo as recomendações do Conselheiro e este controle continuou para os demais meses.

A realização de poupança mesmo possuindo dívidas é um ponto que divide a opinião de especialistas no Brasil, devido as altas taxas de juros e a baixa remuneração dos investimentos iniciais. Contudo, o argumento que manteve a realização de poupança mesmo com dívidas foi de cunho psicológico, pois o crescimento de uma reserva pessoal para emergências motiva a continuidade do plano, devido ao senso de segurança proporcionado (segundo nível da pirâmide de Maslow, como visto na figura 2.10), efeitos amplamente discutidos por Jappelli e Padula (2013) e Babiarz e Robb (2014).

## Capítulo 5

# CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Iniciando por delimitar um cenário relacionado a finanças pessoais no Brasil, é demonstrada uma maneira de sistematizar o conhecimento de especialistas para auxiliar estudantes em processo de educação financeira a alterar seus hábitos de consumo utilizando de técnicas de Inteligência Artificial.

Revisitando os problemas de pesquisa definidos em forma de requisitos e os objetivos propostos para investiga-los no capítulo 1, pode-se verificar a comprovação da possibilidade de implementação do modelo proposto, pois para o requisito 1 (formação de poupança) o sistema foi capaz de modificar o comportamento do usuário testado auxiliando-o a visualizar uma distribuição de suas receitas e despesas de forma com que este pudesse iniciar um plano de acumulação de renda. Para o requisito 2 (dificuldade de controle de planos de contas) a automação proposta funcionou de forma a evitar lançamentos de todos os gastos realizados pelo usuário manualmente e também a classificação destes gastos dentro do plano de contas automaticamente auxiliou-o a reduzir a interação com todo o processo. E por fim no requisito 3 (aquisição de conhecimento especializado), por meio de uma linguagem interpretada desenvolvida em um motor de inferência distribuído entre agentes de software foi possível armazenar conhecimento especialista em finanças para avaliação do perfil do estudante e com isso direcioná-lo ao padrão de plano de contas relacionado.

Para fazer uso destes padrões, buscou-se conhecer as tecnologias utilizados por outros sistemas de educação financeira utilizando-se de protocolo de mapeamento sistemático para avaliação do cenário relacionado ao tema, num universo de cento e sessenta e seis artigos encontrados, vinte e sete tinham relação direta com o tema proposto, e nenhum deles possuía as premissas de suporte tratadas nos três requisitos elencados. Também buscou-se levantar software de finanças que possibilitasse a aquisição de conhecimento de especialistas, com o intuito de aplicar o modelo ao tema central desta tese.

Dentre as técnicas avaliadas, o conceito de redes Bayesianas determinísticas foi utilizado por meio de um modelo computacional que utiliza de uma linguagem própria para relacionar os nós (perfis) às variáveis (indicadores) permitindo desse modo a aquisição, armazenamento e utilização de conhecimento especialista para acompanhamento da vida financeira dos usuários.

A arquitetura do sistema é estruturada de forma que sua aplicação possa ser realizada por diversas áreas de conhecimento, como finanças e medicina como demonstrado em exemplos, de forma que o especialista tem o controle de todos os níveis de relacionamentos da rede treinada, podendo realizar ações como adicionar novos perfis (nós da rede), Indicadores (variáveis utilizadas para calcular a afinidade de relação do estudante aos nós) e os relacionamentos entre os perfis e os indicadores por meio de uma linguagem própria desenvolvida para ser escrita em formato de scripts iniciados por parênteses, e para o armazenamento de conhecimento proposto. Por se tratar de um Sistema multiagentes, permite que as saídas do motor de inferência podem ser utilizadas por diversos tipos diferentes de agentes, o que flexibiliza a utilização do modelo para diversas áreas de conhecimento como proposto.

Para os testes, seguindo o conselho de especialista criou-se um padrão de configuração baseada em três indicadores, para abranger o maior número possível de possibilidade de perfis financeiros, em um formato de utilização de indicadores exclusivos que mudaram o comportamento da rede Bayesiana tornando-a próxima de uma árvore de decisão, e sempre existe um resultado possível para qualquer combinação de resposta dos estudantes. Um estudante foi acompanhado por um período de quatro meses para validar o funcionamento integrado dos agentes.

Durante o acompanhamento foi possível notar que a utilização da mineração do SMS



bancário unido a associação de um plano de contas possibilitaram a mudança de comportamento de consumo ao demonstrar por meio da ferramenta Conselheiro quais contas devem possuir uma atenção maior, e com isso de uma reserva de emergências iniciada pelo estudante de forma controlada e consciente.

Com isso, coloca-se aqui como contribuições deste trabalho, a atualização do modelo proposto para sistemas tutores multiagentes, melhorando a segurança entre os agentes utilizando de um protocolo capaz de fazer com que os agentes comuniquem-se entre si por meio de um intermediador utilizado para negociação de tokens de segurança. E por se tratar-se de um assunto relacionado a finanças, a segurança possui prioridade no modelo. Outra das contribuições está na arquitetura utilizada para aquisição de conhecimento do modelo, que implementa uma linguagem específica e a utilização de uma arquitetura multiagentes para tornar o modelo flexível e adaptável a diversas áreas de conhecimento.

E portanto, iniciado pela hipótese de que sistemas que combinem técnicas de Inteligência Artificial são viáveis para o ensino de educação financeira, este trabalho atende e extrapola essa hipótese ao demonstrar que o modelo pode não tão somente ser implementado para a área de finanças mas também para áreas que possam se beneficiar da sistematização dos conhecimentos de especialistas para auxiliar usuários, ou mesmo outros especialistas, na tomada de decisão, como a área médica por exemplo.

Como trabalhos futuros propõe-se aumentar o número de entidades bancárias passíveis de mineração e também fazer uso de notificações para aumentar as possibilidades de automação do plano de contas, assim como os métodos de conexões por APIs ligadas ao processo de *open-banking*. Outra propriedade que pode ser implementada em aplicações futuras do modelo é também utilizar Inteligência Artificial para adequar os percentuais de limites por conta automaticamente conforme a utilização do usuário.

Como comentado, a dificuldade de avaliar a eficiência do modelo está no fato de que cada usuário possui metas próprias relacionadas a finanças. Portanto, como proposta de avaliação de eficiência futura, propõe-se utilizar metas gamificadas para que cada usuário possa escolher seu ótimo local e perseguir estas metas autodefinidas.

# Referências Bibliográficas

AEF-BRASIL. *Relatório Anual 2018*. [S.l.]: ENEF, 2018. <http://www.vidaedinheiro.gov.br/relatorio-anual/>.

AEF-BRASIL. *Personas Identificadas no programa de educação financeira para adultos*. 2019. <http://www.vidaedinheiro.gov.br/parcerias-e-patrocinios/para-adultos/personas-identificadas-no-programa-de-educacao-financeira-para-adultos/>.

AGGARWAL, C. Mining text data. In: AGGARWAL, C. (Ed.). *Data Mining - The Text Book*. Boston, MA: Springer, 2015.

AGGARWAL, C.; ZHAI, C. An introduction to text mining. In: AGGARWAL, C.; ZHAI, C. (Ed.). *Mining Text Data*. Boston, MA: Springer, 2012.

AGRAWAL, R.; IMIELINSKI, T.; SWAMI, A. Mining association rules between sets of items in large databases. *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, v. 22, p. 207–216, 1993.

AGRAWAL, R.; SRIKANT, R. Fast algorithms for mining association rules in large databases. *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB)*, p. 487–499, 1994.

AGUIAR, H. et al. *Inteligência Computacional*. [S.l.]: THOMSON, 2007.

ALKHATLAN, A.; KALITA, J. Intelligent tutoring systems: A comprehensive historical survey with recent developments. *International Journal of Computer Applications*, v. 181, p. 1–20, 2019.

- ALVAREZ, T. Como usar a regra dos 50-15-35 para sair das dívidas. InfoMoney, <http://www.infomoney.com.br/blogs/controle-financeiro/post/3733787/como-usar-regra-dos-para-sair-das-dividas>, 2014.
- ANDUJAR, C.; VIJULIE, C. R.; VINACUA, A. Syntactic and semantic analysis for extended feedback on computer graphics assignments. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 40, p. 105—111, 2020.
- AREVALILLO-HERRÁEZ, M.; ARNAU, D.; MARCO-GIMÉNEZ, L. Domain-specific knowledge representation and inference engine for an intelligent tutoring system. *Knowledge-Based Systems*, v. 49, p. 97–105, 2013.
- ARTERO, A. O. *Inteligencia Artificial - Teórica e Prática*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.
- BABIARZ, P.; ROBB, C. Financial literacy and emergency saving. *Journal of Family and Economic Issues*, v. 35, 2014.
- BACEN. *Relatório de Poupança - Dados de Depósitos*. 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/relatoriopoupanca> Acessado em: 18/04/2020.
- BACEN. *Relatório de Poupança - Dados de Depósitos*. 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/relatoriopoupanca> Acessado em: 04/03/2021.
- BAHRAMMIRZAEI, A. A comparative survey of artificial intelligence applications in finance: Artificial neural networks, expert system and hybrid intelligent systems. *International Journal of Neural Computing and Application*, 2010.
- BARTLE, R. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit mudds. 06 1996.
- BASKERVILLE, R. et al. Design science research contributions: Finding a balance between artifact and theory. *Journal of the Association for Information Systems*, 2018. Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/jais/vol19/iss5/3>>.
- BAYUK, J.; ALTOBELLO, S. Can gamification improve financial behavior? the moderating role of app expertise. *International Journal of Bank Marketing*, v. 37, 02 2019.

BELLMAN, R. E. *An introduction to artificial intelligence: Can computers think ?* [S.l.]: Boyd&Fraser Publishing Company, 1978.

BHATTACHARJYA, D. et al. Event-driven continuous time bayesian networks. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, v. 34, p. 3259–3266, 04 2020.

BITTENCOURT, G. *Inteligência Artificial - Ferramentas e Teorias*. Santa Catarina: Editora da UFSC, 2006.

BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. E.; SOCIETY, I. C. *Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*. 3rd. ed. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Press, 2014. ISBN 0769551661.

BOVESPA, I. E. *Educar Master*. São Paulo: BM&F Bovespa, 2013.

BRADáč, V.; KOSTOLáNYOVá, K. Intelligent tutoring systems. *Journal of Intelligent Systems*, 2016.

BRASIL, B. C. do. *Caderno de Educação Financeira BACEN – Gestão de Finanças*. [www.bcb.org.br](http://www.bcb.org.br): Brasil, 2014.

BRASILPREV. *Cartilha Previdência sem mistérios*. [S.l.]: BrasilPrev, 2015.  
<https://www2.brasilprev.com.br/SobrePrevidencia/Paginas/default.aspx>.

BROWN, C. E.; NIELSON, N. L.; PHILLIPS, M. E. Expert systems for personal financial planning. *Journal of Financial Planning*, v. 3, p. 137—143, 1990.

BUNNELL, L.; OSEI-BRYSON, K.-M.; YOON, V. Finpathlight: Framework for an multiagent recommender system designed to increase consumer financial capability. *Decision Support Systems*, v. 134, 2020.

CARVALHO, C. E. As origens e a gênese do plano collar. *Nova Economia*, v. 16, p. 101–134, 2006.

CARVALHO, F. J. C. D. Alta inflação e hiperinflação: Uma visão pós keynesiana. *Revista de Economia Política*, v. 10, p. 62–82,, 1990.

- CASTRO, L. N. de; FERRARI, D. *Introdução a Mineração de dados: Conceitos, Algoritmos e aplicações*. [S.l.]: Editora Saraiva, 2016.
- CERBASI, G. P. *Dinheiro: os segredos de quem tem*. São Paulo: Editora Gente, 2007.
- CERBASI, G. P. *Casais Inteligentes Enriquecem Juntos*. São Paulo: Editora Gente, 2013.
- CHARNIAK, E.; MCDERMOTT, D. *Introduction to artificial intelligence*. [S.l.]: Addison-Wesley, 1985.
- CHEN, T.; KAN, M. Creating a live, public short message service corpus: the nus sms corpus. *Language Resources and Evaluation*, v. 47, p. 299–335, 2013.
- CLANCEY, W. Knowledge acquisition for classification expert systems. *Proceedings of the 1984 annual conference of the ACM on the fifth-generation challenge*, p. 11—14, 1984.
- CLANCEY, W.; LETSINGER, R. Neomycin: Reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching. In: CLANCEY, W.; SHORTLIFFE, E. (Ed.). *Readings in medical artificial intelligence: The first decade*. [S.l.]: Addison-Wesley, 1984. p. 361–381.
- CLASON, G. S. *O homem mais rico da babilônia*. Rio de Janeiro: Editora Ediouro, 2006.
- CNC. *Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor*. <http://cnc.org.br/central-do-conhecimento/pesquisas/economia/pesquisa-de-endividamento-e-inadimplencia-do-consumidor-3>: Brasil, 2018.
- CNC. *Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor (Peic) – setembro de 2020*. 2020. Disponível em: <http://cnc.org.br/editorias/economia/pesquisas/pesquisa-de-endividamento-e-inadimplencia-do-consumidor-peic-5> Acessado em: 10/11/2020.
- CNC. *Endividamento das famílias alcança novo recorde, e inadimplência acelera em junho*. 2020a. Disponível em: <http://www.cnc.org.br/sites/default/files/2020-06/An%C3%A1lise%20Peic%20-%20junho%20de%202020.pdf> Acessado em: 10/08/2020.

- COBB, B.; SHENOY, P. Hybrid bayesian networks with linear deterministic variables. *Proceedings of the 21st Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- CVM. *Guia CVM de Planejamento Financeiro*. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, 2014. [www.investidor.gov.br/guiafinanceiro](http://www.investidor.gov.br/guiafinanceiro).
- DIRKS, S.; KINGSTON, J. K. C.; HAGGITH, M. Development of a kbs for personal financial planning guided by pragmatic kads. *Expert Systems with Applications*, v. 9, p. 91—101, 1995.
- DO, N. V.; NGUYEN, H. D.; SELAMAT, A. Knowledge-based model of expert systems using rela-model. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, v. 28, p. 1047–1090, 2018.
- DREXLER, A.; FISCHER, G.; SCHOAR, A. Keeping it simple: Financial literacy and rules of thumb. *American Economic Journal: Applied Economics*, v. 2, p. 1–31, 2014.
- ENEF. *Estratégia Nacional de Educação Financeira*. <http://www.vidaedinheiro.gov.br/>: Brasil, 2010.
- ENEF. *Estratégia Nacional de Educação Financeira*. <http://www.vidaedinheiro.gov.br/ef-livro-8/>: Brasil, 2019.
- ENEF. *Estratégia Nacional de Educação Financeira*. <http://www.vidaedinheiro.gov.br/ef-livro-9/>: Brasil, 2021.
- FISHBURN, P. C. Additive utilities with incomplete product sets: Application to priorities and assignments. *Operations Research*, v. 15, p. 537–542, 1967.
- FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. C. Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. In: *ATAL*. [S.l.: s.n.], 1996.
- FRASER, G.; ROJAS, J. Software testing. In: CHA, S.; TAYLOR, R.; KANG, K. (Ed.). *Handbook of Software Engineering*. 1. ed. [S.l.]: Springer, Cham, 2020.
- FRIGO, L.; POZZEBON, E.; BITTENCOURT, G. O papel dos agentes inteligentes nos sistemas tutores inteligentes. In: . [S.l.: s.n.], 2004.

- GREENSPUN, P.; ANDERSSON, E.; GRUMET, A. *Software engineering for Internet applications*. 3. ed. [S.l.]: MIT Press, 2021.
- HADI, A. S. Expert systems. Springer Berlin Heidelberg, p. 480—482, 2011.
- HAENLEIN, M.; KAPLAN, A. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, v. 61, n. 4, p. 5–14, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0008125619864925>>.
- HAUGELAND, J. *Artificial Intelligence. The very Idea*. [S.l.]: MIT Press, 1985.
- HOFFMANN, G.; MATYSIAK, L. Exploring game design for the financial education of millenials. In: *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–2.
- HOSEINY, S.; NIKNAFAS, A. Study of the serious games capacity in promoting financial literacy. In: *2020 International Serious Games Symposium (ISGS)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 81–87.
- IBGE. *Séries Históricas e Estatísticas - Razão de Dependência por grupos etários*. 2015. <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD95>.
- IBM. *Watson Anywhere*. Novembro 2019. <https://www.ibm.com/watson>.
- INCHAMNAN, W.; NIRANATLAMPHONG, W.; ENGBUNMEESAKUL, N. Gamification-driven process: Financial literacy in thailand. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.
- INCOSE. *Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*. version 3.2.2. [S.l.]: International Council on Systems Engineering, 2012.
- JAPPELLI, T.; PADULA, M. Investment in financial literacy and saving decisions. *Journal of Banking & Finance*, v. 37, 02 2013.
- JONASSEN, D. H.; WANG, S. The physics tutor: Integrating hypertext and expert system. *Jornal of Educational Technology System*, v. 22, p. 19–28, 1993.
- KANTARDZIC, M. *Data Mining: Concepts, models, methods and algorithms*. [S.l.]: IEEE Press, 2003.

KIYOSAKI, R.; LECHTER, S. L. *Pai Rico Pai Pobre*. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.

KURZWEIL, R. *The age of intelligent machines*. [S.l.]: MIT Press, 1991.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *NATURE*, v. 521, p. 436–444, 2015.

LEE, H. Applying online educational technology to foster financial literacy: Financial-institution leaders' insights. *The Qualitative Report*, 10 2019.

LIAO, S. Expert system methodologies and applications - a decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications*, v. 28, p. 93—103, 2005.

LO, S. K. et al. A systematic literature review on federated machine learning: From a software engineering perspective. *ACM Comput. Surv.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 54, n. 5, maio 2021. ISSN 0360-0300. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3450288>>.

LUSARDI, A.; MITCHELL, O. The outlook for financial literacy. *Financial Literacy: Implications for Retirement Security and the Financial Marketplace*, 10 2010.

LUSARDI, A.; MITCHELL, O. S. Financial literacy around the world: an overview. *Journal of Pension Economics and Finance*, v. 10, n. 04, p. 497–508, 2011. Disponível em: <[http://ideas.repec.org/a/cup/jpenef/v10y2011i04p497-508\\_00.html](http://ideas.repec.org/a/cup/jpenef/v10y2011i04p497-508_00.html)>.

LUSARDI, A.; MITCHELL, O. S. *The Outlook for Financial Literacy*. [S.l.], Maio 2011. (Working Paper Series, 17077). Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w17077>>.

MARIN, R.; NOTARGIACOMO, P. "portai\$: Serious game for financial literacy in brazil". In: MARTINS, E. R. (Ed.). *Digital Games and Learning*. Ponta Grossa, PR: Editora Atena, 2019. v. 1, p. 11–22. ISBN 978-85-7247-074-2. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/01/e-book-Digital-Games-and-Learning.pdf>>. Acesso em: 05 Nov. 2019.

MARSDEN, P. *IA Timeline*. 2019. <https://digitalwellbeing.org/wp-content/uploads/2017/08/Artificial-Intelligence-AI-Timeline-Infographic.jpeg>.



MASLOW, A. H. A theory of human motivation. *Psychological Review*, American Psychological Association, v. 50, n. 4, p. 370–396, 1943.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. H. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115–133, 1943.

MENDES, R. D. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: SISTEMAS ESPECIALISTAS NO GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO. *Ciência da Informação*, scielo, v. 26, 01 1997. ISSN 0100-1965. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-19651997000100006&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&nrm=iso)>.

MURAMATSU, R.; FONSECA, P. Economia e psicologia na explicação da escolha intertemporal. *Revista de Economia Mackenzie*, v. 6, n. 1, p. 87–112, 2008.

NAVARRO, C.; MASSARO, A. *Dinheiro é um Santo Remédio*. São Paulo: Editora Gente, 2013.

NEAPOLITAN, R. *Learning Bayesian networks*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2004.

NFEC. *National Financial Literacy Test*. 2020. Disponível em: <https://www.financialeducatorsCouncil.org/national-financial-literacy-test/> Acessado em: 14/01/2021.

NILSSON, N. *Artificial Intelligence: A new synthesis*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1998.

NKAMBOU, R.; BOURDEAU, J.; MIZOGUCHI, R. Introduction: What are intelligent tutoring systems, and why this book? *Studies in Computational Intelligence*, v. 308, 2010.

NOVALES, R. M. *A multi-agent approach to data mining processes: Applications to health care*. Dissertação (Mestrado) — PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2018.

OECD. *Recommendation on principles and good practices for financial education and awareness*. 2005.

OECD. *OECD Better Life Index*. <http://www.oecdbetterlifeindex.org/pt/>: [s.n.], 2015.

- PAGARIYA, R.; BARTERE, M. Review paper on artificial neural networks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, v. 4, 2013.
- PICKUP, M. Using expert systems for personal financial planning. *The World of Banking*, p. 21–23, 1989.
- POOLE, D.; MACKWORTH, A. K.; GOEBEL, R. *Computacional Intelligence: A logical approach*. [S.l.]: Oxford University Press, 1998.
- PŠENÁK, P. et al. The interactive web applications in financial literacy teaching. In: *2019 17th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 661–666.
- QUILICI-GONZALES, J. A.; ZAMPIROLI, F. de A. *Sistemas Inteligentes e Mineração de Dados*. [S.l.]: Triunfal Editora, 2014.
- RABELO, R. J.; ROMERO, D.; ZAMBIASI, S. P. Softbots supporting the operator 4.0 at smart factory environments. *International Federation for Information Processing*, Springer Nature Switzerland, v. 536, p. 456–464, 2018.
- REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações*. Barueri: Editora Manole, 2003.
- RIBEIRO, O. M. *Contabilidade Básica*. [S.l.]: Editora Saraiva, 2017.
- RICH, E.; KNIGHT, K. *Artificial intelligence (second edition)*. [S.l.]: McGraw-Hill, 1991.
- ROOIJ, M. van; LUSARDI, A.; ALESSIE, R. J. Financial literacy, retirement planning, and household wealth. n. 17339, August 2011. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w17339>>.
- RUMELHART, D.; HINTON, G.; MCCLELLAND, J. A general framework for parallel distributed processing. *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, v. 1, 01 1986.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence - A Modern Approach*. [S.l.]: Prentice-Hall, 2010.

- SAMUELSON, P. A. A note on measurement of utility. *The Review of Social Studies*, Oxford University Press, v. 4, n. 2, p. 155–161, February 1937.
- SAPUTRA, K. et al. Mobile financial management application using google cloud vision api. *Procedia Computer Science*, v. 157, p. 596–604, 01 2019.
- SCIORE, E. Parsing. *Database design and implementation. Data-Centric Systems and Applications*, v. 1, 2020.
- SEEBER, G.; RETZMANN, T. Financial education in general education schools: A competence model. *International Handbook of Financial Literacy*, p. 9–24, 2016.
- SHORTLIFFE, E. Computer-based medical consultations: Mycin. *Artificial Intelligence*, v. 388, 1976.
- SHUKUR, H. et al. Cloud computing virtualization of resources allocation for distributed systems. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, v. 1, n. 3, p. 98 – 105, Jun. 2020. Disponível em: <<https://www.jastt.org/index.php/jasttpath/article/view/31>>.
- SHUNKEVICH, D. V. Agent-oriented models, method and tools of compatible problem solvers development for intelligent systems. *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2018)*, v. 15, p. 119–132, 02 2018.
- SOMMERVILLE. *Software Engineering*. 9. ed. [S.l.]: Addison-Wesley, 2011.
- SOUZA, R. M. M. *Jogo Digital para Educação Financeira de Adultos no Brasil: Uma proposta pautada e redes Bayesianas e Lógica Fuzzy*. 137 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.
- SOUZA, R. M. M. et al. Integrating an association rule mining agent in an erp system: A proposal and a computational scalability analysis. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 778–786.
- SOUZA, R. M. M. d.; NOTARGIACOMO, P. "software solutions for financial literacy: a mapping study". In: *Informática na educação e suas tecnologias*. Ponta Grossa, PR: Editora Atena, 2019. v. 1.
- SOUZA, R. M. M. de; MUSTARO, P. N. Processo aplicado de design de jogo digital para educação financeira voltada a adultos no brasil. *SBGames 2015 - Culture Track*, p. 899–905, novembro 2015.

SPC. *Oito em cada dez inadimplentes sofreram impacto emocional negativo por conta das dívidas*. 2020. Disponível em: <https://www.spcbrasil.org.br/pesquisas/pesquisa/7266> Acessado em: 19/02/2021.

SRIVASTAVA, P.; KHAN, R. A review paper on cloud computing. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, v. 8, n. 6, p. 17–20, 2018.

STANLEY, T. J.; DANKO, W. D. *O milionário mora ao lado*. Barueri: Editora Manole, 1999.

SUNYAEV, A. Cloud computing. In: *Internet Computing*. 1. ed. [S.l.]: Springer, Cham, 2020.

TADEUSIEWICZ, R. Introduction od intelligent systems. In: WILAMOWSKI, J. D. I. B. M. (Ed.). *The industrial electronics handbook of Intelligent Systems*. [S.l.]: CRC Press, 2011. v. 1.

TAYLOR, M. P.; JENKINS, S. P.; SACKER, A. Financial capability and psychological health. *Journal of Economic Psychology*, v. 32, p. 710–723, 2011.

TRANTAPHYLLOU, E. Multi-criteria decision-making methods: A comparative study. *Multi-criteria Decision-Making Methods*, p. 5–21, 2000.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. *Mind*, n. 49, p. 433–460, 1943.

WARDER, M. F. et al. A computer application to teach financial literacy. In: *2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–2.

WINSTON, P. H. *Artificial intelligence (third edition)*. [S.l.]: Addison-Wesley, 1991.

ZAGORUIKO, N. Expert systems and pattern recognition. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, v. 3, 1988.

ZANINI, N.; DHAWAN, V. Text mining: An introduction to theory and some applications. *RESEARCH MATTERS*, v. 19, p. 38–44, 02 2015.