



Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia – FCTE  
Engenharia de Software

## **Camada de Gestão do Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento - Módulo de Testes do SAE**

Autores: Gabriel Roger Amorim da Cruz, Victor Hugo Oliveira Leão

Orientador: Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi Rissoli

Brasília, DF

2025





Gabriel Roger Amorim da Cruz, Victor Hugo Oliveira Leão

**Camada de Gestão do Sistema Inteligente de Avaliação  
do Conhecimento - Módulo de Testes do SAE**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia – FCTE

Orientador: Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi Rissoli

Brasília, DF

2025

---

Gabriel Roger Amorim da Cruz, Victor Hugo Oliveira Leão  
Camada de Gestão do Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento -  
Módulo de Testes do SAE/ Gabriel Roger Amorim da Cruz, Victor Hugo Oliveira Leão. – Brasília, DF, 2025-  
**127** p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi Rissoli

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia – FCTE , 2025.

1. Sistema Tutor Inteligente. 2. Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento. I. Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi Rissoli. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Camada de Gestão do Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento - Módulo de Testes do SAE

CDU

---

Gabriel Roger Amorim da Cruz, Victor Hugo Oliveira Leão

## **Camada de Gestão do Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento - Módulo de Testes do SAE**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 31 de janeiro de 2025:

---

**Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi  
Rissoli**  
Orientador

---

**Prof. Dr. André Barros de Sales**  
Convidado 1

---

**Prof. Dr. Ricardo Matos Chaim**  
Convidado 2

---

**Prof. Dr. Tel Amiel**  
Convidado 3

Brasília, DF  
2025



# Resumo

A gestão educacional é fundamental para a organização e melhoria contínua dos processos de ensino que buscam a aprendizagem discente. Sendo assim, este trabalho desenvolveu um novo módulo responsável pela gestão do Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC), integrante do Sistema Tutor Inteligente conhecido como SAE (Sistema de Apoio Educacional). A problematização se concentra nas limitações atuais do SIAC em termos de gerenciamento mais eficiente e abrangente dos processos educacionais e as possibilidades docentes de melhor acompanhar o processo ensino-aprendizagem personalizado ou em grupos. Dessa maneira, o objetivo deste projeto foi aprimorar o módulo de testes do SAE com o desenvolvimento de uma camada de gestão, podendo proporcionar um gerenciamento mais robusto e flexível que possibilite novas análises e ações condizentes à situação momentânea de aprendizagem de cada estudante ou de grupos específicos que demandem de acompanhamento diferenciado para a evolução de suas habilidades em conteúdos letivos, podendo contribuir assim com as tomadas de decisões pedagógicas que proporcionam ainda mais qualidade no processo educacional. Conclui-se que as melhorias propostas, baseadas na realização de testes de cenário, ampliaram, significativamente, as capacidades do SAE, oferecendo novos recursos para o acompanhamento e a gestão do processo educacional. Assim, a evolução do SIAC - realizada neste trabalho - forneceu mais benefícios ao contexto educacional, tornando docentes e discentes mais ativos na busca da educação de qualidade.

**Palavras-chave:** Tecnologia Educacional; Teoria de Resposta ao Item; Gestão Educacional; Sistema Tutor Inteligente; Processo de Ensino e Aprendizagem.



# Abstract

Educational management is fundamental for the organization and continuous improvement of teaching processes that aim at student learning. Therefore, this work aimed to develop a new module responsible for detailed management for the Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC), part of the Intelligent Tutor System known as SAE (Sistema de Apoio Educacional). The problem focuses on the current limitations of SIAC in terms of achieving more efficient and comprehensive management of educational processes and the possibilities for teachers to better monitor the personalized or group teaching-learning process. Thus, the objective of this project was to enhance the module responsible for exams application on SAE by developing a management layer, providing more robust and flexible administration that enabled new analyses and actions consistent with the current learning situation of each student or specific groups that require differentiated monitoring for the development of their skills in teaching content, thereby contributing to pedagogical decision-making that could improve the educational process. It is concluded that the proposed improvements, based on scenario testing, significantly expanded the capabilities of SAE, offering new resources for the monitoring and management of the educational process. Thus, the evolution of SIAC - proposed in this work - sought to provide more benefits to the educational context, making teachers and students more active in the pursuit of quality education.

**Keywords:** Educational Technology; Item Response Theory; Educational Management; Intelligent Tutoring System; Teaching and Learning Process.



# Lista de figuras

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 – Curva Característica do Item. . . . .  | 33  |
| Figura 2 – Arquitetura tradicional dos Sistemas Tutores Inteligentes. . . . .                           | 42  |
| Figura 3 – Processo Metodológico TCC 1. . . . .   | 53  |
| Figura 4 – Processo Metodológico TCC 2. . . . .   | 55  |
| Figura 5 – Quadro <i>Kanban</i> utilizado no desenvolvimento do trabalho. . . . .                       | 59  |
| Figura 6 – Fluxo de desenvolvimento do projeto. . . . .   | 59  |
| Figura 7 – DLD apresentando as tabelas envolvidas com a elaboração deste trabalho. . . . .              | 72  |
| Figura 8 – Recorte da tela obtida após a implementação da US1. . . . .                                  | 73  |
| Figura 9 – Recorte da tela obtida após a implementação da US2. . . . .                                  | 74  |
| Figura 10 – Tela que apresenta a adição da opção "Relatório" no submenu "Teste". . . . .                | 76  |
| Figura 11 – Recorte da tela de pesquisa de relatório de testes em uma disciplina. . . . .               | 77  |
| Figura 12 – Tela obtida após a implementação do relatório da US3. . . . .                               | 78  |
| Figura 13 – Tela obtida após a implementação dos gráficos da US3. . . . .                               | 79  |
| Figura 14 – Recorte da tela obtida após a implementação da US4. . . . .                                 | 80  |
| Figura 15 – Tela obtida após a implementação da US5. . . . .  | 81  |
| Figura 16 – Tela que apresenta as informações de um aluno. . . . .                                      | 82  |
| Figura 17 – Tela obtida após a implementação da US7. . . . .  | 83  |
| Figura 18 – Tela obtida após a implementação da US8. . . . .  | 83  |
| Figura 19 – Tela obtida após a implementação da US9. . . . .  | 84  |
| Figura 20 – Recorte da tela obtida após a implementação da US10. . . . .                                | 84  |
| Figura 21 – Tela obtida após a implementação da US11. . . . .   | 85  |
| Figura 22 – Tela obtida após a implementação da US16. . . . .   | 86  |
| Figura 23 – Tela obtida após a implementação das US17 e US18. . . . .                                   | 88  |
| Figura 24 – Recorte da tela obtida após a implementação da US19 para o administrador. . . . .           | 90  |
| Figura 25 – Recorte da tela obtida após a implementação da US19 com alerta ao professor. . . . .        | 91  |
| Figura 26 – Recorte da tela obtida após a implementação da US20. . . . .                                | 91  |
| Figura 27 – Recorte da tela obtida após a implementação da US21. . . . .                                | 92  |
| Figura 28 – Recorte da tela obtida após a implementação da US23. . . . .                                | 93  |
| Figura 29 – Recorte da tela obtida após a implementação da US24. . . . .                                | 94  |
| Figura 30 – Fluxo de realização de um teste, com ênfase na seleção de questões. . . . .                 | 97  |
| Figura 31 – Recorte da tela que apresenta a subopção "Itens" no submenu "Teste". . . . .                | 99  |
| Figura 32 – Tela da inovação na pesquisa de itens no SAE. . . . .                                       | 100 |
| Figura 33 – Recorte da tela que apresenta a lista de questões baseada nos critérios do usuário. . . . . | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 34 – Tela que apresenta os dados da questão selecionada. . . . .  | 101 |
| Figura 35 – Tela que apresenta as respostas da questão selecionada. . . . .  | 101 |
| Figura 36 – Tela que apresenta uma questão sem resposta. . . . .   | 102 |
| Figura 37 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 1. . . . .                           | 118 |
| Figura 38 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 2 com o perfil de professor. . . . . | 121 |
| Figura 39 – Exemplo de uma questão de teste apresentada pelo SIAC em que o estudante indicou uma resposta. . . . .           | 123 |
| Figura 40 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 3. . . . .                           | 124 |
| Figura 41 – Recorte da tela para cadastro de questão do teste de cenário 4. . . . .  | 126 |

# **Lista de tabelas**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Aspectos da metodologia científica deste trabalho. . . . . | 25 |
| Tabela 2 – Cronograma do TCC 1. . . . .                               | 54 |
| Tabela 3 – Cronograma do TCC 2. . . . .                               | 56 |
| Tabela 4 – Relação dos épicos neste trabalho. . . . .                 | 66 |



# Lista de equações

|                     |    |
|---------------------|----|
| Equação 1 . . . . . | 29 |
| Equação 2 . . . . . | 30 |
| Equação 3 . . . . . | 33 |
| Equação 4 . . . . . | 34 |
| Equação 5 . . . . . | 35 |
| Equação 6 . . . . . | 35 |



# Lista de abreviaturas e siglas

|        |   |
|--------|---|
| ABNT   | Associação Brasileira de Normas Técnicas                          |
| BDQ    | Banco de Questões   |
| DLD    | Diagrama Lógico de Dados  |
| ENADE  | Exame Nacional de Desempenho de Estudantes                        |
| ENEM   | Exame Nacional do Ensino Médio                                    |
| IDE    | <i>Integrated Development Environment</i>                         |
| ML3P   | Modelo Logístico de 3 Parâmetros                                  |
| ML4P   | Modelo Logístico de 4 Parâmetros                                  |
| PO     | <i>Product Owner</i>  |
| SAE    | Sistema de Apoio Educacional                                      |
| SAEB   | Sistema Nacional de Ensino Básico                                 |
| SARESP | Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo |
| SE     | <i>Standard Error</i>   |
| SGBDR  | Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional                  |
| SIAC   | Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento                  |
| SQL    | <i>Structured Query Language</i>                                  |
| STI    | Sistema Tutor Inteligente   |
| TAI    | Teste Adaptativo Informatizado                                    |
| TAS    | Teoria da Aprendizagem Significativa                              |
| TCC    | Trabalho de Conclusão de Curso                                    |
| TCT    | Teoria Clássica dos Testes  |
| TDD    | <i>Test-Driven Development</i>                                    |
| TRI    | Teoria de Resposta ao Item  |
| XP     | <i>Extreme Programming</i>  |



# Sumário

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>21</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Contextualização</b>  | <b>21</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Questão de Pesquisa</b>   | <b>23</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa</b>   | <b>23</b> |
| <b>1.4</b> | <b>Objetivos</b>   | <b>24</b> |
| 1.4.1      | Objetivo Geral   | 24        |
| 1.4.2      | Objetivos Específicos  | 24        |
| <b>1.5</b> | <b>Metodologia</b>   | <b>25</b> |
| 1.5.1      | Metodologia Científica   | 25        |
| 1.5.2      | Metodologia de Desenvolvimento   | 25        |
| <b>1.6</b> | <b>Organização do Trabalho</b>   | <b>26</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Teoria de Resposta ao Item</b>  | <b>27</b> |
| 2.1.1      | Conceito   | 27        |
| 2.1.2      | Perspectiva Histórica  | 29        |
| 2.1.3      | Modelos Matemáticos  | 30        |
| 2.1.3.1    | Modelo Logístico de 3 Parâmetros (ML3P)                                  | 31        |
| 2.1.3.2    | Modelo Logístico de 4 Parâmetros (ML4P)                                  | 32        |
| 2.1.4      | Curva Característica do Item   | 33        |
| 2.1.5      | Estimativa dos Parâmetros do Item  | 33        |
| 2.1.6      | Estimativa da Habilidade do Estudante Examinado                          | 35        |
| 2.1.7      | Função da Informação   | 36        |
| 2.1.8      | Testes Adaptativos Informatizados  | 38        |
| 2.1.8.1    | Testes Adaptativos Informatizados Baseados em Teoria de Resposta ao Item | 40        |
| <b>2.2</b> | <b>Sistemas Tutores Inteligentes (STI)</b>                               | <b>41</b> |
| 2.2.1      | Arquitetura  | 42        |
| 2.2.1.1    | Módulo do Domínio  | 42        |
| 2.2.1.2    | Módulo do Tutor  | 43        |
| 2.2.1.3    | Módulo do Aluno  | 43        |
| 2.2.1.4    | Módulo de Interface  | 44        |
| 2.2.2      | Sistema de Apoio Educacional   | 44        |
| <b>2.3</b> | <b>Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC)</b>           | <b>45</b> |
| <b>3</b>   | <b>METODOLOGIA</b>   | <b>51</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Metodologias</b>  | <b>51</b> |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.1.1      | Metodologia Científica . . . . .  | 51        |
| 3.1.1.1    | Natureza da Pesquisa . . . . .  | 51        |
| 3.1.1.2    | Abordagem da Pesquisa . . . . .   | 51        |
| 3.1.1.3    | Objetivos da Pesquisa . . . . .   | 52        |
| 3.1.1.4    | Procedimentos da Pesquisa . . . . .   | 52        |
| 3.1.2      | Metodologia de Execução do Trabalho . . . . .   | 52        |
| 3.1.3      | Metodologia de Desenvolvimento . . . . .  | 56        |
| 3.1.3.1    | Metodologia Ágil . . . . .  | 56        |
| 3.1.3.2    | Fluxo de Desenvolvimento . . . . .  | 59        |
| <b>3.2</b> | <b>Suporte Tecnológico . . . . .</b>  | <b>61</b> |
| 3.2.1      | Trello . . . . .  | 61        |
| 3.2.2      | Java . . . . .  | 61        |
| 3.2.3      | Eclipse . . . . .   | 61        |
| 3.2.4      | MySQL . . . . .   | 62        |
| 3.2.5      | Microsoft Teams . . . . .   | 62        |
| 3.2.6      | ChatGPT . . . . .   | 62        |
| <b>3.3</b> | <b>Testes de Cenário . . . . .</b>  | <b>62</b> |
| <b>4</b>   | <b>DESENVOLVIMENTO . . . . .</b>  | <b>65</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Requisitos . . . . .</b>   | <b>65</b> |
| 4.1.1      | Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões . . . . .                                     | 66        |
| 4.1.2      | Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos . . . . .                                 | 67        |
| 4.1.3      | Épico 3 - Alerta para Realização de Teste . . . . .                                   | 69        |
| 4.1.4      | Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC . . . . .                    | 69        |
| <b>4.2</b> | <b>Definições para o Desenvolvimento . . . . .</b>                                    | <b>71</b> |
| 4.2.1      | Manutenção de Padrões do Sistema . . . . .  | 71        |
| 4.2.2      | Modificação na Base de Dados . . . . .  | 71        |
| <b>4.3</b> | <b>Desenvolvimento das Histórias de Usuário . . . . .</b>                             | <b>73</b> |
| 4.3.1      | Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões . . . . .                                     | 73        |
| 4.3.1.1    | Desenvolvimento do Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões . . . . .                  | 73        |
| 4.3.1.2    | Testes do Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões . . . . .                           | 74        |
| 4.3.2      | Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos . . . . .                                 | 76        |
| 4.3.2.1    | Desenvolvimento do Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos . . . . .              | 76        |
| 4.3.2.2    | Testes do Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos . . . . .                       | 86        |
| 4.3.3      | Épico 3 - Alerta para Realização de Teste . . . . .                                   | 87        |
| 4.3.3.1    | Desenvolvimento do Épico 3 - Alerta para Realização de Teste . . . . .                | 87        |
| 4.3.3.2    | Testes do Épico 3 - Alerta para Realização de Teste . . . . .                         | 89        |
| 4.3.4      | Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC . . . . .                    | 90        |
| 4.3.4.1    | Desenvolvimento do Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC . . . . . | 90        |
| 4.3.4.2    | Testes do Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC . . . . .          | 94        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>4.4</b> | <b>Rebalanceamento e Frequência de Questões Aleatórias</b>  | <b>95</b>  |
| 4.4.1      | Rebalanceamento   | 95         |
| 4.4.2      | Frequência de Questões Aleatórias   | 96         |
| <b>4.5</b> | <b>Lista de Respostas de uma Questão no SIAC</b>  | <b>99</b>  |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>   | <b>105</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Conclusões</b>   | <b>105</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Trabalhos Futuros</b>  | <b>106</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b>  | <b>109</b> |
|            | <b>APÊNDICES</b>  | <b>115</b> |
|            | <b>APÊNDICE A – REALIZAÇÃO E RESULTADOS DOS TESTES DE CENÁRIO</b>                                       | <b>117</b> |
| <b>A.1</b> | <b>Teste de Cenário 1 - Quantidade Mínima de Questões Cadastradas para a Aplicação de uma Avaliação</b> | <b>117</b> |
| A.1.1      | Realização do Teste de Cenário 1  | 117        |
| A.1.2      | Resultado do Teste de Cenário 1   | 118        |
| <b>A.2</b> | <b>Teste de Cenário 2 - Visualização do Resultado de um Teste</b>                                       | <b>119</b> |
| A.2.1      | Realização do Teste de Cenário 2  | 119        |
| A.2.2      | Resultado do Teste de Cenário 2   | 121        |
| <b>A.3</b> | <b>Teste de Cenário 3 - Realização de um Teste no SIAC</b>  | <b>122</b> |
| A.3.1      | Realização do Teste de Cenário 3  | 122        |
| A.3.2      | Resultado do Teste de Cenário 3   | 124        |
| <b>A.4</b> | <b>Teste de Cenário 4 - Cadastro de Questões</b>  | <b>125</b> |
| A.4.1      | Realização do Teste de Cenário 4  | 125        |
| A.4.2      | Resultado do Teste de Cenário 4   | 127        |
| <b>A.5</b> | <b>Testes de Cenário Futuros</b>  | <b>127</b> |



# 1 Introdução

Os objetivos deste capítulo são apresentar o contexto em que o trabalho está inserido, evidenciar a questão de pesquisa que o trabalho buscou responder e salientar a justificativa e a motivação dos autores para a realização deste trabalho, além de apresentar os objetivos, as metodologias e a estrutura de organização do trabalho.

## 1.1 Contextualização

Indubitavelmente, a educação é um dos pilares essenciais da sociedade. Por meio dela, os cidadãos têm acesso a inúmeras possibilidades de aprimoramento de conhecimentos, habilidades e competências, viabilizando o progresso social e econômico tanto do indivíduo quanto da sociedade em que ele está inserido. Desse modo, a educação proporciona o desenvolvimento dos pensamentos crítico e moral individuais, acarretando um meio com valores éticos e com plena consciência de cidadania, tendo em vista a ciência dos seus direitos e deveres. [Oliveira \(2006\)](#) reforça essa ideia ao afirmar que a educação é ser um direito humano universal, já que é uma parte elementar para incentivar a vocação humana de produzir conhecimento e, assim, por meio dele, transformar o meio que vive, organizar-se na sociedade em que está inserido e construir o processo cultural.

Com o advento e popularização da tecnologia, é possível perceber cada vez mais a modernização do meio acadêmico, exemplificada pelo uso de computadores em salas de aula. De acordo com [Caetano \(2015\)](#), a introdução da tecnologia na educação pode estar associada à alteração da forma de aprendizado, à transformação das interações entre professores e alunos e à mudança na concepção sobre a natureza do conhecimento. Essa inserção traz benefícios tanto para os discentes quanto para os docentes, pois facilita e agiliza o acesso às informações e rompe com a barreira da distância, o que desconsidera a necessidade de estar no mesmo ambiente, viabilizando o aumento da produtividade e da eficiência no aprendizado.

Dessa maneira, a tecnologia, além de possibilitar a concentração de conteúdo de uma determinada disciplina ou assunto em alguma página ou aplicativo na rede mundial de computadores (Internet), pode também estar atrelada às medições de níveis de conhecimento e habilidade dos alunos, por meio da realização de questões e avaliações em ambientes virtuais, por exemplo.

Nesse sentido, dentre os diversos softwares e ambientes virtuais acadêmicos, destaca-se neste trabalho a tecnologia dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI), mais especificamente a proposta do software conhecido como SAE (Sistema de Apoio Educacional). O

SAE é um software educacional que tem como objetivo empregar recursos tecnológicos adequados a uma metodologia educacional coerente ao ensino-aprendizagem almejado, podendo ser praticado a distância ou presencial, bem como na combinação dessas duas formas de instrução (semipresencial) (RISSOLI, 2007).

O SAE, por ser um STI, é um sistema baseado em conhecimento, que, segundo Akerkar e Sajja (2009), utiliza inteligência artificial para resolver problemas dentro de um domínio específico. No contexto desse trabalho, um sistema baseado em conhecimento é projetado para simular o papel de um especialista humano no ensino, incorporando seu conhecimento ao sistema e permitindo que ele tome decisões ou forneça recomendações com base em um conjunto estruturado de informações e regras. É importante destacar que o SAE opera em um ambiente fechado, onde tanto a definição do conhecimento e os parâmetros de sucesso estão claramente estabelecidos, garantindo uma abordagem eficiente para a resolução de problemas dentro do seu domínio de atuação.

Nos ambientes de aprendizado e em instituições de ensino, a aplicação de avaliações acontece buscando mensurar os níveis de assimilação dos estudantes nos conteúdos propostos de estudo. Dessa maneira, é possível que os educadores consigam medir a eficiência de seus processos educacionais, além de acompanharem a situação de aprendizagem dos discentes nos conteúdos de estudos. Ademais, a utilização de tal software como ferramenta de suporte ao processo de ensino e de aprendizagem também colabora com as análises do próprio estudante e seus objetivos pessoais, tendo em vista que há a necessidade da compreensão do conteúdo ou assunto em questão para ele atingir a meta desejada.

No entanto, há mais de uma forma de realizar a avaliação do domínio de conhecimento do aprendiz em certo conteúdo. Na Teoria Clássica dos Testes (TCT), de acordo com Andrade e Justino (2007), a mensuração se baseia em observar a quantidade de questões corretas dentre um conjunto total de questões, ou seja, quanto maior a quantidade de itens certos que o discente obtiver, maior será seu conhecimento no assunto, e, por consequência, quanto menor a quantidade de itens certos que o discente alcançar, menor será seu conhecimento no assunto. Todavia, segundo Hammer e Harvey (1999), foi identificado que há limitações e deficiências no TCT, como por exemplo, o entrave ao aferir o desempenho de estudantes que realizaram provas diferentes com questões distintas.

Sendo assim, há o surgimento da Teoria de Resposta ao Item (TRI), que, segundo Andrade (2001), baseia-se em modelos de variáveis latentes para representar a relação entre a probabilidade de um estudante responder corretamente a uma questão, também chamada de item, e seus traços latentes ou habilidades na área do conhecimento avaliada. Dessa forma, a TRI busca representar tanto a expectativa de um indivíduo responder corretamente a um item de uma avaliação quanto as características desta questão para mensurar a habilidade do respondente. Dentre as vantagens da TRI, de acordo com Baker (2001), pode-se citar brevemente como exemplo, a possibilidade de classificar o conheci-

mento dos estudantes e personalizar o nível de dificuldade dos itens para os estudantes.

Por meio da aplicação de Testes Adaptativos Informatizados (TAI), que consistem em personalizar o aprendizado de cada estudante, é possível fazer com que as questões a serem realizadas durante um teste sejam selecionadas de acordo com o grau de capacidade ou habilidade do estudante. Essa seleção individualizada contribui para o crescente desenvolvimento do discente, além de possuir um maior potencial de mensuração do nível de aptidão do aprendiz em determinado conteúdo.

A ferramenta de software denominada Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC) é o módulo de testes que foi integrado ao projeto SAE com o objetivo de adicionar o recurso de apoio educacional baseado na TRI. O SIAC constitui um sistema computacional capaz de envolver TAI na situação cognitiva de cada aluno, fazendo com que seja possível, por meio da TRI, quantificar a habilidade de cada aprendiz e fornecer questões com nível de dificuldade proporcional ao seu nível de conhecimento momentâneo (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011).

No entanto, a gestão do SAE no módulo SIAC era limitada em relação ao gerenciamento dos dados de estudantes, pois não era possível, por exemplo, obter análises matemáticas mais aprofundadas individualmente ou em grupos através da interação com o sistema, que poderia colaborar mais na observação de níveis de assimilação similares entre aprendizes, bem como em aspectos comuns de uma turma de estudantes como um todo. Assim, nas pesquisas iniciais sobre o SIAC integrado ao SAE, foi possível identificar funcionalidades relevantes à gestão e monitoramento do processo educacional que poderiam ser melhor exploradas na integração do SIAC com o SAE para poder aprimorar ainda mais o suporte fornecido por esses softwares no acompanhamento e apoio às ações dos envolvidos diretamente no processo educacional (discentes e docentes) e, consequentemente, na melhoria de sua qualidade.

## 1.2 Questão de Pesquisa

A fim de guiar o trabalho, a seguinte questão de pesquisa foi definida:

*Como implementar um módulo de gestão para o SIAC que auxilie na tomada de decisões por parte dos professores e proporcione uma experiência mais condizente com a atual situação de aprendizagem dos discentes usuários do SAE?*

## 1.3 Justificativa

Tendo em vista que o SIAC introduz as características da TRI para o Sistema Tutor Inteligente SAE, surgiu como evolução para esse módulo a melhoria na sua camada de gestão. Dessa maneira, tornou-se possível expandir a quantidade de dados disponível

e aprimorar a experiência do professor no acompanhamento das habilidades em evolução dos estudantes, além de poder viabilizar o enriquecimento e a otimização da aplicação da TRI nos processos avaliativos.

Gerir é mais amplo e profundo do que administrar, pois, além de planejar, organizar, controlar e avaliar, também engloba a busca e a implementação de inovações e de melhorias nos processos relacionados, identificando oportunidades e agindo preventivamente perante possíveis ameaças (COLOMBO, 2004).

A gestão educacional é reconhecida como base fundamental para a organização significativa e estabelecimento de unidade dos processos educacionais e mobilização das pessoas voltadas para o desenvolvimento e melhoria da qualidade do ensino que oferecem. Gestão educacional corresponde ao processo de gerir a dinâmica do sistema de ensino como um todo, compromissado com métodos que organizem e criem condições para um ambiente educacional autônomo, de participação e compartilhamento, com autocontrole e transparência (LUCK, 2015). Esses princípios fundamentais da gestão educacional se alinham com a premissa central deste trabalho, visando o fortalecimento da autonomia dos estudantes e a promoção de um ambiente educacional mais colaborativo, participativo e atuante direto no ensino junto ao professor.

A motivação para realizar este trabalho partiu da premissa que a tecnologia e a educação estão interligadas, e aplicações como o SAE, especialmente no módulo do SIAC, contribuem para a evolução conjunta dessas duas áreas importantes na formação e capacitação das pessoas. Nesse contexto, ao evoluir esse módulo por meio da implementação de uma camada de gestão, diversos professores usuários desse STI podem aprimorar sua experiência letiva, obtendo mais dados em tempo real para a tomada de decisões e na aplicação de testes, resultando em um ensino melhor sintonizado a realidade de cada estudante e uma aprendizagem mais eficiente no acompanhamento da assimilação dos aprendizes. Com isso, este trabalho propôs melhorias em vários aspectos educacionais que impactam diferentes usuários do sistema, destacando-se entre eles os docentes e discentes.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo Geral

O trabalho possui como objetivo geral o desenvolvimento de uma camada de gestão para o Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento, módulo de testes do Sistema de Apoio Educacional.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Aplicação de testes para entendimento do funcionamento do SIAC e elicitação de melhorias possíveis na aplicação;
- Desenvolvimento das melhorias identificadas;
- Validação da eficácia das evoluções aplicadas no SIAC para garantir que trazem os benefícios esperados.

## 1.5 Metodologia

As metodologias adotadas para o desenvolvimento deste trabalho são divididas em duas categorias: metodologia científica e metodologia de desenvolvimento.

### 1.5.1 Metodologia Científica

Segundo [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#), uma pesquisa pode ser caracterizada quanto à sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. Destarte, a [Tabela 1](#) evidencia a classificação da metodologia científica adotada para este trabalho.

Tabela 1 – Aspectos da metodologia científica deste trabalho.

| Abordagem   | Natureza | Objetivos  | Procedimentos                                  |
|-------------|----------|------------|--|
| Qualitativa | Aplicada | Descritiva | Pesquisa bibliográfica<br>Produção tecnológica |

Fonte - Autoria própria.

Os esclarecimentos sobre os aspectos que definem as características desta pesquisa científica são abordados na [Seção 3.1.1](#) do [Capítulo 3](#).

### 1.5.2 Metodologia de Desenvolvimento

Na metodologia de desenvolvimento deste trabalho, foram usados elementos do método ágil *Scrum*. Com o uso deste método, foi possível realizar entregas incrementais de software, baseadas em artefatos e eventos definidos por suas instruções. Além disso, a participação ativa dos membros interessados no trabalho também foi um critério relevante para esta escolha.

Em conjunto ao *Scrum*, a metodologia *Kanban* também foi utilizada durante o desenvolvimento. O *Kanban* proporcionou a visualização e gerenciamento do fluxo de trabalho de forma simples, por meio do quadro de tarefas. Assim, a equipe conseguiu realizar a entrega constante dos itens definidos nos artefatos do método *Scrum*.

Por conta de restrições de equipe e outras características do trabalho, não foi possível realizar o uso dos dois métodos em sua integralidade. Por este motivo, a metodologia

de desenvolvimento definida usa elementos específicos, mas essenciais, desses métodos ágeis em conjunto.

Os detalhes sobre as metodologias e suas aplicações trabalhando em conjunto neste projeto estão abordados nas seções do [Capítulo 3](#).

## 1.6 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em 5 capítulos, sendo eles:

- **Capítulo 1 - Introdução:** contém a contextualização do trabalho proposto, bem como sua questão de pesquisa, justificativa e motivação de escolha, objetivos (gerais e específicos) e metodologias científicas e de desenvolvimento adotadas.
- **Capítulo 2 - Referencial Teórico:** refere-se ao capítulo em que há a fundamentação dos principais assuntos e conceitos abordados por todo o trabalho e que são importantes para a compreensão do que foi proposto e realizado.
- **Capítulo 3 - Metodologia:** corresponde ao detalhamento das etapas e atividades de desenvolvimento do trabalho, segundo as metodologias definidas. Este capítulo apresenta ainda as ferramentas, tecnologias e artefatos usados para apoiar e realizar sua implementação.
- **Capítulo 4 - Desenvolvimento:** capítulo que detalha a execução da proposta planejada e evidencia os ajustes que ocorreram ao longo do processo de desenvolvimento para que fosse atingido o seu sucesso.
- **Capítulo 5 - Considerações Finais:** capítulo que encerra o trabalho, sendo constituído das conclusões referentes a proposta inicial e seus objetivos, além da indicação de aprimoramentos interessantes a serem integrados como trabalhos futuros.

## 2 Referencial Teórico

O objetivo deste capítulo é apresentar e fundamentar os principais temas e conceitos que foram explorados durante a elaboração deste trabalho.

### 2.1 Teoria de Resposta ao Item

#### 2.1.1 Conceito

De acordo com [Andrade \(2001\)](#), um dos grandes problemas em avaliações educacionais é a comparação do desempenho de diferentes grupos de respondentes, pois a TCT, a qual se baseia nos resultados obtidos em provas expressas exclusivamente pelos escores (resultados) brutos ou padronizados, permite estes tipos de comparações apenas quando os indivíduos são submetidos todos à mesma avaliação. Essa Teoria é mais detalhada matematicamente em [Lord e Novick \(1968\)](#).

Conforme [Andrade e Justino \(2007\)](#), a TCT é a forma mais tradicional para avaliação de desempenho. Essa Teoria se baseia em observar a quantidade de questões corretas dentre um conjunto total de questões, isto é, obter o escore do teste. Algumas das vantagens dessa teoria é a sua facilidade na interpretação e a baixa exigência de suposições sobre os dados. No entanto, conforme evidenciado na [Seção 1.1](#), de acordo com [Hammer e Harvey \(1999\)](#), a TCT sofre de algumas deficiências ou limitações, como:

- O escore do estudante não é uma medida absoluta, pois pode variar de teste para teste, dependendo do conteúdo do teste;
- É difícil comparar o desempenho de estudantes aplicando-se testes diferentes;
- A avaliação de desempenho dos estudantes é influenciada pela amostra definida.

Ainda sobre a TCT, [Lord \(1952\)](#) ilustra outra grande desvantagem dessa Teoria. A situação citada é quando dois estudantes realizam o mesmo teste e acertam a mesma quantidade de questões, porém acertam questões diferentes. Neste caso, a métrica não leva em conta as características particulares de cada item (questão) e julga a habilidade dos aprendizes exclusivamente pela quantidade de itens corretos.

Sendo assim, buscando aperfeiçoar algumas dessas desvantagens da TCT, há o surgimento da TRI. Como destacado por [Hammer e Harvey \(1999\)](#), a TRI procura modelar a maneira como os construtos psicológicos latentes se manifestam em termos de respostas aos itens observáveis. Dessa forma, resumidamente, a TRI busca, segundo [Andrade](#)

(2001), representar a probabilidade de um indivíduo acertar a resposta de um item em determinado teste.

Com a adoção da TRI como metodologia avaliativa, é possível obter métricas mensuráveis sobre o nível de conhecimento e, consequentemente, aplicar recursos capazes de medir a habilidade de cada estudante. Entende-se habilidade, nesse contexto, como uma métrica de mensuração para estimar o quanto capacitado o aprendiz é em determinada área do conhecimento, ou seja, quanto maior a habilidade do discente, maior a probabilidade dele responder de maneira correta os itens da área de conhecimento em questão.

Segundo [Baker \(2001\)](#), essa habilidade mencionada é conhecida pelos psicometristas como uma característica inobservável ou latente, também conhecida como traço latente. Esse traço latente é, muitas vezes, algo que é intuitivamente compreendido e pode ser facilmente descrito, porém não pode ser medido diretamente, assim como altura ou peso, por exemplo, já que é um conceito e não uma dimensão física.

Ainda de acordo com [Baker \(2001\)](#), um grande objetivo da educação é a determinação de quanto de traço latente característico que uma pessoa possui. Alguns exemplos de traços latentes são a capacidade aritmética e a capacidade de leitura de um indivíduo, pois não é algo facilmente mensurável. No caso do tema deste trabalho, a capacidade de um estudante responder uma questão corretamente é identificada como um traço latente.

Segundo [Andrade e Justino \(2007\)](#), por conta da dificuldade de mensurar um traço latente, são utilizados modelos matemáticos baseados em parâmetros para estimar valores para os níveis de habilidade dos estudantes. De acordo com [Andrade \(2001\)](#), os modelos propostos dependem dos parâmetros associados aos itens e as habilidades dos respondentes e, ainda segundo o autor, as comparações desejadas apenas são possíveis de serem realizadas se todos os valores destes parâmetros e das habilidades estiverem na mesma escala de medida. Esses parâmetros, no caso específico do foco deste trabalho, são voltados para as características das questões e para a probabilidade do indivíduo acertar uma determinada questão dado o seu grau de habilidade.

De acordo com [Andrade, Tavares e Valle \(2000\)](#), os vários modelos da TRI propostos na literatura dependem fundamentalmente de três fatores, sendo eles:

- Natureza do item - dicotômicos ou não dicotômicos;
- Número de populações envolvidas - apenas uma ou mais de uma;
- Quantidade de traços latentes que está sendo medida - apenas um ou mais de um.

Os modelos que consideram apenas um traço latente são conhecidos como modelos unidimensionais, enquanto que modelos que consideram mais de um traço latente são

chamados de modelos multidimensionais. Sob a perspectiva deste trabalho, foi utilizado o modelo unidimensional, que será mais aprofundado na [Seção 2.1.3](#).

Portanto, percebe-se que a TRI possui algumas vantagens em relação à TCT quanto a qualificação do nível de assimilação dos estudantes em determinada área do conhecimento. Como já evidenciado na [Seção 1.1](#), segundo [Baker \(2001\)](#), essas principais vantagens seriam:

- O escore de cada estudante independe da quantidade e do tipo de questões aplicadas;
- É possível comparar o escore de cada estudante, mesmo que tenham realizado questões diferentes;
- Os valores dos parâmetros dos itens não variam de acordo com quem está realizando a avaliação;
- Os estudantes irão realizar questões condizentes com seu nível de aptidão no conteúdo, ou seja, examinandos com nível inferior de aptidão irão responder questões com grau de dificuldade menor, enquanto que examinandos com maior nível de aptidão responderão questões com maior grau de dificuldade.

Dessa maneira, a TRI destaca-se, no âmbito do tema deste trabalho, principalmente no aperfeiçoamento da mensuração do nível de aptidão dos estudantes, quando comparada à TCT, além de viabilizar recursos de aprendizado individual e personalizado para cada aprendiz, com fornecimento de questões (itens) coerentes com o seu atual nível de assimilação em determinado conteúdo.

## 2.1.2 Perspectiva Histórica

Os primeiros estudos e modelos voltados para a Teoria de Resposta ao Item surgiram na década de 50, como por exemplo [Lord \(1952\)](#) e [Tucker \(1946\)](#). Segundo [Hammer e Harvey \(1999\)](#), a TRI foi desenvolvida inicialmente para uso em testes padronizados de desempenho e aptidão compostos por itens de escolha pontuados no formato dicotômico (certo ou errado).

[Lord \(1952\)](#) definiu que seria desejável definir como medida de habilidade alguma função das pontuações dos itens que permaneceria invariante para qualquer examinando, mesmo que os itens que compõem o teste sejam alterados. Apesar da presença inevitável de erros de medição, é possível, no entanto, sob certas condições, definir uma métrica para habilidade de forma que a distribuição de frequência da habilidade no indivíduo ou grupo testado se mantenha a mesma, mesmo que a composição do teste seja alterada. Dessa maneira, todas as propriedades da pontuação do teste em relação à habilidade subjacente são expressas como funções das estatísticas usuais dos itens.

Por conseguinte, o autor foi o primeiro a desenvolver o modelo unidimensional de 2 parâmetros, baseado na função ogiva normal. Após algumas aplicações desse modelo, o autor sentiu a necessidade da incorporação de um parâmetro que tratasse do problema do acerto casual, assim surgindo o modelo de 3 parâmetros. Alguns anos depois, Birnbaum (1968) realizou a alteração, em ambos os modelos, da função ogiva normal pela função logística, pois é uma função explícita dos parâmetros do item e de habilidade e não envolve integração, ou seja, é matematicamente mais conveniente, assim dando origem ao que seria o Modelo Logístico de 3 Parâmetros (ML3P).

Posteriormente, Samejima (1969) propôs o modelo de resposta gradual, com o objetivo de obter maior quantidade de informações das respostas dos examinados, ao invés de verificar apenas se deram respostas corretas ou incorretas aos itens. Mais tarde, Bock e Zimowski (1997) introduziram os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros para duas ou mais populações de respondentes. A introdução desses modelos trouxe novas possibilidades para as comparações de rendimentos de duas ou mais populações submetidas a diferentes testes com itens comuns.

A TRI vem se tornando a técnica predominante no campo de testes em vários países. No Brasil, a TRI foi usada pela primeira vez em 1995 na análise dos dados do Sistema Nacional de Ensino Básico (SAEB). A introdução da TRI viabilizou que o desempenho dos estudantes da 4<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental pudessem ser comparados e classificados em uma escala única de conhecimento (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

A partir dos resultados obtidos no SAEB, outras avaliações de larga escala, como por exemplo o Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP), também foram planejadas e realizadas de maneira que fossem analisadas por meio da TRI (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Além do SAEB e do SARESP, a TRI também é utilizada em outras avaliações de grande relevância no Brasil, como no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Segundo Costa (2017), a adoção dessa teoria no ENEM permitiu a construção de uma série histórica do desempenho dos estudantes e egressos do ensino médio, viabilizando análises comparativas mais consistentes ao longo dos anos. Ademais, de acordo com Scher, Junior e Angela (2020), a aplicação da TRI no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) possibilita uma mensuração mais precisa das habilidades dos participantes, conferindo maior rigor e fidedignidade aos resultados obtidos.

### 2.1.3 Modelos Matemáticos

No contexto desse trabalho, inicialmente em Andrade, Ferreira e Guimarães (2011), para mensuração da probabilidade do estudante com uma habilidade definida acertar o item em questão, foi utilizado o ML3P. No entanto, em Teixeira, Junior e Rhoden (2015),

trabalho realizado como evolução de [Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011\)](#), foi utilizado o Modelo Logístico de 4 Parâmetros (ML4P). Portanto, na [Seção 2.1.3.1](#) e na [Seção 2.1.3.2](#) serão abordados os métodos ML3P e ML4P, além de uma explicação um pouco mais detalhada sobre cada um deles.

### 2.1.3.1 Modelo Logístico de 3 Parâmetros (ML3P)

Dos modelos propostos pela TRI, segundo [Baker \(2001\)](#), o ML3P é um dos mais utilizados. Esse modelo inicialmente foi adotado para implementação da TRI no módulo SIAC em [Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011\)](#). Ele é definido pela seguinte equação:

$$P(\theta) = c + (1 - c) \frac{1}{1 + e^{-a(\theta-b)}} \quad (1)$$

Onde:

- $\theta$  é o nível de habilidade do estudante;
- $P(\theta)$  é a probabilidade de um indivíduo com habilidade  $\theta$  acertar o item;
- $a$  é o parâmetro de discriminação do item;
- $b$  é o parâmetro de dificuldade do item;
- $c$  é o parâmetro que representa a probabilidade de acerto casual do item;
- $e$  representa o número neperiano, constante matemática cujo valor é aproximadamente 2,718.

O  $P(\theta)$  recebe um valor entre 0 (zero) e 1 (um) e representa a probabilidade do estudante acertar o item, de acordo com sua habilidade  $\theta$ . Quanto mais próximo de 0 (zero)  $P(\theta)$  for, menor é a probabilidade do estudante acertar a questão, e quanto mais próximo de 1 (um)  $P(\theta)$  for, maior é a chance do examinando acertar o item.

O  $\theta$  representa a habilidade do estudante que está respondendo a questão. Teoricamente, pode assumir qualquer valor entre  $-\infty$  e  $+\infty$ , porém, é necessário o estabelecimento de uma origem e uma unidade de medida para a definição da escala. Dessa maneira, de acordo com [Baker \(2001\)](#), os valores de habilidade variam entre -3 e +3 e se adequam ao desvio padrão dos valores estipulados aos parâmetros da equação.

O parâmetro  $a$  representa a discriminação do item. De acordo com [Andrade e Justino \(2007\)](#), ele representa a relevância do item na mensuração do grau de habilidade do estudante, isto é, significa o potencial que a questão tem em discriminar a habilidade do aprendiz. Um baixo valor de  $a$  significa que o item tem pouco poder de discriminação, ou

seja, estudantes com graus de habilidades bastante diferentes possuem aproximadamente a mesma probabilidade de acerto no item. Itens com valores negativos em  $a$  não são esperados nesse modelo, uma vez que indicariam uma relação inversamente proporcional entre a probabilidade de acerto no item e o grau de habilidade do examinando.

O parâmetro  $b$ , assim como  $\theta$ , é medido na mesma unidade e varia entre -3 e +3. Dessa maneira, quanto maior o valor de  $b$ , maior o grau de dificuldade do item, e quanto menor o valor de  $b$ , mais fácil é o item.

O parâmetro  $c$  é a probabilidade do indivíduo conseguir um acerto casual do item, isto é, acertar o item mesmo não sabendo a resposta. Esse parâmetro tem como função medir o quanto adivinhável a questão é e varia de acordo com os tipos de questões e possibilidades de respostas, no entanto, assume sempre valores entre 0 e 1.

Portanto, o modelo é baseado na premissa de que indivíduos com maior habilidade possuem maior aptidão para acertar a questão e que esta relação não é uma relação linear.

### 2.1.3.2 Modelo Logístico de 4 Parâmetros (ML4P)

O ML4P é uma evolução do ML3P, pois, de acordo com [Wang e Hanson \(2005\)](#), o tempo gasto para responder um item e o limite de tempo para execução da avaliação são relevantes para a mensuração do grau de habilidade. Dessa maneira, foi adicionado um quarto parâmetro (tempo) em relação ao ML3P, assim elevando a fidelidade do teste à realidade em relação à mensuração da habilidade do estudante com a TRI. Esse parâmetro incluído, por sua vez, é representado por três valores no modelo. A função do ML4P é obtida pela seguinte equação:

$$P(\theta) = c + \frac{1 - c}{1 + e^{-1.7a(\theta - (\frac{pd}{t}) - b)}} \quad (2)$$

$\theta$ ,  $P(\theta)$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $e$  já foram abordados e detalhados na [Seção 2.1.3.1](#). Além disso:

- $d$  é o tempo estimado para resposta do item;
- $p$  é tempo do indivíduo para responder ao item;
- $t$  é o tempo total de duração do teste.

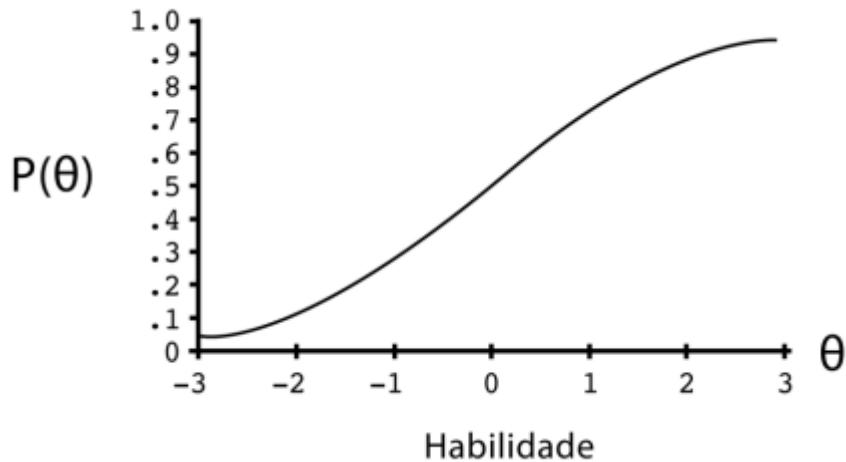
$d$  é a estimativa do tempo para resolução de um item, ou seja,  $d$  corresponde ao tempo esperado que o indivíduo gaste para a resolução do item proposto,  $p$  corresponde ao tempo que o indivíduo utilizou para responder o item e  $t$  representa o tempo total gasto para realizar o teste por completo.

Com a adição dessas propriedades, a estimativa de habilidade do estudante se torna mais precisa e fiel à realidade que se deseja mensurar.

#### 2.1.4 Curva Característica do Item

Considera-se que cada examinando tenha um valor numérico que o coloque em algum lugar na escala de habilidade. Em cada nível de habilidade, haverá uma certa possibilidade de que um examinando com essa habilidade acerte a resposta. No caso de um item de teste típico, essa probabilidade será pequena para examinandos com baixa habilidade e será grande para examinandos com alta habilidade. Um gráfico plotado de  $P(\theta)$  em função de  $\theta$  terá um resultado em formato de uma curva suave em forma de S, como pode ser observado na [Figura 1](#). Essa curva descreve a relação entre a probabilidade de resposta correta de um item e a escala de habilidade. Na TRI essa relação é conhecida como curva característica do item e cada item em um teste tem sua própria curva característica ([BAKER, 2001](#)).

Figura 1 – Curva Característica do Item.



Fonte: Retirado de [Baker \(2001\)](#).

#### 2.1.5 Estimativa dos Parâmetros do Item

A estimativa dos parâmetros de um item e das habilidades dos examinandos é uma das etapas de suma importância no processo da TRI. O procedimento de definição dos valores dos parâmetros dos itens ocorre de acordo com as respostas dadas pelos estudantes. Essa etapa é fundamental para o ML4P, pois o cálculo da habilidade do indivíduo é dependente dos valores definidos pelos parâmetros do modelo logístico em questão, sendo estes nível de dificuldade, discriminação, probabilidade de acerto casual e lentidão. Isso situará esses parâmetros em uma mesma métrica, assim obtendo uma

mesma escala envolvida nos testes avaliativos para a avaliação de todos os estudantes envolvidos.

O processo de estimação dos parâmetros na TRI é chamado de calibração dos itens. No contexto desse trabalho, cada parâmetro tem diferentes critérios abordados para o cálculo e mensuração do seu valor.

Para a estimação de dificuldade de cada item, foram considerados dois critérios diferentes, sendo esses a quantidade de respostas corretas e o percentual de acerto desse item pelos estudantes matriculados no conteúdo em questão no período letivo corrente. Com o percentual definido, a dificuldade do item é calculada utilizando a faixa de valores de -3 a +3 definida por [Baker \(2001\)](#). Dessa forma, será estimado o valor do parâmetro de dificuldade do item.

Em relação ao parâmetro de discriminação, a estimativa ocorre por meio da análise do número de respostas corretas ao item e a média das habilidades dos estudantes respondentes. De acordo com [Andrade \(2001\)](#), a discriminação de um item varia no intervalo de 0 (zero) a +2 ([0, 2]). Essa discriminação é descrita pelo índice do somatório do percentual de respostas corretas e pelo índice do percentual da média das habilidades dos respondentes.

A estimativa do parâmetro de probabilidade de acerto casual ocorre por meio da probabilidade de acerto ao item para cada tipo de questão oferecida pelo sistema, sendo no SIAC definido como itens de:

- Verdadeiro ou Falso (V ou F): A probabilidade de acerto neste tipo de questão é de 50% (1/2);
- Múltipla escolha: A probabilidade de acerto neste tipo de questão é de 25% (1/4);
- Escolha múltipla: A probabilidade de acerto neste tipo de questão é de 6,25% (1/16).

Por fim, para estimar o parâmetro de lentidão, relacionado ao tempo de solução do item, o docente responsável pelo cadastro da questão determina qual o tempo, em segundos, aproximado para que um estudante consiga realizar o item (resolver a questão). Dessa forma, o sistema pode apurar o tempo que o estudante utilizou para responder cada item, o tempo total utilizado na realização do teste e o tempo estimado para cada item, previsto pelo docente responsável.

O processo de rebalanceamento automático consiste no procedimento de reajustar alguns desses parâmetros quando algum deles estiver desproporcional com seu valor real. Caso o parâmetro de dificuldade não esteja condizente com a realidade, por exemplo, o rebalanceamento buscará redefinir esse parâmetro, visando aproximá-lo do real valor de dificuldade do item.

### 2.1.6 Estimativa da Habilidade do Estudante Examinado

Na TRI, o principal objetivo da realização de questões em uma turma é conseguir mensurar o nível de habilidade atual dos estudantes dessa turma em relação aos conteúdos propostos pela disciplina em questão. Com essa mensuração, torna-se possível classificar os estudantes quanto ao seu grau de habilidade e direcionar os aprendizes a realizarem questões condizentes com o atual grau de conhecimento, aumentando assim a eficiência do aprendizado desses estudantes por meio da realização de questões.

A realização do processo de estimativa da habilidade do estudante inicia-se com a realização de questões dentro da plataforma SAE, para que o grau de aptidão do aprendiz seja monitorado e examinado. Após a realização das questões, é retornado um conjunto de valores que variam entre 0 (zero) e 1 (um). Cada valor corresponde a um item respondido e representa se o item foi respondido corretamente ou incorretamente. Quando o valor for igual a zero, significa que o estudante errou o respectivo item, e quando o valor for igual a um, significa que ele acertou o respectivo item. Esse conjunto de valores contabilizados como zeros e uns é chamado de vetor de resposta dos itens, valores esses que, juntamente com os parâmetros de cada item, são utilizados para a estimativa da habilidade do estudante examinado.

Vale ressaltar que, no SAE, em específico, existe a definição de um valor que consiste na periodização de questões aleatórias. Com o intuito de reduzir o processo de estimativa do grau de habilidade dos estudantes, algumas questões são mostradas ao examinando sem a análise dos parâmetros, mas com o objetivo de contribuir com a apuração da habilidade do estudante neste software educacional, propondo uma questão que não corresponda aos resultados apurados até determinado momento. A definição do valor de periodização irá determinar a frequência que a questão aleatória será exibida ao estudante, isto é, se o valor for três, por exemplo, a cada três questões que o estudante realizar, será fornecido um item, de maneira aleatória, para esse estudante responder.

Na TRI, procedimentos de máxima verossimilhança são usados para estimar a habilidade de um examinado, procedimento esse que consiste em um processo iterativo. A estimativa da habilidade do estudante examinado inicia com algum valor a priori e os valores conhecidos dos parâmetros do item, esses usados para calcular a probabilidade de resposta correta a cada item para aquele examinando. Dessa forma, é obtido um ajuste na estimativa de habilidade que aprimora a concordância das probabilidades calculadas com o vetor de resposta dos itens (BAKER, 2001).

O processo é repetido até que o ajuste se torne pequeno o suficiente para que a mudança na capacidade estimada seja insignificante. Após essa repetição do processo até atingir esse grau de assertividade, tem como resultado a estimativa da habilidade do estudante. Este processo é baseado em uma abordagem que trata cada examinando de

maneira separada, portanto, para estimar a habilidade de uma turma inteira, é necessário que esse processo seja realizado individualmente, passando por todos os estudantes dessa turma que realizaram as questões (BAKER, 2001).

É utilizada a seguinte equação para a estimação da habilidade de cada estudante examinado:

$$\hat{\theta}_{s+1} = \hat{\theta}_s + \frac{\sum_{i=1}^N -a_i [u_i - P_i(\hat{\theta}_s)]}{\sum_{i=1}^N a_i^2 P_i(\hat{\theta}_s) Q_i(\hat{\theta}_s)} \quad (3)$$

Onde:

- $s$  corresponde à iteração de cada questão respondida, de modo que  $N$  questões respondidas correspondam a  $N$  iterações;
- $\theta_s$  é a habilidade estimada do estudante no momento da iteração  $s$ ;
- $a_i$  é o parâmetro da discriminação do item, com  $i$  assumindo valores de 1 (um) a  $N$ ;
- $U_i$  é a resposta do estudante, podendo assumir os valores de 1 (um), para quando a resposta for correta, e 0 (zero), para quando a resposta for incorreta;
- $P_i(\theta_s)$  é a probabilidade de resposta correta do item;
- $Q_i(\theta_s)$  é a probabilidade de resposta incorreta do item.

Inicialmente, o  $\theta_s$  que está do lado direito do sinal de igualdade é definido como algum valor arbitrário. A expressão matemática  $[U_i - P_i(\theta_s)]$ , que compõe a [Equação 3](#), representa a diferença entre a resposta do estudante ao item e a probabilidade de resposta correta desse item, de acordo com o nível de habilidade  $\theta_s$ . Por conta de que a estimativa da habilidade se aproxima da real habilidade do examinado, a soma das diferenças entre  $U_i$  e  $P_i(\theta_s)$  fica cada vez menor. Dessa maneira, o objetivo é encontrar a habilidade estimada dos valores de  $P_i(\theta_s)$  para todos os itens de maneira simultânea, minimizando essa soma. Quando isso ocorre, o  $\Delta\theta$  se torna o menor possível e o valor de  $\theta_s + 1$  não mudará de iteração para iteração. Esse valor final de  $\theta_s + 1$  é então usado como a habilidade estimada do estudante (BAKER, 2001).

### 2.1.7 Função da Informação

O termo informação implica no conhecimento sobre um determinado objeto ou tópico. Na Psicometria e na Estatística, o conceito de informação envolve o conhecimento teórico sobre algum tópico ou objeto e está ligado à precisão com a qual um parâmetro pode ser estimado. Dessa maneira, entende-se que quanto maior for a precisão utilizada,

maior a quantidade de informação que será adquirida, o que indica uma avaliação mais realista do estudante.

De acordo com [Baker \(2001\)](#), o valor mensurado mais realista é resultado da variação das estimativas, representada por  $\sigma^2$ . A quantidade de informação, representada por  $I$  é obtida por meio da seguinte equação:

$$I = \frac{1}{\sigma^2} \quad (4)$$

Quanto maior for o valor obtido pelo cálculo da equação, maior a quantidade de informação estatística real, o que significa uma maior realidade (precisão) na avaliação do aprendiz.

Usando essa equação, é possível representar as informações de cada nível de habilidade em uma escala de infinito negativo a infinito positivo. Essa escala de informação segue as mesmas regras do cálculo de habilidade, que também varia de infinito negativo a positivo. Segundo [Baker \(2001\)](#), ambas as escalas têm uma medição ótima entre -3 e +3, isto é,  $[-3, 3]$ .

A quantidade de questões pode afetar a precisão da informação obtida, já que uma única questão, por exemplo, não fornece dados suficientes para uma avaliação eficaz. O número ideal de questões é determinado pelas regras de parada da STI, que realizam a definição da quantidade de itens ideal. Neste trabalho, os critérios de parada são a falta de questões cadastradas no banco de dados e o *Standard Error* (SE), conforme definido por [Baker \(2001\)](#) na seguinte equação:

$$SE(\theta) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}} \quad (5)$$

Onde:

- $SE(\theta)$  corresponde ao erro padrão da avaliação responsável por determinar a capacidade de medir a habilidade do estudante com maior precisão. Quanto maior for o valor do erro padrão, menor será essa precisão, e quanto menor for o valor do erro padrão, maior será a precisão;
- $I(\theta)$  corresponde a quantidade de informação da avaliação para o aprendiz com habilidade  $\theta$ .

Na TRI, o SE é conhecido como erro-padrão de estimativa, calculado como o inverso da raiz da função de informação. Um candidato é considerado acima ou abaixo de um

ponto de corte estabelecido no intervalo de habilidade [-3, 3]. Se um candidato apresentar  $\theta$  e SE acima do valor de corte antes da avaliação, ele atende ao critério e a avaliação termina. O mesmo vale se  $\theta$  e SE estiverem abaixo do valor de corte estipulado. Os resultados do teste destacam os grupos de examinandos com habilidades acima ou abaixo do esperado.

Após calcular a informação de cada item, os resultados são somados para obter a informação total do teste. Essa avaliação do conjunto de itens proporciona a melhor compreensão da habilidade do estudante examinado. Conforme descrito por [Baker \(2001\)](#), a fórmula utilizada é:

$$I_i(\theta) = a^2 \left[ \frac{Q_i(\theta)}{P_i(\theta)} \right] \left[ \frac{P_i(\theta) - c^2}{(1 - c^2)} \right] \quad (6)$$

Onde:

- $a^2$  corresponde ao quadrado do parâmetro de discriminação do item;
- $P_i(\theta)$  corresponde à probabilidade de resposta correta do item;
- $Q_i(\theta)$  corresponde à probabilidade de resposta incorreta do item;
- $c^2$  corresponde ao quadrado do parâmetro que representa a probabilidade de acerto casual.

### 2.1.8 Testes Adaptativos Informatizados

De acordo com [Santos e Guedes \(2005\)](#), o processo de avaliação é, historicamente, palco de grandes discussões e estudos no ensino, tanto no ensino presencial quanto no ensino a distância. Diferentes práticas avaliativas contestam a avaliação como significado social e político. Evitar que a avaliação julgue exclusivamente pela comparação e classificação é uma busca constante. Segundo [Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011\)](#), com o advento da tecnologia e com o auxílio do computador, é possível elaborar testes de várias maneiras, como por exemplo, fazendo uso de diversos recursos multimídia, mostrando-se útil e eficaz para testes que envolvam procedimentos e cálculos estatísticos, como é o caso da TRI.

Dessa maneira, surge a necessidade de estudos em relação aos métodos de avaliação, incrementando conhecimento psicopedagógico a eles, visto que os estudantes possuem sentimentos distintos uns dos outros na realização de um teste, e esse lado psicológico precisa ser levado em conta no momento da avaliação.

Como evidenciado em [Alavarse e Melo \(2013\)](#), um desafio na avaliação educacional é construir provas que se adaptem aos respondentes, apresentando questões na região de

uma escala de proficiências próxima à da proficiência dos respondentes. Portanto, da mistura de técnicas psicológicas e a necessidade de se obter testes informatizados, surgem os TAIs.

No âmbito da avaliação educacional, um teste adaptativo é uma forma de testar o conhecimento de um respondente que, durante o teste, recebe um determinado item cujo nível de dificuldade é ajustado e dependente da resposta dada ao item anteriormente respondido, para gerar uma medida mais precisa de seu nível de conhecimento. O início do teste pode, em determinadas condições, depender de um patamar de dificuldade ajustado ao respondente ou ser sem pré-condições, sendo neste caso ajustado em sua realização. Tais testes, pelo fato de serem administrados com o uso de computadores, são denominados de TAIs (ALAVARSE; MELO, 2013).

Assim, de acordo com Andrade, Ferreira e Guimarães (2011), um TAI busca proporcionar a realização de um teste otimizado para pessoas diferentes, no qual a habilidade de cada indivíduo, também conhecida como traço latente, é estimada a cada nova questão respondida pelo examinando em particular.

De acordo com Conejo et al. (2001), os TAIs são compostos por alguns elementos básicos:

- Modelo de resposta ao item: Modelo que descreve como o indivíduo responde ao item, dependendo do seu nível de conhecimento. Quando realizar medições do nível de conhecimento, é de se esperar que o resultado obtido não dependa do instrumento utilizado, isto é, a medida deve ser invariante em relação ao tipo de teste e ao indivíduo a quem o teste é aplicado;
- Banco de questões: Constitui um dos elementos fundamentais para a criação de um TAI. Para definir um banco de questões eficiente, é preciso especificar as diferentes áreas do conhecimento do domínio. Uma vez feita as especificações do conteúdo do teste, o banco de questões deverá conter itens suficientes nos âmbitos de quantidade, variedade e nível de dificuldade;
- Nível inicial de conhecimento: Deve-se escolher adequadamente o nível de dificuldade da primeira questão feita na avaliação, pois dessa forma, pode reduzir significativamente a sua duração. Para isso, é possível utilizar diferentes critérios, como medir o nível médio dos indivíduos que já realizaram o teste ou criar um perfil de examinando para utilizar o nível médio dos estudantes com perfil semelhante, por exemplo;
- Método de seleção de perguntas: Um teste adaptativo seleciona o próximo item que será apresentado com base no nível de habilidade estimado do estudante e nas respostas aos itens previamente administrados. Selecionar o melhor item pode

melhorar a precisão na estimativa do nível de habilidade e reduzir a duração da avaliação;

- Critério de parada: A decisão de quanto um teste deve parar pode utilizar diversos critérios diferentes, como, por exemplo, parar a execução quando uma certa precisão for atingida ou quando um certo número de itens for atingido, entre outros.

Com o uso de técnicas psicométricas, pode-se calcular o escore de cada usuário, a fim de viabilizar a comparação dos estudantes que realizaram as questões, o que permite que os resultados em diferentes testes aplicados em um grande número de usuários sejam comparáveis.

De acordo com [Gonçalves e Aluisio \(2004\)](#), as principais vantagens do uso de TAI são:

- Os testes são personalizados para os estudantes;
- Testes adaptativos tendem a ser menores, uma vez que a habilidade do estudante foi estimada e tende a ter pouca variância;
- Com a utilização de poucas questões, é possível obter um alto nível de precisão na avaliação;
- TAI baseado na TRI mostra-se como possível solução para instituições que possuem um banco de itens (ou banco de questões) pequeno e deseja obter a maior informação possível quanto à proficiência do estudante em determinada área do conhecimento.

#### 2.1.8.1 Testes Adaptativos Informatizados Baseados em Teoria de Resposta ao Item

De acordo com [Alavarse e Melo \(2013\)](#), mesmo que seja elaborado um instrumento de avaliação da mais alta qualidade, os resultados serão considerados significativos e terão eficácia apenas se puderem ser comparados entre si e com outros de mesma natureza, além de terem uma margem de erro que não comprometa as análises que vierem a ser feitas a partir deles. No entanto, segundo [Vianna \(2003\)](#), é necessário um melhor detalhamento do processo de padronização das escalas de proficiência dos respondentes.

Nesse sentido, a utilização da TRI permite a estimação das proficiências dos respondentes, algo praticamente impossibilitado quando se utiliza a TCT, uma vez que, apoiando-se nas propriedades de cada um dos itens, o rol de informações obtido permite inferir elementos sobre cada respondente. Por outro lado, a TCT, ao se apoiar, prioritariamente, no total de acertos como uma de suas características centrais, não permite ([ALAVARSE; MELO, 2013](#)).

Adicionalmente, a TRI, com seus resultados de proficiência, favorece a chamada interpretação pedagógica desses resultados, o que, por sua vez, possibilita que orientações curriculares e didáticas sejam produzidas. Como o item vem carregado de informações sobre o comportamento dos respondentes, a sua utilização possibilita a comparação dos resultados no tempo e no espaço, isto é, a comparação dos resultados dos examinados que realizaram a avaliação em anos diferentes, em locais diferentes, e até mesmo com anos de escolarização diferentes (ALAVARSE; MELO, 2013).

## 2.2 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Um STI é um sistema computacional para o ensino que têm algum grau de tomada de decisão autônoma em relação às suas interações com os estudantes usuários. Com isso, pode-se entender que a criação de STIs teve como ideia inicial a substituição de um tutor humano pelo computador, já que o computador permite a manipulação de conhecimento. Além disso, o termo "inteligente" se refere à habilidade do sistema de saber e traçar uma estratégia do que ensinar, quando e como, por meio da identificação de pontos fortes e fracos e necessidades do estudante (POZZEBON, 2008).

De forma mais prática, pode-se dizer que um STI trabalha o tutoramento de um estudante em um determinado domínio. Assim, o sistema modela o entendimento do estudante sobre o assunto e, por meio de suas ações e interações com tarefas e conteúdos, o conhecimento dele é traçado em relação a um especialista no assunto. Por fim, caso haja uma diferença significativa entre esses conhecimentos, o sistema tutor inteligente gera uma resposta ao estudante que o auxilia a compreender o que for necessário. Além disso, a partir das interações de um estudante, o STI pode se ajustar para apresentar dados que sejam mais coerentes à situação de cada aprendiz (POZZEBON, 2008).

Dessa forma, pode-se dizer que os STIs modernos têm como objetivo auxiliar o ensino e a aprendizagem, procurando adequar as estratégias de ensino às necessidades de cada estudante, sendo isto possível por meio da combinação mais coerente e dinâmica das informações coletadas. Isto pode ser descrito como a modelagem e a representação do conhecimento especializado humano para oferecer uma instrução devida. Dessa forma, o STI atua similarmente a um monitor estudantil humano no apoio ao aprendizado do estudante (RISSOLI, 2007).

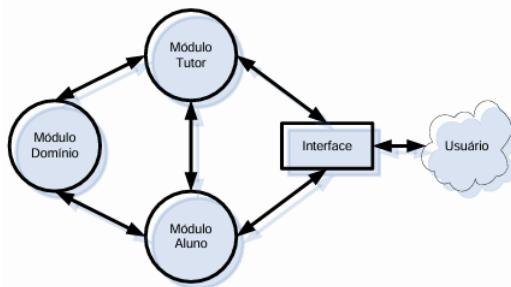
Contudo, mesmo com a autonomia e as possibilidades da tecnologia, a partir do momento que um estudante age de forma muito discrepante dos parâmetros gerais estabelecidos para a assimilação de um conteúdo, o sistema pode alertar um tutor humano acerca de tais condições e resultados. Assim, a partir dessa notificação, o tutor humano tem o trabalho de atuar no apoio ao ensino do estudante, a fim de que ele supere as dificuldades expostas pelos resultados apresentados pela interação do estudante com o

STI. Essa atitude busca evidenciar que o melhor aproveitamento da tecnologia é feito por meio de uma atuação complementar entre o humano e a máquina (RISSOLI, 2007).

### 2.2.1 Arquitetura

Apesar de cada STI possuir suas individualidades, pode-se considerar que em sua maioria eles seguem uma estrutura tradicional, composta por quatro módulos principais: domínio, tutor, aluno e interface. A [Figura 2](#) representa esta arquitetura clássica dos STIs, evidenciando a interação entre os diferentes módulos e o usuário ([FILHO, 2008](#)).

Figura 2 – Arquitetura tradicional dos Sistemas Tutores Inteligentes.



Fonte: Retirado de [Filho \(2008\)](#).

Esta arquitetura básica pode conter variação na sua nomenclatura usada pelos autores. Em algumas referências, o módulo tutor é usado com o mesmo significado de módulo pedagógico e o mesmo ocorre com os conceitos módulo do aluno e módulo do aprendiz ([FILHO, 2008](#)).

Cada um desses módulos é uma parte relevante para todo o processo de funcionamento do STI e, portanto, serão abordados com os principais detalhes nesta seção.

#### 2.2.1.1 Módulo do Domínio

O módulo do domínio é uma base de conhecimento que contém informações de um determinado domínio (no sentido de conteúdo a ser aprendido), visando representar o conhecimento de um especialista/professor. É de extrema importância para o funcionamento do STI, já que representa grande parte do conteúdo letivo e sua organização no sistema, procurando representar o conteúdo necessário à aprendizagem. Assim, um dos maiores desafios para um STI é ter uma representação do módulo do domínio suficientemente rica, para suportar o nível desejado de compreensão, a fim de proporcionar uma maior flexibilidade no ensino para maior assimilação dos diferentes aprendizes ([POZZEBON, 2008](#)).

Dessa maneira, é essencial o envolvimento entre o projetista do sistema, o engenheiro de conhecimento e o(s) professor(es), para que o conteúdo elaborado seja condizente

com as necessidades almejadas pelo processo ensino-aprendizagem entre o aprendiz e o professor, representando o conhecimento suficiente ao conjunto de problemas a serem abordados (RISSOLI, 2007).

Em suma, esse módulo desempenha dupla função. Ele atua como fonte de conteúdo, gerando explicações, respostas, tarefas e questões, além de servir como padrão para as avaliações de desempenho do estudante, com o intuito de gerar soluções para os problemas no mesmo contexto que o estudante as vê (POZZEBON, 2008).

### 2.2.1.2 Módulo do Tutor

O módulo do tutor é responsável pelas estruturas didáticas e pedagógicas. Ele coordena e determina a metodologia de ensino, selecionando os tópicos e exemplos a serem proporcionados, além de elaborar as estratégias instrucionais, que normalmente é escolhida uma em um STI (POZZEBON, 2008).

De acordo com Filho (2008), este módulo é responsável por gerar toda reação do sistema frente à ação do estudante. Assim, quando um aprendiz faz alguma requisição ao STI, o módulo é responsável por consultar os dados do estudante e selecionar uma estratégia de ensino que melhor se enquadre para o seu perfil e, posteriormente, construir o material (tópico ainda não visto, problema a ser resolvido ou ajuda sobre um tópico atual) a ser exibido pela interface, usando as informações do domínio. Dessa forma, percebe-se a importância desse módulo, vista a interação dos outros, por exemplo o do domínio, com ele.

### 2.2.1.3 Módulo do Aluno

O módulo do aluno tem como objetivo ser a fonte de informação e, por ser tão amplo, pode ter implementações diversas dependendo do STI. Contudo, ele é usado para registrar as diferentes atividades e ações de um estudante, permitindo ao sistema guiá-lo e aconselhá-lo nos momentos ideais. Sendo assim, esse modelo é essencial para a personalização do ensino em um sistema tutor, focando em um processo interativo que analisa os contextos das ações e as estruturas cognitivas do estudante (POZZEBON, 2008).

Com isso, a principal característica do módulo do aluno é a de contemplar todos os aspectos possíveis do conhecimento e comportamento do estudante que influenciam seu desempenho e aprendizagem. Portanto, a obtenção desses dados é complexa e, por isso, há diversas técnicas, como, por exemplo, questionários, autoavaliação e armazenamento do histórico de interações e ações (POZZEBON, 2008).

### 2.2.1.4 Módulo de Interface

O módulo de interface é responsável pelo fluxo de comunicação de entradas e saídas do sistema entre o computador e o estudante. A interface pode ter diversos elementos, entre eles, janelas, animações, sons, caixas de diálogos, botões e figuras. Vários aspectos importantes devem ser levados em conta em um bom módulo de interface que apresente facilidade no uso: uso de uma linguagem adequada de comunicação, escolha dos elementos de interface e a identificação do usuário. Dessa forma, este módulo torna-se uma grande vantagem para o sucesso de um STI ([POZZEBON, 2008](#)).

Esse módulo também apresenta significante importância, já que, como evidenciado por [Rissoli \(2007\)](#), o tipo de características modeladas dos estudantes depende do tipo de interface utilizada, sendo o principal obstáculo para representação mais realista da situação cognitiva de cada aprendiz a identificação de quais ações executadas são mais adequadas à definição de sua situação atual.

## 2.2.2 Sistema de Apoio Educacional

O SAE é um STI baseado nas principais definições que constituem o arcabouço da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), em que o processo educacional é trabalhado em sintonia com a realidade cognitiva do aprendiz, empregando o que ele já possui de conhecimento na assimilação do novo conteúdo. Assim, a proposta metodológica do SAE tem princípios que colocam o discente como agente ativo em seu próprio desenvolvimento cognitivo, não sendo apenas um espectador. Por sua vez, o docente é envolvido no trabalho contínuo de revisão e aperfeiçoamento dos materiais e atividades interativas que possam ser significativas aos estudantes ([SOUZA; SHIGUTI; RISSOLI, 2013](#)).

A arquitetura do SAE consiste em uma extensão da apresentada anteriormente na [Figura 2](#), com a inclusão do módulo de controle que, segundo [Rissoli \(2007\)](#), tem como objetivo organizar e controlar as interações e compartilhamentos necessários ao funcionamento de cada módulo e a eficiência no apoio ao ensino-aprendizagem do sistema como um todo. Dessa maneira, esse módulo é o responsável por se comunicar com a interface e transmitir as informações que serão mostradas por ela, bem como o processamento de inferências que envolvam a interação entre os módulos do STI.

Além do módulo de controle, há também a inclusão de um novo módulo, chamado monitoria, responsável por realizar a comunicação e interação entre os demais módulos. Dessa forma, é possível que o monitor humano (agente real de apoio na aprendizagem) acompanhe somente a situação dos estudantes envolvidos com a sua monitoria, além de facilitar a coleta dos dados resultantes de seus atendimentos com cada aprendiz.

Como elaborado em [Rissoli \(2007\)](#), a arquitetura de desenvolvimento do SAE priorizou o uso de tecnologias livres, visando reduzir os custos de produção e viabilizar sua

disponibilização para uso após o desenvolvimento. Dessa forma, foi escolhida a linguagem de programação Java para Web sobre um servidor JSP Apache Tomcat, sem utilização de *frameworks* disponíveis no mercado. Para o armazenamento persistente dos dados, optou-se pelo banco de dados relacional livre MySQL 5.0, que oferece alta independência e facilita a adição de funcionalidades exigidas pelo sistema.

Apesar da escolha por essas tecnologias, alguns padrões de projeto foram respeitados, com o intuito de garantir uma implementação organizada e reaproveitável. Dos padrões, pode-se destacar o *Front Controller*, que centraliza o acionamento das ações por meio de um arquivo responsável pelo mapeamento das instâncias das ações a serem realizadas. Além disso, o padrão arquitetural adotado foi o MVC (*Model-View-Controller*), proporcionando uma divisão em camadas que permite o tratamento independente dos aspectos relacionados à lógica da aplicação, à interface com o usuário e ao controle do fluxo.

A interface desse STI (SAE) também foi evoluída com a implementação de um agente pedagógico animado que tem a responsabilidade de tornar mais agradável e lúdica a interação do software com os discentes, esclarecendo para cada um qual é a sua momentânea situação de aprendizagem. Essa situação é apurada por meio de inferências relacionadas ao comportamento e ao desempenho de cada estudante em cada conceito compreendido nos conteúdos organizados no módulo do domínio.

Outro módulo, também caracterizado como extensão da arquitetura tradicional desse STI, é o SIAC. Ele consiste na implementação de TAIs baseados na TRI, que tem como principal propósito situar um estudante em sua escala de habilidade momentânea (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011). Como este módulo (SIAC) corresponde ao principal alvo na elaboração deste trabalho, ele será melhor detalhado na [Seção 2.3](#).

Dessa forma, a interação entre os diversos módulos no SAE e a variação na origem da obtenção de dados relevantes para as suas análises proporcionam uma averiguação mais substancial da situação cognitiva do estudante, uma vez que os recursos de decisão e orientação efetuados por este software educacional são enriquecidos com dados provenientes de diferentes fontes para um mesmo objetivo (RISSOLI, 2007).

## 2.3 Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC)

De acordo com [Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011\)](#), o SIAC é um recurso de apoio educacional integrado ao SAE como um novo módulo. Ele objetiva constituir um sistema computacional que informatize os TAIs à realidade cognitiva de cada estudante, tendo a TRI (com ML4P) como recurso para mensurar a habilidade de cada aprendiz e fornecer questões nos testes coerentes com seu nível de conhecimento momentâneo em um determinado conteúdo. Portanto, este módulo busca facilitar o processo de acom-

panhamento e avaliação educacional, tornando possível uma averiguação da situação de aprendizagem dos estudantes mais sintonizada com a realidade e permitindo a comparação entre os resultados alcançados e os aprendizes.

A necessidade de implementação do SIAC surgiu a partir da falta de clareza na identificação do real nível de conhecimento de um estudante com os resultados de testes tradicionais, principalmente por fatores como o acerto casual e as escolhas excessivas de questões de um mesmo tópico de estudo, além da impossibilidade de comparação com maior exatidão dos resultados de estudantes submetidos a testes diferentes. Com isso, o desenvolvimento de um sistema com avaliação personalizada, que possibilita a determinação do nível de conhecimento do estudante com maior realidade e a comparação dos resultados de aprendizes submetidos a provas diferentes, seria capaz de solucionar tais necessidades, uma vez que implementariam TAIs adequados para cada estudante com as principais definições da TRI (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011).

Diferentes tipos de usuários envolvidos com o processo de ensino e de aprendizagem do SAE são impactados pelo Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento:

O tipo **aluno** é capaz de realizar testes cujos itens são selecionados de acordo com seu conhecimento estimado a cada questão respondida, sendo esta estimativa calculada através das fórmulas matemáticas propostas pela TRI. Ao terminar um teste, ele recebe um retorno informando qual é o seu nível de conhecimento naquele tópico ou conceito pertencente a um maior conteúdo (disciplina).

Vale destacar que a realização de testes no SIAC segue uma regra importante: um aluno pode realizar apenas um teste por dia em um conteúdo específico. Assim, caso já tenha realizado um teste no conteúdo desejado no mesmo dia, ele deverá aguardar até o dia seguinte para realizar outro.

Ademais, é permitido que um estudante termine um teste inacabado, sendo apresentado a ele uma notificação de que existe um teste não concluído. É facultado ao estudante recomeçar ou descartar o teste não concluído. Caso deseje continuar o teste, toda sua habilidade será recalculada através da análise das questões já respondidas e, assim, o teste voltará ao seu estado anterior (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011).

O tipo de usuário **professor** é responsável por cadastrar as questões. Durante o processo de cadastro, ele deve indicar uma série de características para cada um dos itens (questões): o grau de dificuldade (Fácil, Médio, Difícil), a categoria (Fixação, Revisão, Avaliativa), a discriminação (Pouquíssimo, Pouco, Muito e Muitíssimo), o tópico do conteúdo letivo que ele estará vinculado na organização do conteúdo de estudo e o tipo da questão (Verdadeiro ou falso, Múltipla escolha, Escolha múltipla, Lacuna ou Dissertativa) (TEIXEIRA; JUNIOR; RHODEN, 2015).

O professor pode ainda visualizar os resultados dos testes realizados pelos seus

estudantes, assim como a recomendação instrucional que o sistema irá fornecer com a apresentação do agente pedagógico animado do SAE. Com isso, o docente tem mais uma ferramenta que colabora na identificação dos estudantes com desempenho insuficiente em determinados conteúdos, de modo a adotar posturas educacionais adequadas ao nível mínimo de aprendizagem necessária aos respectivos conteúdos, procurando também gerar novas turmas mais homogêneas em nível de conhecimento (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011).

O tipo **monitor** pode consultar os resultados dos testes realizados pelos estudantes que estão cursando a disciplina em que um estudante mais experiente assumiu o compromisso de colaborar com os aprendizes novatos em determinados conteúdos. Por fim, o tipo **diretor** pode consultar os resultados a respeito de qualquer estudante, turma ou da disciplina que esteja relacionada ao curso de responsabilidade de sua gestão na instituição de ensino (ANDRADE; FERREIRA; GUIMARÃES, 2011).

Com as questões já cadastradas pelo professor, a aplicação da TRI na realização de um teste pelo SIAC segue os seguintes passos, explicitados por Andrade, Ferreira e Guimarães (2011):

1. O aluno inicia o teste com uma habilidade inicial, então o sistema utiliza a função de informação (Equação 4) para buscar o item que possui a maior informação para aquele aluno, ou seja, buscar o item que permita a estimativa adequada do seu nível de habilidade. Assim, é realizado o cálculo da informação de cada item que ainda não foi respondido. Esses itens são então apresentados ao estudante para resolução.
2. O aluno responde ao item apresentado, e então o sistema estima sua habilidade usando a fórmula da estimativa de habilidade (Equação 3). Este cálculo ocorre utilizando as respostas anteriores bem como a sua habilidade atual, que no primeiro item do teste é a habilidade inicial. Para finalizar a estimativa da habilidade é utilizada outra fórmula (Equação 2), que determina a probabilidade do aluno responder corretamente o próximo item. Calculada a estimativa, ela é armazenada para continuar o cálculo da habilidade das próximas questões a serem respondidas.
3. Após a estimativa da habilidade, é calculado o valor do SE (Equação 5), que é um dos critérios de parada do teste.
4. Os passos 2, 3 e 4 se repetem até que um dos seguintes critérios de parada do teste seja alcançado: alcançar o valor de SE estipulado pelo administrador do sistema ou acabar o número de questões não respondidas do conteúdo do teste.

Assim, com o fim da aplicação do teste, a habilidade estimada do aluno é retornada na faixa de valores de -3 até +3, e uma mensagem de recomendação é apresentada de acordo com o valor da habilidade, sendo possíveis as seguintes mensagens:

- Nível de conhecimento muito baixo: se a habilidade estiver entre -3,0 e -1,8;
- Nível de conhecimento baixo: se a habilidade estiver entre -1,8 e -0,6;
- Nível de conhecimento moderado: se a habilidade estiver entre -0,6 e 0,6;
- Nível de conhecimento alto: se a habilidade estiver entre 0,6 e 1,8;
- Nível de conhecimento muito alto: se a habilidade estiver entre 1,8 e 3,0.

[Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011\)](#) também destacam o recurso de calibragem do banco de questões de uma disciplina (organização de conjunto de conteúdos acompanhados pelo SAE), que consiste na atualização dos valores dos parâmetros dessas questões, a partir da execução dos seguintes passos: estimar dificuldade, estimar o acerto casual e estimar a discriminação.

Para estimar a dificuldade de cada item, são considerados dois critérios: a quantidade de respostas erradas e a proporção de estudantes que responderam ao item. Essa proporção relaciona-se ao total de matriculados em uma disciplina no período letivo corrente. Assim, antes de definir os novos valores para este parâmetro, é verificado se o número de respostas ao item atende à proporção especificada pelo diretor, significando que apenas será calibrado um item se o número de respostas a este item for superior ao percentual informado.

Dessa maneira, a definição se o item é fácil, médio ou difícil se dá através da análise do percentual de respostas erradas sobre o total de respostas àquele item. Se o percentual for alto, o item será considerado difícil, caso seja mediano, o item será médio, se não, ele será fácil. Com o simples cálculo deste percentual encontrado, o novo valor do parâmetro de dificuldade do item é estimado.

Para estimar o parâmetro de acerto casual é usada a probabilidade do acerto à cada tipo de item disponível no sistema: V ou F, Múltipla Escolha ou Escolha Múltipla. Esta estimativa será calculada utilizando os valores iniciais de acerto casual, em que as questões de V ou F têm o valor de 0,5, as de Múltipla Escolha o valor de 0,25 e 0,06 para Escolha Múltipla.

Por fim, para a calibragem do parâmetro de discriminação do item, segundo [Andrade, Ferreira e Guimarães \(2011, p. 40\)](#), "são analisadas todas as habilidades dos estudantes que responderam o item a ser calibrado, bem como suas respostas àquele item. Se as habilidades obtidas nos testes forem altas e suas respectivas respostas àquele item forem em sua maioria erradas, o sistema identifica que o item possui baixo poder discriminativo e, assim, diminui um nível na discriminação do item. Caso contrário, a discriminação do item subirá um nível".

Conforme as definições da TRI, os valores da discriminação são indicados no intervalo de 0 (zero) a 2 (dois), sendo no SIAC atribuído 6 (seis) níveis para discriminação, sendo eles:

- 0 (zero): representa o item com menor poder discriminativo;
- 0,4: representa o item com baixo poder discriminativo;
- 0,8: representa o item com moderado poder discriminativo;
- 1,2: representa o item com moderado poder discriminativo;
- 1,6: representa o item com alto poder discriminativo;
- 2,0: representa o item com maior poder discriminativo.

Em suma, é possível entender que o SIAC é um sistema que busca implementar TAIs, juntamente com conceitos da TRI, a fim de se caracterizar como um módulo de Testes no SAE, no qual um estudante pode obter a estimativa de sua habilidade em um conteúdo. Com isso, é possível destacar que o SIAC é acompanhado de diversas funcionalidades que o tornam funcional, como, por exemplo, o processo de calibragem dos parâmetros de questões, visando obter um banco de itens cada vez mais fidedigno com os resultados dos estudantes e a visualização dos resultados dos testes, tanto por parte do professor quanto do aluno, colaborando com ambos em suas tomadas de decisões e compreensão dos cenários em que se encontram.

Contudo, é possível, por meio de testes de usabilidade no SIAC, entender o funcionamento do mesmo e identificar possíveis funcionalidades e melhorias relacionadas à gestão e ao funcionamento do processo educacional que poderiam aprimorar as funcionalidades deste módulo integrado ao SAE. Sendo assim, ao apontar tais funcionalidades e evoluções, além de traçar um plano para seu desenvolvimento, buscou-se fornecer mais recursos e dados para apoiar os docentes e os discentes usuários da tecnologia em seus processos de ensino e de aprendizagem, respectivamente. Por conseguinte, a experiência fornecida pelo SIAC pode se tornar mais condizente com a realidade de cada estudante e mais eficiente no acompanhamento dos mesmos pelos docentes.



# 3 Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia de trabalho definida de acordo com os objetivos estabelecidos e indicada na [Seção 1.5](#), assim como o suporte tecnológico (ferramentas e métodos) utilizado para um melhor direcionamento nos testes de cenário realizados no SIAC.

## 3.1 Metodologias

Nesta seção, serão apresentadas as escolhas metodológicas científicas de pesquisa e execução do trabalho (processo e atividades), além do seu desenvolvimento como inovações de software no SIAC/SAE.

### 3.1.1 Metodologia Científica

Como indicado na [Seção 1.5.1](#), a metodologia científica, também chamada de metodologia de pesquisa, utilizada neste trabalho pode ser classificada quanto à sua natureza, sua abordagem, seus objetivos e seus procedimentos. Estes importantes aspectos relacionados à pesquisa realizada neste trabalho são abordados em detalhes, a fim de esclarecer a identificação de cada um neste trabalho.

#### 3.1.1.1 Natureza da Pesquisa

A natureza da pesquisa deste trabalho é definida como aplicada. De acordo com [Sousa \(2018\)](#), a pesquisa aplicada consiste na utilização do conhecimento das pesquisas básica e tecnológica a fim de atingir aplicações práticas, como produtos ou processos, por exemplo.

Dado o contexto prático deste trabalho, cujo objetivo foi abordado na [Seção 1.4](#), é o desenvolvimento de um novo módulo de gestão para o Sistema Inteligente de Avaliação do Conhecimento (SIAC), esta pesquisa possui natureza aplicada de desenvolvimento de produção tecnológica.

#### 3.1.1.2 Abordagem da Pesquisa

A abordagem da pesquisa deste trabalho é definida como qualitativa. De acordo com [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#), a pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento do entendimento de um determinado grupo social.

Diante disso, para que o objetivo deste trabalho fosse atingido, foi fundamental o conhecimento e a compreensão do contexto ao qual o SAE está inserido, para viabilizar a realização do desenvolvimento de um novo módulo de gestão para o SIAC.

### 3.1.1.3 Objetivos da Pesquisa

O objetivo da pesquisa deste trabalho é classificado como descritiva, pois, conforme [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#), a pesquisa descritiva tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

Sendo assim, o presente trabalho é classificado como descritivo, pois buscou analisar, identificar e viabilizar pontos de melhoria no SAE, mais especificamente em seu módulo SIAC.

### 3.1.1.4 Procedimentos da Pesquisa

Segundo [Moresi \(2003\)](#), os tipos de pesquisa não são mutuamente exclusivos. Sendo assim, em relação aos procedimentos, este trabalho foi desenvolvido envolvendo pesquisa bibliográfica e produção tecnológica.

A pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado elaborado com base em material acessível ao público em geral, que fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma. Este material publicado pode ser fonte primária ou secundária ([MORESI, 2003](#)).

Neste trabalho, a pesquisa bibliográfica foi abordada, principalmente, no [Capítulo 2](#), em que foram expostos os principais aspectos e fundamentos essenciais para a melhor compreensão do contexto do trabalho.

A produção tecnológica é caracterizada pela geração de produtos e de processos tecnológicos, com o intuito de contribuir para a solução ou evolução de problemas práticos. A produção tecnológica geralmente tem a finalidade de atender as necessidades da sociedade, por meio da criação de invenções e, por consequência, impacta o desenvolvimento tecnológico, econômico e social ([SERZEDELLO; TOMAEL, 2011](#)).

## 3.1.2 Metodologia de Execução do Trabalho

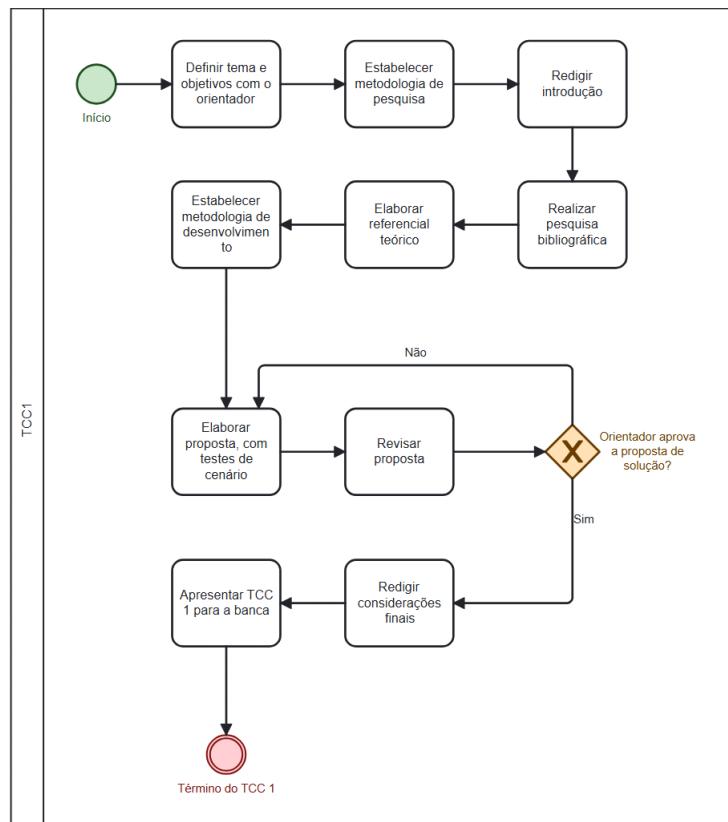
A execução do trabalho foi dividida em duas etapas, que consistem nas duas fases do Trabalho de Conclusão de Curso aqui apresentado:

- **Trabalho de Conclusão de Curso 1 (TCC 1):** corresponde as atividades para a criação do arcabouço teórico e descrição das metodologias a serem usadas para a elaboração do trabalho, além dos testes de cenário da aplicação que embasam a solução proposta;

- **Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2):** corresponde as atividades de elaboração da solução usando as metodologias planejadas pela fase anterior (TCC 1) e a apresentação dos resultados alcançados, a fim de atingir os objetivos propostos.

A [Figura 3](#) apresenta o processo metodológico para a primeira etapa (TCC 1).

Figura 3 – Processo Metodológico TCC 1.



Fonte: Autoria própria.

As atividades presentes na [Figura 3](#) são descritas a seguir:

- **Definir tema e objetivos com o orientador:** discutir junto ao orientador acerca de um tema da área do curso (Engenharia de Software) e os objetivos do tema proposto;
- **Estabelecer metodologia de pesquisa:** definir como a pesquisa teórica seria estruturada;
- **Redigir introdução:** redigir o conteúdo introdutório, presente no [Capítulo 1](#);
- **Realizar pesquisa bibliográfica:** pesquisar autores, artigos, livros e publicações acerca dos temas relevantes para o problema e a solução a ser proposta;

- **Elaborar referencial teórico:** redigir o capítulo que traz o referencial teórico pesquisado, construindo um relacionamento acerca das fontes de conhecimentos obtidas que subsidiariam todo o trabalho;
- **Estabelecer metodologia de desenvolvimento:** definir como o desenvolvimento da solução (atividade do TCC 2) seria organizado e realizado;
- **Elaborar proposta, com testes de cenário:** redigir a proposta de solução do trabalho, com embasamento das possíveis melhorias a serem desenvolvidas por meio de testes de cenário, conhecendo melhor como o atual módulo opera;
- **Revisar proposta:** apresentar a proposta redigida ao orientador, a fim de receber *feedback* sobre melhorias. Caso não seja aprovada, volta-se para a etapa anterior para realização de ajustes. Caso aprovada, o processo passa para a próxima etapa;
- **Redigir considerações parciais:** redigir o capítulo de considerações parciais que encerram as considerações da primeira etapa do trabalho (TCC 1);
- **Apresentar TCC 1 para a banca:** apresentar a proposta resultante da primeira etapa para a banca examinadora.

O cronograma para realização das tarefas abordadas a partir da [Figura 3](#) pode ser observado na [Tabela 2](#).

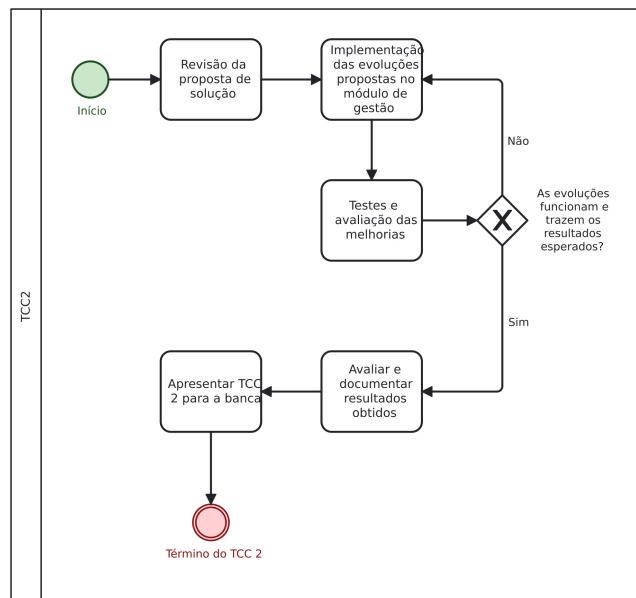
Tabela 2 – Cronograma do TCC 1.

| Atividade                                  | Março | Abril | Maio | Junho | Julho |
|--|-------|-------|------|-------|-------|
| Definir tema e objetivos com o orientador  | X     |       |      |       |       |
| Estabelecer metodologia de pesquisa        | X     | X     |      |       |       |
| Redigir introdução                         | X     | X     |      |       |       |
| Realizar pesquisa bibliográfica            |       | X     | X    |       |       |
| Elaborar referencial teórico               |       |       | X    |       |       |
| Estabelecer metodologia de desenvolvimento |       |       | X    |       |       |
| Elaborar proposta, com testes de cenário   |       |       | X    | X     |       |
| Revisar proposta                           |       |       |      | X     |       |
| Redigir considerações parciais             |       |       |      | X     |       |
| Apresentar TCC 1 para a banca              |       |       |      |       | X     |

Fonte - Autoria própria.

A [Figura 4](#) apresenta o processo metodológico para a segunda etapa (TCC 2).

Figura 4 – Processo Metodológico TCC 2.



Fonte: Autoria própria.

As atividades presentes na [Figura 4](#) são descritas a seguir:

- **Revisão da proposta de solução:** a partir dos apontamentos levantados pela banca examinadora após a apresentação do TCC 1, corrigir a proposta com o que for necessário;
- **Implementação das evoluções propostas no módulo de gestão:** realizar a implementação da proposta definida com uso da metodologia de desenvolvimento sobre os testes de cenário apresentados. Esta etapa teve a duração de 7 ciclos de desenvolvimento;
- **Testes e avaliação das melhorias:** testar e validar as melhorias desenvolvidas, a fim de garantir que estão consistentes com a sua definição. Caso as evoluções tragam os retornos desejados, avança para a próxima etapa, se não, volta para a atividade anterior;
- **Avaliar e documentar resultados obtidos:** redigir sobre os resultados e conclusões obtidas acerca da implementação da proposta;
- **Apresentar TCC 2 para a banca:** apresentar os resultados realizados para a banca examinadora.

O cronograma para a realização das tarefas abordadas na [Figura 4](#) pode ser observado na [Tabela 3](#), em que a atividade de "Implementação das evoluções propostas no módulo de gestão" foi detalhada para cada teste de cenário realizado pelo trabalho.

Tabela 3 – Cronograma do TCC 2.

| Atividade  | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Janeiro |
|--|--------|----------|---------|----------|----------|---------|
| Revisão da proposta de solução                     | X      |          |         |          |          |         |
| Implementação do Teste de Cenário 1                |        | X        | X       |          |          |         |
| Implementação do Teste de Cenário 2                |        |          | X       | X        | X        |         |
| Implementação do Teste de Cenário 3                |        |          | X       | X        |          |         |
| Implementação do Teste de Cenário 4                |        |          | X       | X        | X        |         |
| Implementação dos Testes de Cenário Complementares |        |          |         |          | X        |         |
| Testes e avaliação das melhorias                   |        |          |         | X        | X        |         |
| Avaliar e documentar resultados                    |        |          |         | X        | X        | X       |
| Apresentar TCC 2 para a banca                      |        |          |         |          |          | X       |

Fonte - Autoria própria.

### 3.1.3 Metodologia de Desenvolvimento

Nesta subseção serão explicadas as escolhas metodológicas de desenvolvimento do trabalho e como elas foram realizadas.

#### 3.1.3.1 Metodologia Ágil

A metodologia ágil é uma metodologia conceitual para desenvolvimento de software que começa com uma fase de planejamento inicial e segue até a fase de entrega, com interações iterativas e incrementais ao longo do ciclo de vida do projeto. Ela foi originada e promovida por uma aliança de 17 engenheiros de software que publicaram o "Manifesto Ágil", no qual é possível encontrar 4 valores que constituem a essência do desenvolvimento de software ágil (AL-SAQQA; SAWALHA, 2020). São eles:

- Pessoas e interações, ao invés de processos e ferramentas;
- Software funcionando, ao invés de documentação extensiva;
- Colaboração com cliente, ao invés de negociação de contratos;
- Responder às mudanças, ao invés de seguir um plano.

Dessa forma, entende-se que o desenvolvimento de software baseado em metodologias ágeis tem como características a colaboração direta entre os desenvolvedores e os donos do produto, sendo mais eficiente em projetos menores e que não necessitam de planejamento de longo prazo e documentações detalhadas (AL-SAQQA; SAWALHA, 2020).

Métodos ágeis são processos que aplicam os princípios ágeis, consistindo em uma combinação de práticas que descrevem como deve ser a rotina de desenvolvimento. Existem diversos métodos ágeis, como, por exemplo, *Extreme Programming* (XP), *Test-Driven Development* (TDD), *Scrum*, entre outros (AL-SAQQA; SAWALHA, 2020).

Diante das particularidades apresentadas anteriormente nesta proposta de trabalho, foi decidido o uso da metodologia ágil, com aplicação de elementos dos métodos *Scrum* e *Kanban*, após o estudo de algumas alternativas.

O *Scrum* é um método ágil que ajuda equipes a gerarem valores por meio de soluções adaptativas para problemas complexos. Ao invés de ter regras e instruções detalhadas, o *Scrum* é intencionalmente incompleto, apenas definindo partes necessárias para implementar a sua teoria, que é embasada em três pilares: transparência, inspeção e adaptação (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020). Dessa maneira, no *Scrum*, de acordo com Mahnic (2005), as diferentes variáveis técnicas e de ambiente (tempo, qualidade, recursos etc.) devem ser controladas constantemente, a fim de permitir a adaptação às mudanças com flexibilidade.

O *Scrum* é composto de eventos e artefatos, em que eventos são oportunidades de reunião dos membros envolvidos no projeto e artefatos são documentos que representam trabalho ou valor. Além disso, é importante entender o conceito de *Sprint*, que nada mais é que eventos com tempo fixado, em que todo o trabalho necessário para atingir um objetivo, definido em seu início, deve ser feito (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020). Assim, é possível descrever o fluxo básico do *Scrum* por meio dos seguintes eventos e artefatos:

1. Criação do artefato *Product Backlog*: é uma lista priorizada do que é necessário para melhorar o produto. Essa lista de requisitos deve ser refinada em atividades, que significam itens menores e mais precisos, com detalhamento, tamanho e descrição.
2. Ocorrência do evento *Sprint Planning*: é definido o trabalho a ser desenvolvido na *Sprint*. Este trabalho é definido por meio da seleção dos itens do *Product Backlog* que devem ser desenvolvidos, formando, assim a lista de requisitos a ser feita na *Sprint*: o artefato *Sprint Backlog*.
3. Ocorrência do evento *Daily Scrum*: após a *Sprint Planning*, a *Sprint* tem início e diariamente é realizado este evento para inspecionar o trabalho feito e adaptar o *Sprint Backlog*, caso necessário.
4. Ocorrência do evento *Sprint Review*: ao fim de uma *Sprint*, este evento acontece para inspecionar o trabalho final feito durante o tempo e determinar futuras adaptações, levando em conta o progresso do trabalho final que foi previamente definido para a *Sprint*.

Ademais, três papéis são necessários para a realização de seu fluxo (MAHNIC, 2005). São eles:

- *Product Owner* (PO): responsável por representar os interessados pelo projeto e seu resultado final, por isso cuidam do *Product Backlog*;
- Equipe de Desenvolvimento: responsável pelo desenvolvimento de funcionalidades, portanto devem entender como transformar um requisito em um incremento;

- *Scrum Master*: responsável por administrar o processo *Scrum*, garantindo que suas práticas sejam implementadas.

Com isso em mente, para atender as necessidades e restrições do trabalho desenvolvido, alguns elementos do *Scrum* foram adaptados. Os conceitos de *Product Backlog*, *Sprint*, *Sprint Backlog*, *Daily Scrum* e *Sprint Review* foram usados para guiar o planejamento e ciclo de desenvolvimento das funcionalidades. Contudo, os papéis foram adaptados para o contexto do trabalho, em que a equipe de desenvolvimento foi composta pelos autores e o *Scrum Master* foi representado pelo professor orientador, uma vez que estava orientando o trabalho. Por fim, o *PO* foi representado por um trabalho em conjunto entre os autores e o orientador, já que ambos atuaram no *Product Backlog* e eram os interessados pelo projeto.

De acordo com [Silva, Santos e Neto \(2012\)](#), *Kanban* é um termo japonês que significa sinal visual e surgiu no Japão com o sistema de produção Toyota para controlar a fabricação de automóveis. Este método registrou aumento em seu uso para gerenciamento de equipes de desenvolvimento de software a partir de 2007 e, desde então, vem sendo estudado e experimentado por outras equipes.

O método *Kanban* tem apenas três prescrições: visualizar o fluxo de trabalho atual, limitar o fluxo de trabalho e acompanhar e gerenciar o fluxo de trabalho. Assim, é possível dizer que é um método pouco prescritivo e, portanto, muito adaptativo ([SILVA; SANTOS; NETO, 2012](#)).

Com o intuito de permitir a visualização do fluxo de trabalho e controlar/limitar a quantidade de trabalho em execução, o quadro *Kanban* é aplicado a um projeto, já que é capaz de apresentar as tarefas alocadas para cada desenvolvedor e mostrar as suas situações atuais. Além disso, é criado um fluxo constante de entrega de itens novos no projeto para os interessados no produto, já que os desenvolvedores só focam nas tarefas alocadas para eles em um período de tempo ([AHMAD; OIVO, 2014](#)).

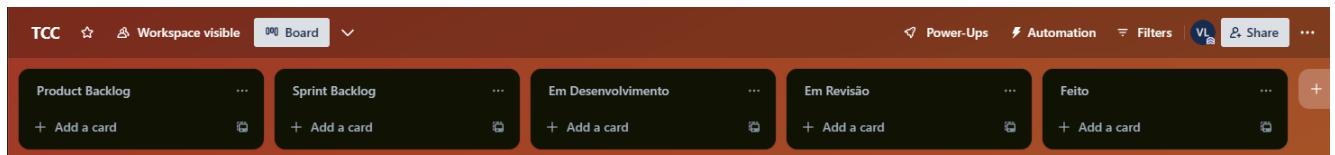
Um quadro *Kanban* na sua forma simplificada tem 3 colunas: **por fazer** (*To Do*), **em desenvolvimento** (*Doing*) e **feito** (*Done*). Contudo, para o desenvolvimento deste trabalho, foi feito o uso de 5 colunas:

- ***Product Backlog***: composta por toda a lista de requisitos a ser desenvolvida até o final do projeto;
- ***Sprint Backlog***: composta pelas tarefas a serem realizadas na *Sprint* que estiver acontecendo;
- ***Em desenvolvimento***: composta pelas tarefas que estão sendo desenvolvidas no momento (trabalho em execução);

- **Em revisão:** tarefas que foram terminadas, mas precisam passar por revisão antes de serem entregues;
- **Feito:** requisitos que foram revisados e, assim, entregues.

A ferramenta utilizada para visualização e manipulação do quadro *Kanban* foi o Trello, em que a estrutura do quadro na plataforma pode ser vista na [Figura 5](#).

Figura 5 – Quadro *Kanban* utilizado no desenvolvimento do trabalho.



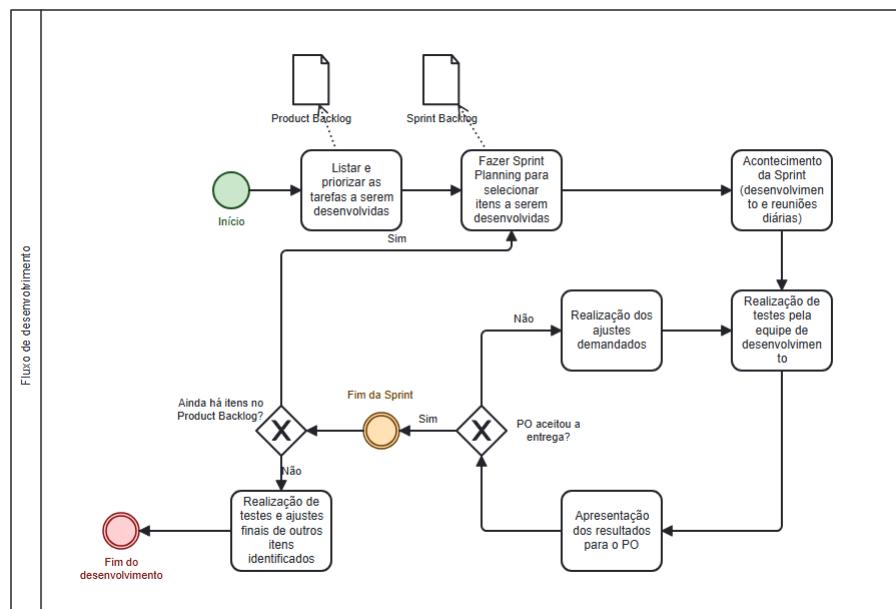
Fonte: Retirado de [Trello \(2024\)](#).

Assim, nota-se que o uso do método *Kanban* no trabalho foi feito em conjunto com o *Scrum*, uma vez que serviu de apoio visual para os eventos e artefatos realizados durante o desenvolvimento.

### 3.1.3.2 Fluxo de Desenvolvimento

Para a utilização da metodologia de desenvolvimento descrita, o fluxo representado na [Figura 6](#) foi aplicado. Esse fluxo foi aprimorado em relação à versão apresentada durante o desenvolvimento da primeira etapa (TCC1), com a inclusão de novas atividades que buscam refletir de maneira mais realista o processo de desenvolvimento realizado durante o projeto.

Figura 6 – Fluxo de desenvolvimento do projeto.



Fonte: Autoria própria.

As atividades presentes na [Figura 6](#) são descritas a seguir:

- **Listar e priorizar as tarefas a serem desenvolvidas:** após revisão da proposta, as melhorias, as evoluções e os itens de desenvolvimento que foram elicitados foram listados e priorizados, formando, assim, o artefato de *Product Backlog* e preenchida esta lista no quadro *Kanban*;
- **Fazer *Sprint Planning* para selecionar itens a serem desenvolvidos:** o evento de *Sprint Planning* era realizado para definir quais tarefas seriam desenvolvidas na *Sprint*. O artefato de *Sprint Backlog* era resultado por este evento e o quadro *Kanban* era atualizado com a atualização da lista "*Sprint Backlog*";
- **Acontecimento da *Sprint* (desenvolvimento e reuniões diárias):** os itens selecionados eram desenvolvidos, com atualização constante da lista "Em desenvolvimento" no quadro *Kanban*. Além disso, as reuniões diárias (*Daily Scrum*) entre os membros da equipe de desenvolvimento aconteciam para entender o que foi feito no dia, impedimentos e o que seria feito no próximo dia;
- **Realização de testes pela equipe de desenvolvimento:** ao terminar o desenvolvimento de um item, ele era movido para a lista de "Em revisão" no quadro. Assim, a equipe de desenvolvimento era responsável por testar a usabilidade das funcionalidades feitas, por meio da verificação da conformidade dos fluxos implementados ou alterados durante o desenvolvimento;
- **Apresentação dos resultados para o PO:** com a conclusão e verificação dos itens desenvolvidos, eles eram apresentados ao PO, que analisava a entrega feita. De acordo com a resposta do PO, a entrega do ciclo de desenvolvimento era dada como aceita ou não;
- **Realização dos ajustes demandados:** caso a entrega não fosse aceita, a equipe de desenvolvimento era responsável por realizar os ajustes solicitados. Após a conclusão dos mesmos, era retomada a etapa de realização de testes para avançar novamente à apresentação dos itens ao PO;
- **Realização de testes e ajustes finais de outros itens identificados:** com a entrega aceita, caso ainda houvesse itens no *Product Backlog*, a equipe voltava à etapa de *Sprint Planning*. Contudo, quando não houveram mais demandas de itens no artefato de tarefas, a equipe realizou testes e ajustes de outros itens e necessidades identificadas no sistema, a fim de concluir a entrega da implementação sem nenhum gargalo.

## 3.2 Suporte Tecnológico

Nesta seção serão apresentados os recursos tecnológicos que foram utilizados durante o desenvolvimento do trabalho e como eles foram empregados.

### 3.2.1 Trello

O Trello é uma ferramenta visual que possibilita equipes gerenciarem qualquer tipo de projeto, fluxo de trabalho ou monitoramento de tarefas. A visualização é feita por meio de quadros, listas (diferentes estágios de uma tarefa) e cartões (tarefas) ([TRELLO, 2024](#)).

Assim, o Trello foi usado para visualização e monitoramento do quadro *Kanban* no desenvolvimento desse trabalho.

### 3.2.2 Java

Java é uma linguagem de programação e plataforma de software amplamente utilizada, baseada no paradigma de programação orientado a objetos. Ela se destaca por ter diversos benefícios técnicos, como, por exemplo, alta interoperabilidade (funcionamento em diferentes dispositivos), escalabilidade (abrange uma grande variedade de casos de usos em múltiplas plataformas) e adaptabilidade (possibilidade de adaptar para diferentes casos de uso) ([IBM, 2024](#)).

A linguagem Java foi usada no contexto deste trabalho, pois, como pontuado por [Rissoli \(2007\)](#), o projeto SAE foi desenvolvido usando a linguagem de programação Java para *Web*, sem o uso de *frameworks* de mercado, a fim de manter o projeto como software livre brasileiro.

### 3.2.3 Eclipse

Eclipse é um ambiente de desenvolvimento integrado, mais comumente chamado de IDE (*Integrated Development Environment*), usado amplamente para o desenvolvimento de aplicações na linguagem Java, mesmo oferecendo suporte para diversas outras linguagens. Ele oferece diversas funcionalidades que auxiliam o desenvolvedor durante seu processo, como suporte para refatoração, compilação e construção incremental, entre outros ([FOUNDATION, 2024](#)).

Dessa forma, o Eclipse foi escolhido para ser usado como apoio para o desenvolvimento do código do projeto em Java, sendo também mantido o respeito com o ambiente de desenvolvimento da equipe do projeto SAE.

### 3.2.4 MySQL

O MySQL é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR) de código aberto mais popular do mundo e possui como benefícios: ser rápido, confiável, escalável e fácil de usar. Além disso, faz o uso da linguagem SQL (*Structured Query Language*) para acessar e manipular as suas bases de dados ([ORACLE, 2024](#)).

Como [Rissoli \(2007\)](#) pontua, o armazenamento persistente dos dados do SAE acontece em uma banco de dados relacional livre (MySQL) e, portanto, seu uso fez-se necessário para a manipulação dos dados no projeto.

### 3.2.5 Microsoft Teams

Microsoft Teams é uma plataforma unificada de comunicação e colaboração que combina bate-papo, videoconferências, armazenamento de arquivos e integração de aplicativos e serviços da Microsoft e de terceiros ([MICROSOFT, 2024](#)).

Essa ferramenta foi utilizada para a realização de reuniões por voz e compartilhamento de tela, o que possibilitou uma melhor interação de forma remota entre os integrantes do trabalho e o orientador.

### 3.2.6 ChatGPT

ChatGPT é um modelo de inteligência artificial baseado em linguagem natural, desenvolvido pela OpenAI, que permite a geração de textos, respostas automáticas e assistência em diversas tarefas, incluindo programação e suporte técnico ([OPENAI, 2024](#)).

Essa ferramenta foi utilizada para a auxiliar na compreensão do código-fonte do sistema, facilitando o entendimento da arquitetura e do funcionamento do projeto por parte dos integrantes do trabalho.

## 3.3 Testes de Cenário

Um cenário pode ser caracterizado como uma história hipotética utilizada para ajudar uma pessoa a pensar acerca de um sistema ou problema complexo. Sendo assim, um teste de cenário é um teste realizado com base em um cenário ([KANER, 2013](#)).

Entre as diversas aplicações possíveis do teste de cenário, neste trabalho a sua aplicação esteve focada em: entender sobre o funcionamento do sistema atual e expor possíveis falhas ou pontos de evolução para a entrega dos benefícios desejados. Primeiramente, por meio de testes de cenário, a necessidade de realizar tarefas que instigam a investigação do sistema por conta própria trouxe entendimento acerca do funcionamento do SAE, mas principalmente do SIAC. Além disso, os cenários podem expor falhas que

evidenciam benefícios desejados que o sistema poderia trazer ao usuário, já que um teste de cenário traz uma validação de "ponta-a-ponta" sobre o que o sistema deveria ofertar ao usuário.

Para a realização de um teste de cenário é necessário, primeiramente, definir um bom cenário que será analisado. Dessa forma, de acordo com [Kaner \(2013\)](#), cinco características chaves podem ser citadas acerca de um cenário:

- O teste é baseado em uma história sobre como o programa é usado, incluindo informações acerca das motivações das pessoas envolvidas;
- A história é motivacional, logo, deve deixar claro a sua importância, a razão de suas escolhas e o que está sendo buscado por meio dela;
- A história é crível, isto é, ele não só demonstra algo que poderia acontecer, mas que tem uma grande chance de acontecer;
- A história envolve um uso complexo do sistema, incorporando mais de apenas uma simples funcionalidade em seu escopo;
- Os resultados do teste são fáceis de avaliar, o que significa que é fácil dizer se o sistema cumpriu o que se esperava dele ou não.

Com isso em mente, testes de cenário foram aplicados ao SIAC, integrado ao SAE, a fim de compreender os principais fluxos, comportamentos e funcionalidades do SIAC e possibilitar a proposição de melhorias (benefícios) que o trabalho poderia implementar na nova camada de gestão do SIAC. Essas melhorias foram a base para a criação de histórias de usuário e desenvolvimento do *Product Backlog* na segunda etapa desse trabalho. Assim, os cenários criados tiveram com apoio de algumas dicas citadas por [Kaner \(2013\)](#):

- Listar os possíveis usuários do cenário e analisar seus interesses e objetivos;
- Sequenciar o fluxo do teste, a fim de listar a ordem em que as tarefas que compõem o cenário são realizadas ao longo do teste;
- Ao explanar os resultados do teste, listar e analisar os benefícios que o sistema fornece e deveria fornecer, com o intuito de entender novas evoluções que o sistema pode entregar aos seus usuários.

No [Apêndice A - Realização e Resultados dos Testes de Cenário](#), é possível encontrar todos os testes de cenários realizados na primeira fase deste trabalho (TCC 1).



# 4 Desenvolvimento

Este capítulo apresenta a execução da proposta apresentada no [Capítulo 3](#), destacando as atualizações e adaptações realizadas durante a implementação do projeto, essenciais para assegurar maior coesão e o cumprimento dos objetivos estabelecidos. Além disso, é descrito todo o fluxo de desenvolvimento das novas funcionalidades criadas e outras que foram avaliadas para evolução ou ajustes.

## 4.1 Requisitos

Segundo [Sedano, Ralph e Péaire \(2019\)](#), o *Product Backlog* é uma lista de itens de trabalho usada por equipes para coordenar as atividades a serem feitas. O *Product Backlog* serve para equipes de desenvolvimento de software organizarem, priorizarem e gerenciarem as atividades necessárias para alcançar os objetivos do projeto.

No contexto deste trabalho, os testes de cenário foram aplicados com o intuito de entender o funcionamento do sistema em questão e expor possíveis falhas e pontos de melhoria para serem realizados, a fim de atingir a evolução desejada neste trabalho. Sendo assim, após a realização e documentação destes testes de cenário, tornou-se essencial a construção de um *Product Backlog* para evidenciar, consolidar e organizar os itens identificados, garantindo que a evolução do sistema fosse planejada e realizada de maneira estruturada.

Os itens inseridos no *Product Backlog* foram descritos na forma de histórias de usuário. De acordo com [Cuevas, Guerrero e Rivera \(2024\)](#), os processos ágeis de desenvolvimento de software usam histórias de usuário para especificar as funcionalidades da aplicação, descrevendo cada funcionalidade desejada do ponto de vista dos usuários. Além disso, as histórias de usuário expressam claramente o valor que um requisito traz para um aplicativo.

Além das histórias de usuário, os épicos são empregados para representar grandes unidades de escopo, que agrupam um conjunto de funcionalidades interligadas, conforme [Longo e Silva \(2014\)](#). Portanto, é possível afirmar que cada uma dessas unidades são compostas por um conjunto de histórias de usuário.

Desse modo, no contexto deste trabalho, cada teste de cenário foi atrelado a um épico, representando uma unidade de escopo que agrupa funcionalidades relevantes e interligadas. A [Tabela 4](#) evidencia a maneira que os épicos foram estruturados.

Tabela 4 – Relação dos épicos neste trabalho.

| Épicos | Nome   | Teste de cenário relacionado |
|--------|--|------------------------------|
| E1     | Quantidade mínima de questões                  | Teste de Cenário 1           |
| E2     | Relatórios e gráficos pedagógicos              | Teste de Cenário 2           |
| E3     | Alerta para realização de teste                | Teste de Cenário 3           |
| E4     | Camada de gestão de testes avaliativos no SIAC | Teste de Cenário 4           |

Fonte - Autoria própria.

#### 4.1.1 Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões

Este épico faz referência ao [Teste de Cenário 1](#), que foi realizado com o objetivo de avaliar a experiência do professor ao verificar se um conteúdo possui a quantidade mínima de questões cadastradas para a aplicação adequada de uma avaliação, conforme os princípios do SIAC. Entre as melhorias identificadas após a realização do teste, destacou-se a necessidade de adicionar o grau de dificuldade na filtragem de questões visível ao professor, uma vez que tal informação é relevante para o funcionamento da TRI. Contudo, após uma análise mais aprofundada do funcionamento do sistema, constatou-se que a dificuldade de questões no SIAC é relacionada com o tipo de questão (V ou F, Múltipla Escolha, Escolha-Múltipla, Lacunas e Aberta), sendo que cada tipo de questão tem um valor de dificuldade específico e, portanto, a adição de tal informação não acrescentaria valor significativo ao professor, pois o tipo de questão já era apresentado.

Todavia, a importância de adicionar na filtragem de questões o parâmetro de categoria manteve-se, uma vez que os testes avaliativos agendados pelo professor, funcionalidade melhor explicada na [Seção 4.1.4](#), utilizam exclusivamente questões da categoria "avaliativa" do sistema. Ademais, foi observado que, no detalhamento das questões filtradas, a coluna com a informação de categoria não era exibida, algo mapeado como de grande valor a ser adicionado na interação com o SIAC, pois tal parâmetro só era utilizado pelo módulo BDQ do SAE. Dessa forma, foram encontradas essas diferenças nas melhorias apontadas por este teste de cenário e, com isso, foi possível eliciar duas histórias de usuário a serem implementadas no que convém a este épico:

- **US1:** Eu, como professor, desejo visualizar a quantidade de questões por categoria ao analisar as questões de um conteúdo, para que eu possa entender como as questões estão distribuídas no sistema de maneira quantitativa.
- **US2:** Eu, como professor, desejo visualizar a categoria das questões na listagem de questões filtradas por conteúdo, para que eu possa identificar em qual categoria cada questão está classificada.

Além disso, durante a realização do teste de cenário, também foi abordada a neces-

sidade de implementar um alerta para o caso de o professor desejar aplicar uma avaliação e a quantidade de questões disponíveis não atender aos critérios mínimos para realização de um teste com a produção de um resultado seguro na apuração da habilidade do estudante em um conteúdo. Essa melhoria foi considerada pertinente, porém, será abordada na [Seção 4.1.4](#), já que o alerta é exibido ao professor no momento do agendamento de um teste avaliativo.

#### 4.1.2 Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos

Este épico, como descrito na [Tabela 4](#), faz referência ao [Teste de Cenário 2](#), que teve como objetivo analisar a apresentação dos resultados de um teste para professores e alunos usuários do sistema. Neste cenário, foram identificadas oportunidades de melhoria na gestão e na visualização de resultados de testes, abrangendo ambos os perfis de usuários. Entre as melhorias propostas, destaca-se a implementação de gráficos de apoio pedagógicos e estratégicos para o professor, permitindo uma análise mais detalhada da performance e do esforço dos alunos e de suas turmas.

Além disso, a apresentação aprimorada dos dados dos testes e das características dos itens foi considerada importante também para os alunos, podendo permitindo maior controle e melhor gerenciamento de suas avaliações e desempenhos nos conteúdos. Essa melhoria visa tornar as informações mais acessíveis e úteis para o acompanhamento individual do progresso nas disciplinas dos discentes, acompanhados em maiores detalhes por seus respectivos professores.

Ademais, visando aprimorar ainda mais a capacidade de visualização dos dados por parte dos usuários, também surge como evolução a organização dos dados dos testes em camadas. Para os professores, a possibilidade de visualizar os dados dos testes a níveis de disciplina, turma, aluno, conteúdo, teste e item (questão) pode fazer com que seja possível identificar possíveis pontos críticos no ensino e na assimilação obtida, como por exemplo, detectar os conteúdos em que os alunos têm mais dificuldade e, com base nisso, direcionar esforços para reforçar esses tópicos e até modificar as estratégias de ensino, visando maior sucesso no processo de ensino, com o objetivo de promover a aprendizagem do discente.

Já para os alunos, a visualização dos dados dos testes é possível nos níveis de turma, conteúdo, teste e item, permitindo uma melhor autoavaliação quanto aos seus níveis de comprometimento e habilidade nos tópicos da disciplina em questão. Essa forma de apresentação de dados pode auxiliar o estudante a entender melhor suas possíveis deficiências na assimilação e colabora no planejamento de seus estudos, de forma mais direcionada ao que seja necessário ou mesmo naquilo em que o aprendiz tenha mais interesse em evoluir, de acordo com seus objetivos pessoais.

Dessa forma, com base nas necessidades identificadas para o usuário Professor, foi possível eliciar as seguintes histórias de usuário:

- **US3:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens nas turmas que ministro, para acompanhar o desempenho dos alunos dessas turmas.
- **US4:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens em uma turma específica que ministro, para acompanhar o desempenho dos alunos nos testes dessa turma.
- **US5:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens dos alunos que ministro, para acompanhar seus desempenhos nos testes realizados.
- **US6:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens de um aluno específico que ministro, para acompanhar o desempenho desse aluno nos testes realizados.
- **US7:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens de um aluno nos conteúdos que ministro, para acompanhar o desempenho dos alunos nos conteúdos da disciplina.
- **US8:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de testes e itens de um aluno em um conteúdo específico, para acompanhar seu desempenho nesse conteúdo.
- **US9:** Eu, como professor, desejo visualizar informações e gráficos de um teste específico, para acompanhar o desempenho do aluno nesse teste.
- **US10:** Eu, como professor, desejo visualizar informações de um item específico presente no teste, para consultar as informações desse item e os dados específicos da resposta do aluno nesse item.

Para atender as necessidades do perfil Aluno, as seguintes histórias de usuário foram elicitadas:

- **US11:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações e gráficos dos meus testes e itens realizados nas turmas em que estou matriculado, para acompanhar o meu desempenho geral.
- **US12:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações e gráficos dos meus testes e itens realizados em uma turma específica que estou matriculado, para acompanhar o meu desempenho nos testes dessa turma.

- **US13:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações e gráficos dos meus testes e itens realizados nos conteúdos, para acompanhar o meu desempenho nos conteúdos da disciplina.
- **US14:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações e gráficos dos meus testes e itens realizados em um conteúdo específico, para acompanhar o meu desempenho nesse conteúdo.
- **US15:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações e gráficos de um teste específico, para acompanhar o meu desempenho nesse teste.
- **US16:** Eu, como aluno, desejo visualizar informações de um item específico presente no teste, para consultar as informações desse item e os dados específicos da minha resposta nesse item.

#### 4.1.3 Épico 3 - Alerta para Realização de Teste

O épico 3 é atrelado ao [Teste de Cenário 3](#), que foi realizado com o objetivo de analisar a maneira que o SIAC suporta o processo de realização de um teste, incluindo a possibilidade de interrupção e retomada do teste em um momento posterior. Nesse teste, constatou-se que a funcionalidade já apresentada possuia o comportamento esperado, funcionando de maneira eficaz.

No entanto, a melhoria evidenciada nesse teste corresponde à inclusão de um alerta para o usuário, no caso de tentativa de realização de um teste em um conteúdo que não possua a quantidade mínima de questões cadastradas nesse tópico do conteúdo.

Sendo assim, após a análise dos resultados do [Teste de Cenário 3](#), as seguintes histórias de usuário foram elicitadas:

- **US17:** Eu, como aluno, desejo receber um alerta ao tentar realizar um teste em um conteúdo que não possua a quantidade mínima de questões para realização de um teste, para que eu esteja ciente de que o teste pode ser finalizado antes do esperado.
- **US18:** Eu, como aluno, desejo poder escolher entre prosseguir com o teste mesmo sem haver a quantidade mínima de questões cadastradas no conteúdo escolhido ou retornar à tela de seleção de conteúdo.

#### 4.1.4 Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC

Já este épico é inicialmente relacionado ao [Teste de Cenário 4](#), que analisou a funcionalidade de cadastrar questões no SAE e concluiu que, nesse aspecto, o sistema está completo. Contudo, foi identificada a necessidade de construir uma camada de gestão

que permita o docente agendar períodos específicos para a realização de testes avaliativos para uma turma. Para isso, foi necessário compreender o funcionamento do parâmetro de questão "categoria", a fim de garantir que sejam apresentadas aos alunos exclusivamente questões da categoria "avaliativa" durante o período cadastrado pelo professor como período de teste avaliativo a ser realizado pelo SIAC.

O perfil "Administrador" no SAE desempenha funções relevantes tanto para o sistema como um todo quanto para o funcionamento da camada de gestão desenvolvida. Este perfil é responsável por gerenciar e definir características e parâmetros que todo o sistema SAE, no contexto da instituição educacional à qual pertence, deve seguir. Dessa maneira, no escopo do SIAC, o administrador é responsável, entre outras atribuições, por solicitar o rebalanceamento dos parâmetros de questões e definir qual o número de questões que devem ser respondidas para a realização desta funcionalidade.

Com isso, após a análise do funcionamento do sistema nesses quesitos e dos esclarecimentos das regras de negócios importantes associadas à camada de gestão, foi possível eliciar as histórias de usuário para este épico. Para o perfil "Administrador", a história de usuário elicitada foi:

- **US19:** Eu, como administrador, desejo definir se um professor da minha instituição pode ou não agendar um teste avaliativo sem a quantidade mínima de questões, para que eu possa colocar o sistema para controlar essa restrição.

Para o perfil Professor, as seguintes histórias de usuários foram definidas:

- **US20:** Eu, como professor, desejo agendar testes avaliativos, para que eu possa aplicar avaliações para meus alunos em um determinado período de tempo definido por mim.
- **US21:** Eu, como professor, desejo gerenciar o agendamento de testes avaliativos, para que eu possa ter controle sobre a aplicação desses testes.
- **US22:** Eu, como professor, desejo que apenas questões da categoria "avaliativa" sejam exibidas aos alunos durante o período definido para um teste avaliativo de um conteúdo definido por mim, para garantir que somente as questões previamente selecionadas no cadastro sejam apresentadas durante a resolução do teste pelos alunos.

Já para os usuários categorizados como Aluno, as histórias de usuário elicitadas foram:

- **US23:** Eu, como aluno, desejo visualizar e realizar meus testes avaliativos durante o período agendado, para que eu possa concluir os testes definidos pelo professor com sucesso.
- **US24:** Eu, como aluno, desejo ser alertado que tenho outro teste avaliativo, quando termino um teste que estou fazendo, para que eu possa estar ciente de todos os testes avaliativos que posso fazer dentro de um período que o professor responsável pela disciplina que estou matriculado definiu.

## 4.2 Definições para o Desenvolvimento

Antes de iniciar o desenvolvimento, algumas definições importantes acerca da realização da implementação foram feitas.

### 4.2.1 Manutenção de Padrões do Sistema

Conforme detalhado no [Capítulo 2](#), o SIAC é um módulo integrado no SAE. Tendo isso como base, o desenvolvimento de todas as novas funcionalidades integradas ao SIAC foram conduzidas em conformidade com os padrões já estabelecidos no projeto, abrangendo aspectos de tecnologia, arquitetura, modularização de funções, organização de arquivos, entre outros. Com isso, garantiu-se a preservação da integridade do sistema com os novos códigos adicionados durante toda condução do trabalho.

Além disso, para a construção das novas telas ou a modificação de já existentes, priorizou-se a reutilização de elementos previamente disponíveis no sistema, como caixas de entrada de formulários, botões e ícones. Assim, a uniformidade e consistência das informações apresentadas ao longo de todo o sistema também foi uma prioridade durante o desenvolvimento. Sendo assim, o código desenvolvido e integrado a um módulo já em funcionamento do SAE buscou manter os padrões estabelecidos.

### 4.2.2 Modificação na Base de Dados

Após a definição dos requisitos a serem desenvolvidos, foi mapeada a necessidade de ajustes na base de dados relacionada ao módulo SIAC. Primeiramente, foi criada uma nova tabela denominada *triTeste\_AgendaTeste*, responsável por armazenar as informações relacionadas ao agendamento de testes avaliativos realizados por professores. Com isso, tornou-se necessário adicionar a chave primária dessa nova tabela como chave estrangeira na tabela *triTeste*, estabelecendo um relacionamento entre ambas.

Dessa maneira, a [Figura 7](#) representa o Diagrama Lógico de Dados (DLD) apresentando as tabelas (com atributos) e os relacionamentos associados ao trabalho desenvolvido, com ênfase no módulo SIAC e nos seus testes realizados.

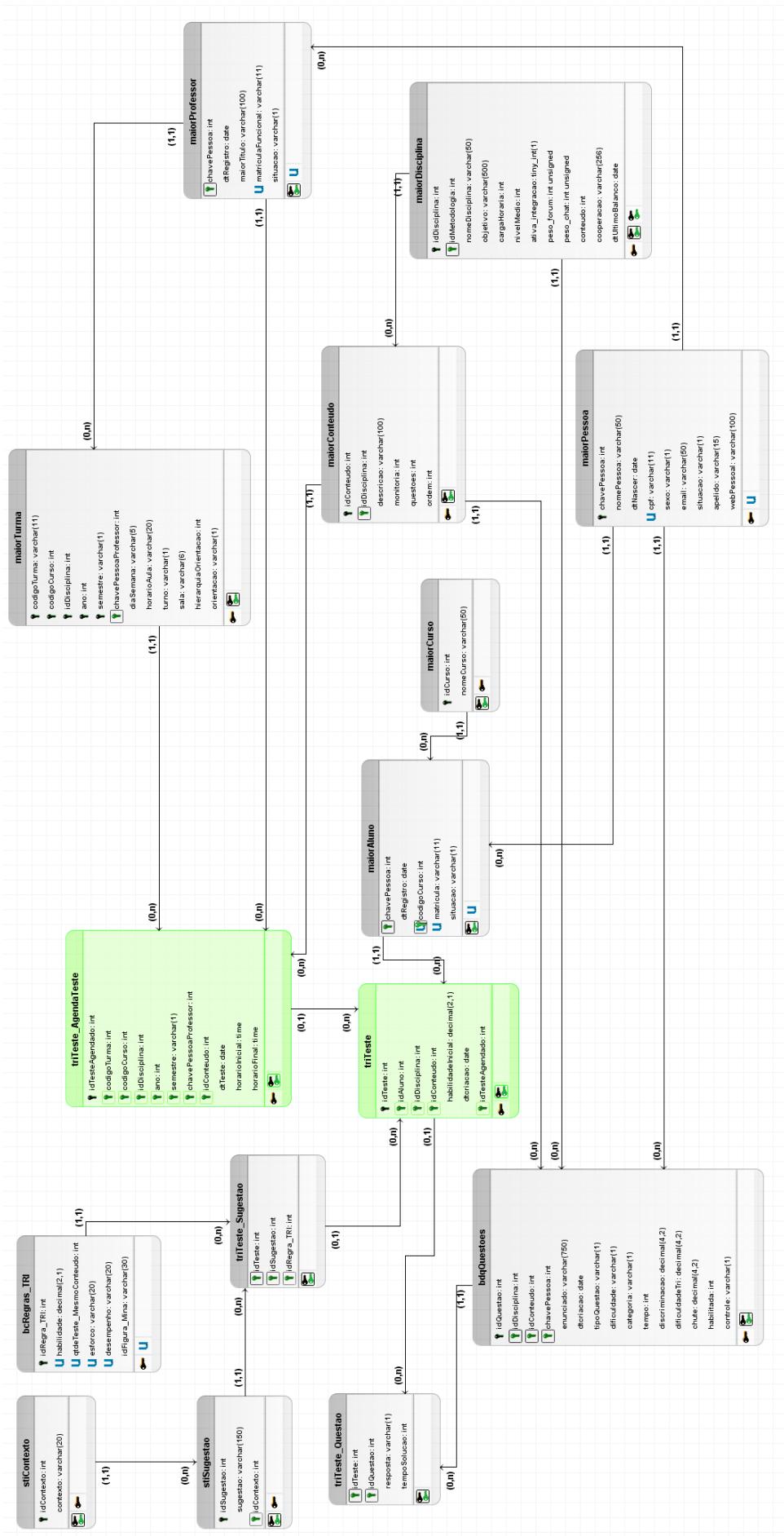


Figura 7 – DLD apresentando as tabelas envolvidas com a elaboração deste trabalho.

Na [Figura 7](#), as tabelas representadas pelo cabeçalho cinza e o fundo branco são as existentes no modelo de dados do SAE que são importantes no contexto e desenvolvimento deste trabalho. A partir da figura, é possível identificar como estão organizados e qual a importância dos dados relacionados a testes, questões, sugestões com base na habilidade estimada, professor, turma, disciplina, conteúdo, aluno e curso.

Além disso, as tabelas representadas pela cor verde são aquelas que foram criadas ou sofreram alteração durante a implantação dos épicos. Como mencionado anteriormente, a tabela *triTeste\_AgendaTeste* foi criada para armazenar os dados dos agendamentos dos testes avaliativos feitos por professores. Por outro lado, a tabela *triTeste* já existia, mas foi alterada com a adição da chave estrangeira "idTesteAgendado", com o objetivo de estabelecer o relacionamento com a nova tabela *triTeste\_AgendaTeste*.

## 4.3 Desenvolvimento das Histórias de Usuário

### 4.3.1 Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões

#### 4.3.1.1 Desenvolvimento do Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões

Para o desenvolvimento da US1, detalhada na [Seção 4.1.1](#), as colunas com as categorias e suas respectivas quantidades de questões foram adicionadas na janela de análise já fornecida ao professor, conforme mostrado na [Figura 8](#). Para a US2, ao clicar na ação com o ícone de "+" em verde, é possível visualizar na [Figura 9](#) a inclusão da categoria de cada questão apresentada ao professor.

Figura 8 – Recorte da tela obtida após a implementação da US1.

| Relatório de Questões - Módulo de Testes   |             |   |             |   |           |   |   |  |
|--|-------------|---|-------------|---|-----------|---|---|--|
| Informações  |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Disciplina:</b> SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2   |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Conteúdo:</b> Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)  |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Quantidade esperada:</b> 3 questões para cada combinação  |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Resultado</b>   | 13 questões |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Total:</b>  |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Professor:</b> Gabriel (docente)  |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <a href="#">Voltar</a>   |             |   |             |   |           |   |   |  |
| <b>Tipo de Questão</b> <b>Chute</b> <b>Quantidade</b> <b>Discriminação</b> <b>Quantidade</b> <b>Categoria</b> <b>Quantidade</b> <b>Ações</b> |             |   |             |   |           |   |   |  |
| V ou F   | 50%         | 4 | Pouquíssimo | 4 | Fixação   | 1 |   |  |
|  |             |   |             |   | Avaliação | 1 |   |  |
|  |             |   |             |   | Revisão   | 2 |   |  |
|  |             |   | Pouco       | 0 | Fixação   | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Avaliação | 0 | - |  |
| Muito  | 50%         | 4 | Muito       | 0 | Revisão   | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Fixação   | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Avaliação | 0 | - |  |
|  |             |   | Multíssimo  | 0 | Revisão   | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Fixação   | 0 | - |  |
| Multíssimo   | 50%         | 4 | Multíssimo  | 0 | Avaliação | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Revisão   | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Fixação   | 0 | - |  |
|  |             |   | Pouquíssimo | 2 | Avaliação | 0 | - |  |
|  |             |   |             |   | Revisão   | 2 |   |  |

Fonte: Adaptado do SAE.

Figura 9 – Recorte da tela obtida após a implementação da US2.

**Detalhamento das questões**

**Detalhamento das Questões**

**Informações**

**Disciplina:** SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2  
**Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)  
**Quantidade esperada:** 3 questões para cada combinação  
**Resultado:** 2 questões  
**Total:** 2 questões  
**Professor:** Gabriel (docente)

[Voltar](#)

**Questões**

| Professor           | Enunciado   | Tipo de Questão | Chute | Discriminação | Categoria | Ações |
|---------------------|---|-----------------|-------|---------------|-----------|-------|
| 1 Gabriel (docente) | O processo de <b>Recuperação a falhas</b> do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) <b>NÃO</b> corresponde a uma <b>TRANSAÇÃO</b> quando executado pelo SGBD. | V ou F          | 50%   | Pouquíssimo   | Revisão   |       |
| 2 Gabriel (docente) | Um arranjo aleatório de dados <b>NÃO</b> é considerado um Banco de Dados.   | V ou F          | 50%   | Pouquíssimo   | Revisão   |       |

Fonte: Adaptado do SAE.

Com isso, as melhorias propostas pelo cenário, traduzidas no *Product Backlog* como histórias de usuário, foram desenvolvidas com sucesso, podendo proporcionar benefícios significativos aos professores que utilizam o SIAC. A disponibilização dessas informações fornece dados ainda mais relevantes no contexto do trabalho, auxiliando nas tomadas de decisões durante a preparação para o agendamento e realização de testes avaliativos. Dessa forma, a aplicação da TRI no contexto do SIAC pode se tornar mais eficiente em seus objetivos de subsidiar o docente em seus acompanhamentos pormenorizados e ágeis pelo sistema.

#### 4.3.1.2 Testes do Épico 1 - Quantidade Mínima de Questões

Para garantir que as funcionalidades dos épicos desenvolvidas neste trabalho estivessem adequadas e em conformidade com o esperado, foi realizado um processo de testes e validação em três ambientes distintos: o ambiente de desenvolvimento local dos desenvolvedores, a servidora de testes do SAE e o ambiente de produção do SAE.

O ambiente de desenvolvimento local correspondeu às máquinas pessoais de cada desenvolvedor, configuradas individualmente com o SAE. Nesse ambiente, foram realizadas as implementações das funcionalidades e de testes unitários, que validaram se as menores unidades de código, como funções ou métodos, estavam funcionando corretamente de forma individual. Esses testes foram importantes para garantir que o código implementado produzia as saídas esperadas e para identificar eventuais erros iniciais, permitindo a correção dessas falhas ainda neste ambiente.

Na etapa seguinte, a servidora de testes do SAE atuou como uma camada intermediária entre o ambiente de desenvolvimento local e o ambiente de produção. Essa servidora é configurada com as mesmas especificações do ambiente de produção, incluindo sistema operacional, servidores de banco de dados, recursos e demais configurações. Essa

similaridade possibilitou a realização de testes mais completos e realistas, sem envolver o uso por parte de usuários finais. Nessa etapa, foram conduzidos testes em nível alfa, que consistem em verificações realizadas pela própria equipe de desenvolvimento e pelo *Product Owner* (PO) e têm como objetivo identificar falhas em um ambiente controlado, mas semelhante ao de produção, permitindo a depuração de erros que não foram detectados durante o desenvolvimento das funcionalidades no ambiente local.

Para os testes em nível alfa, foram aplicados testes de mesa, que consistem em analisar cada passo da lógica das funcionalidades para garantir a conformidade com o comportamento esperado. Também foram realizados testes funcionais, assegurando que cada um dos fluxos criados ou alterados mantivessem o funcionamento adequado. Esse processo foi essencial para identificar problemas nas histórias de usuário (US) desenvolvidas e assegurar a qualidade antes de sua implantação em produção. Além disso, foi possível coletar o *feedback* do PO nessa etapa, o que contribuiu significativamente para ajustes e melhorias no sistema e nas funcionalidades desenvolvidas.

Após a validação no ambiente de testes, as funcionalidades tiveram sua conformidade avaliada. Caso fossem identificadas falhas, as correções eram realizadas no ambiente de desenvolvimento local e submetidas novamente ao ciclo de testes em nível alfa. Com a homologação, as funcionalidades eram então promovidas ao ambiente de produção, onde passaram por testes em nível beta.

Os testes em nível beta são aqueles realizados diretamente com um grupo de usuários finais da aplicação, permitindo avaliar o software em condições reais de uso. Com isso, nesse nível podem ser identificados problemas, limitações ou melhorias que não foram detectados nas fases anteriores, já que os usuários têm interações que refletem sua experiência real no sistema. O *feedback* obtido durante esses testes é fundamental para ajustes finais e aprimoramentos em versões futuras, garantindo uma entrega mais robusta, eficiente e alinhada às necessidades dos usuários.

Dessa maneira, com o objetivo de assegurar o correto funcionamento das histórias de usuário US1 e US2, foram realizados testes em nível alfa na servidora de testes do SAE. Durante a verificação, constatou-se que, ao acessar as análises de questões de diferentes disciplinas e conteúdos, as colunas referentes à categoria e à quantidade de questões para cada uma delas foram corretamente adicionadas, além dos valores exibidos refletindo a contabilização precisa. Além disso, ao acessar a tela disponível pelo ícone de "+" em verde, no contexto de diferentes questões de diversas disciplinas e conteúdos, a listagem exibia as informações correspondentes às questões selecionadas.

### 4.3.2 Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos

#### 4.3.2.1 Desenvolvimento do Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos

Foi adicionada a subopção "Relatório" dentro da opção "Teste" do menu lateral "Questões", tanto para o perfil de Professor quanto para o de Aluno. Essa alteração viabilizou o acesso aos relatórios gerados como resultado da execução das histórias de usuário descritas na [Seção 4.1.2](#). É importante observar que as opções dos menus laterais do projeto SAE fornecem funcionalidades diversas aos seus diferentes perfis de usuários no padrão interativo do SAE, sendo respeitada tal definição nas inovações propostas neste trabalho.

A [Figura 10](#) apresenta a nova subopção no menu para o perfil Professor. Contudo, a mesma opção também foi adicionada para o perfil Aluno, que tem acesso a diferentes opções/funcionalidades em relação ao professor.

Figura 10 – Tela que apresenta a adição da opção "Relatório" no submenu "Teste".



Fonte: Adaptado do SAE.

Após o professor selecionar a subopção "Relatório", será exibida uma tela de pesquisa de testes, para que o docente escolha a disciplina que ele deseja acessar este relatório. Essa tela é apresentada na [Figura 11](#).

Figura 11 – Recorte da tela de pesquisa de relatório de testes em uma disciplina.



Fonte: Adaptado do SAE.

Para atender às histórias de usuário deste épico, foi desenvolvida uma aba de relatórios organizada em camadas, permitindo que o perfil Professor acesse os dados e gráficos em diferentes níveis de análise. Essa navegação ocorre nos seguintes níveis de detalhamento para diferentes análises:

- **Turmas:** todas as turmas de uma disciplina em específico e do período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de uma turma específica;
- **Alunos:** todos os alunos de uma turma em específico e do período letivo corrente, sendo possível o detalhamento de um aluno específico;
- **Conteúdos:** todos os conteúdos de uma disciplina específica em uma turma em específico, apenas no contexto de um aluno específico no período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de um conteúdo específico para esse aluno;
- **Testes em um conteúdo:** todos os testes realizados por um aluno específico em um conteúdo específico de uma turma em específico de uma disciplina e do período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de um teste específico;
- **Itens:** todos os itens de um teste específico realizado por um aluno em específico no período letivo corrente, matriculado em uma turma específica de uma disciplina específica, possibilitando a análise detalhada da resposta desse aluno a um item específico do teste selecionado.

Para os alunos, a navegação em camadas segue um modelo parecido, mas com uma quantidade de níveis mais restrita ao seu próprio contexto:

- **Turmas do aluno:** todas as turmas de um aluno em específico e do período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de uma turma específica no contexto desse aluno;

- **Conteúdos do aluno:** todos os conteúdos de uma disciplina específica em uma turma em específico, apenas no contexto desse aluno no período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de um conteúdo específico para esse aluno;
- **Testes do aluno em um conteúdo:** todos os testes realizados pelo aluno em um conteúdo específico de uma turma em específico de uma disciplina e do período letivo corrente, com a possibilidade de detalhar informações de um teste específico realizado por esse aluno;
- **Itens feitos pelo aluno:** todos os itens de um teste específico realizado pelo aluno no período letivo corrente, matriculado em uma turma específica de uma disciplina específica, possibilitando a análise detalhada da resposta desse aluno a um item específico do teste selecionado.

Os diferentes níveis relacionados ao contexto educacional de uma instituição de ensino são respeitados pelo sistema, sendo também preservados nas inovações propostas neste trabalho.

A [Figura 12](#) mostra o desenvolvimento da US3, destacando a apresentação do relatório no maior nível de especificidade possível, o nível de turmas ministradas pelo professor. Esse relatório apresenta uma lista de turmas, em que cada linha da tabela representa uma turma e apresenta informações relevantes para rápida análise, como o código da turma, o nome do curso ao qual pertence a turma, o nome do professor responsável pela turma, a quantidade de itens certos e errados respondidos na turma no período letivo corrente, o total de itens realizados na turma nesse período e o número de testes feitos na mesma turma e período.

Figura 12 – Tela obtida após a implementação do relatório da US3.

|   | Código da Turma | Curso                   | Professor         | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens | Nº Testes |  |
|---|-----------------|-------------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|-----------|--|
| 1 | 1               | Engenharia - UnB (Gama) | Gabriel (docente) | 21           | 23            | 44             | 7         |  |
| 2 | 2               | Engenharia - UnB (Gama) | Gabriel (docente) | 0            | 0             | 0              | 0         |  |

Gráficos Gerais

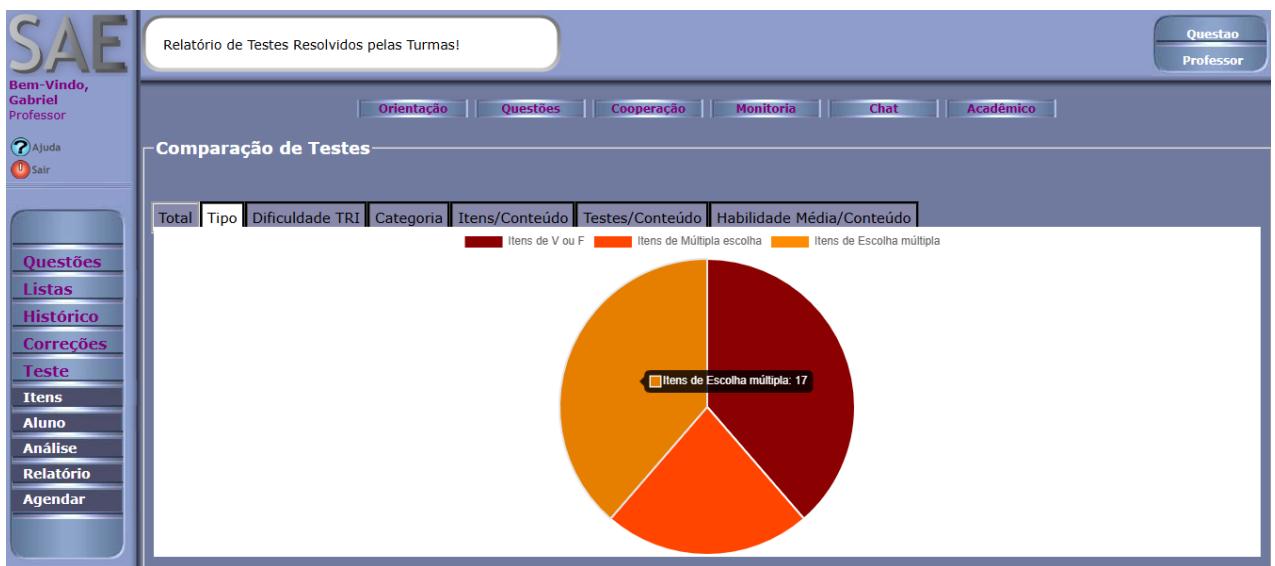
Detalhar

Voltar

Fonte: Adaptado do SAE.

O botão "Detalhar" permite exibir ou ocultar a quantidade de itens certos e errados, enquanto o link "Gráficos Gerais" apresenta os gráficos disponíveis no nível das turmas, como mostrado na [Figura 13](#).

Figura 13 – Tela obtida após a implementação dos gráficos da US3.



Fonte: Adaptado do SAE.

Para o nível de turmas, são apresentados sete gráficos, sendo eles:

- Total: apresenta a quantidade de itens certos e errados realizados em todos os testes da disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente;
- Tipo: exibe a quantidade de itens por tipo (V ou F, Múltipla escolha e Escolha múltipla) respondidos em todos os testes realizados na disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente. São exibidos apenas os três tipos de questão citados, ao invés de também exibir os tipos Lacuna e Dissertativa, pois estes três tipos são os definidos para o uso do SIAC atualmente;
- Dificuldade TRI: mostra a quantidade de itens por grau de dificuldade TRI respondidos em todos os testes realizados na disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente. Originalmente, os graus de dificuldade TRI são definidos pelos valores 0,0, 1,0 e 2,0, no entanto, a fim de facilitar a compreensão do usuário, foram atribuídos os nomes Fácil, Médio e Difícil, respectivamente;
- Categoria: indica a quantidade de itens por categoria (Fixação, Revisão e Avaliação) respondidos em todos os testes realizados na disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente.
- Itens/Conteúdo: apresenta a quantidade total de itens respondidos em cada conteúdo da disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente;

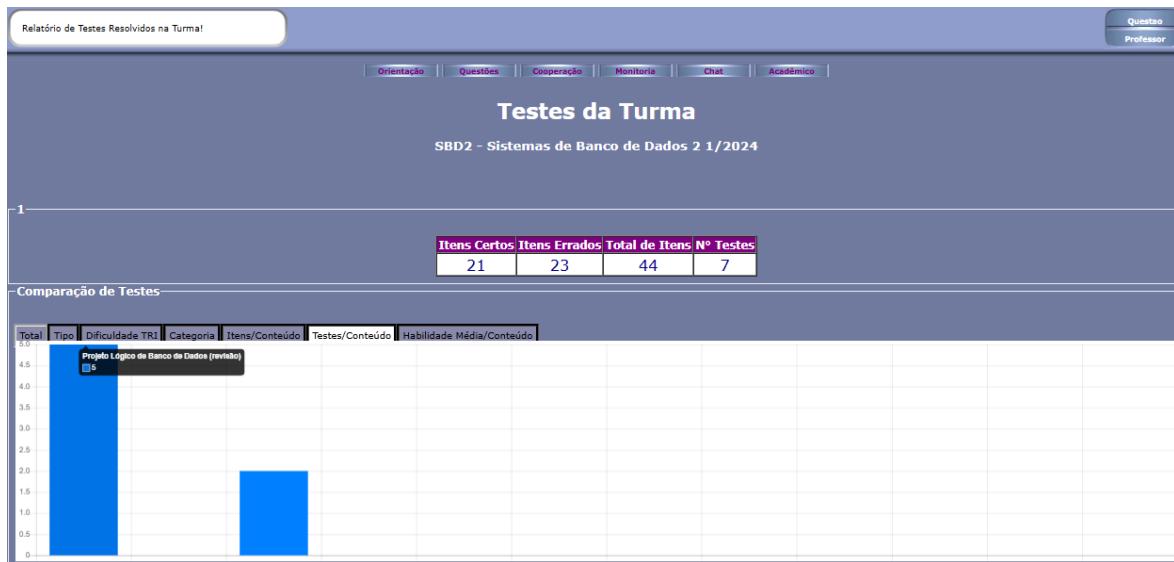
- Itens/Conteúdo: exibe a quantidade de itens certos respondidos em cada conteúdo da disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente;
- Habilidade Média/Conteúdo: mostra a habilidade média dos alunos em cada conteúdo da disciplina selecionada pelo professor no período letivo corrente.

Como mostrado na [Figura 12](#), a navegação entre os diferentes níveis de análise é realizada por meio de duas ações principais. A primeira ação, representada pelo ícone de "+" em verde, localizado à direita do número de testes em uma turma, permite acessar um nível de granularidade mais detalhado. Já a segunda ação, representada pelo ícone em verde de gráfico, situado à direita do ícone de "+", detalha os gráficos relacionados ao nível selecionado. Essas ações estão presentes em quase todas as camadas da funcionalidade de relatórios.

É importante destacar que, quando o ícone está verde, ele está disponível para acesso. Por outro lado, se o ícone estiver cinza, ele não está disponível para navegação, servindo apenas como uma representação visual.

Ao clicar no ícone de apresentação de gráficos, é exibida uma visão detalhada da turma escolhida, correspondendo ao desenvolvimento da US4. Essa tela é mostrada na [Figura 14](#).

Figura 14 – Recorte da tela obtida após a implementação da US4.



Fonte: Adaptado do SAE.

Na tela exibida na [Figura 14](#), são apresentadas a quantidade de itens certos e errados respondidos no nível da turma escolhida, o total de itens respondidos nessa turma e o número de testes realizados na turma detalhada. Além disso, também são apresentados gráficos correspondentes ao nível atual de detalhamento.

No entanto, ao clicar no ícone de "+", em vez do ícone de gráficos, em alguma turma específica no nível de turmas, é apresentada uma tela detalhada referente ao nível de alunos da turma selecionada, correspondendo ao resultado do desenvolvimento da US5. Esse nível apresenta um grau maior de especificidade em comparação ao anterior, como apresentado na [Figura 15](#).

Figura 15 – Tela obtida após a implementação da US5.

|   | Nome    | Matrícula  | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens | Nº Testes |  |
|---|---------|------------|--------------|---------------|----------------|-----------|--|
| 1 | Aluno 1 | 0000000001 | 10           | 9             | 19             | 2         |  |
| 2 | Aluno 2 | 0000000002 | 0            | 5             | 5              | 1         |  |
| 3 | Aluno 3 | 0000000003 | 0            | 0             | 0              | 0         |  |
| 4 | Aluno 4 | 0000000004 | 6            | 8             | 14             | 2         |  |

Fonte: Adaptado do SAE.

A lista exibida detalha os alunos matriculados na turma selecionada, em que cada linha da tabela representa um aluno. Os dados incluem o nome do aluno, sua matrícula, a quantidade de itens certos e errados respondidos por ele na turma selecionada durante o período letivo corrente, o total de itens realizados por ele na turma nesse período e o número de testes feitos pelo aluno na mesma turma e período.

Assim como nos níveis anteriores, o link "Gráficos Gerais" está disponível e apresenta informações consolidadas de todos os alunos da turma selecionada. Esses gráficos, assim como os apresentados na [Figura 13](#), incluem dados como o total de itens certos e errados realizados na turma, a quantidade de itens respondidos por tipo, grau de dificuldade TRI e categoria, além de exibir métricas quantitativas de itens realizados por conteúdo, itens certos por conteúdo e a habilidade média dos alunos em cada conteúdo, considerando apenas o período letivo corrente.

Além disso, vale destacar que o botão "Detalhar" mantém sua funcionalidade de ocultar ou exibir a quantidade de itens certos e errados respondidos ao longo de todos os níveis de detalhamento.

Nessa camada, no entanto, além do ícone de "+" e do ícone que representa um gráfico, há também o ícone de seta horizontal em verde, presente à direita do ícone de

gráficos, que tem como função apresentar os dados do aluno selecionado de maneira mais detalhada e refinada, como evidenciado na [Figura 16](#).

Assim como no nível anterior, o ícone de gráficos exibe uma tela que detalha as informações de testes e itens, juntamente com a apresentação de gráficos de apoio pedagógico, porém ajustada ao nível de um aluno específico selecionado. Essa tela representa o desenvolvimento da US6.

Ao clicar no ícone de "+" de um aluno específico a partir do nível de alunos da turma, é exibido o relatório com as informações dos testes realizados por esse aluno em diferentes conteúdos no período letivo corrente, como mostrado na [Figura 17](#), representando o desenvolvimento da US7.

A lista exibida para um aluno específico detalha os tópicos relacionados, em que cada linha da tabela representa um conteúdo. Os dados apresentados incluem o nome do conteúdo, a quantidade de itens certos e errados respondidos pelo aluno nesse conteúdo no período letivo corrente, o total de itens realizados por esse aluno nesse período e o número de testes feitos por ele em cada tópico no mesmo período. Assim como nos níveis anteriores, o link "Gráficos Gerais" está disponível, exibindo informações do nível de granularidade atual.

Seguindo o padrão das camadas anteriores, o ícone de gráficos detalha as informações de testes e itens com a inclusão da apresentação de gráficos de apoio pedagógico, mas agora para o nível de um aluno específico em um conteúdo específico no período letivo corrente.

Figura 16 – Tela que apresenta as informações de um aluno.

The screenshot shows the SAE (Sistema de Apoio ao Ensino) interface. At the top, there is a header with the SAE logo and a navigation bar with links for 'Questões', 'Visualizar', 'Orientação', 'Questões', 'Cooperação', 'Monitoria', 'Chat', and 'Acadêmico'. On the left, a vertical sidebar menu includes 'Questões', 'Listas', 'Histórico', 'Correções', 'Teste', 'Itens', 'Aluno', 'Análise', 'Relatório', and 'Agendar'. The main content area is titled 'Visualização de Alunos' and contains a section for 'Dados do Aluno' (Student Data) with the following information:

- Nome:** Aluno 1
- Apelido:** Aluno
- Data de Nascimento:** 02/02/2002
- Sexo:** Masculino
- Email:** aluno1@gmail.com
- Página Pessoal:** (link)
- Data de Registro:** 08/11/2022
- Matrícula:** 0000000001
- Curso:** Engenharia - UnB (Gama)
- Situação:** Ativo
- Nova Pesquisa** (link)

Fonte: Adaptado do SAE.

Figura 17 – Tela obtida após a implementação da US7.

**SAE** Relatório de Testes Resolvidos nos conteúdos pelo Aluno!

Bem-Vindo, Gabriel Professor

Ajuda Sair

Questões Listas Histórico Correções Teste Itens Aluno Análise Relatório Agendar

Orientação Questões Cooperação Monitoria Chat Acadêmico

# Conteúdos da Disciplina

## SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 1/2024

**Dados Gerais**

**Aluno:** Aluno 1  
**Email:** aluno1@gmail.com  
**Matrícula:** 0000000001  
**Curso:** Engenharia - UnB (Gama)  
**Turma:** 1

**Lista dos Conteúdos**

|   | Conteúdo                                   | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens | Nº Testes |  |  |
|---|--|--------------|---------------|----------------|-----------|--|--|
| 1 | Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão) | 10           | 9             | 19             | 2         |  |  |
| 2 | Modelagem de Dados (revisão)               | 0            | 0             | 0              | 0         |  |  |

Fonte: Adaptado do SAE.

Ao clicar no ícone de "+" na camada de conteúdos, é exibido um relatório com as informações dos testes realizados pelo aluno selecionado no conteúdo específico selecionado e no período letivo corrente, como é possível observar na [Figura 18](#), representando o desenvolvimento da US8.

Figura 18 – Tela obtida após a implementação da US8.

**SAE**

Bem-Vindo,  
Gabriel  
Professor

Ajuda  
Sair

**Questões**  
**Listas**  
**Histórico**  
**Correções**  
**Teste**  
**Itens**  
**Aluno**  
**Análise**  
**Relatório**  
**Agendar**

Orientação | Questões | Cooperação | Monitoria | Chat | Acadêmico

# Testes do Aluno no Conteúdo

## SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 1/2024

**Dados Gerais**

**Aluno:** Aluno 1  
**Email:** aluno1@gmail.com  
**Matrícula:** 0000000001  
**Curso:** Engenharia - UnB (Gama)  
**Turma:** 1  
**Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)

**Lista dos Testes**

|   | Conteúdo                                   | Data da Realização | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens |  |
|---|--|--------------------|--------------|---------------|----------------|--|
| 1 | Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão) | 28/11/2024         | 8            | 6             | 14             |  |
| 2 | Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão) | 27/10/2024         | 2            | 3             | 5              |  |

Gráficos Gerais

Detalhar

Fonte: Adaptado do SAE.

Ao acessar o ícone de gráficos no nível de testes de um aluno em um conteúdo específico, é apresentado um relatório detalhado sobre o teste escolhido, contendo informações sobre o teste realizado e seus respectivos itens, como mostrado na [Figura 19](#), correspondendo ao resultado da implementação da US9.

Figura 19 – Tela obtida após a implementação da US9.

Relatório do Teste Resolvido no Conteúdo!

Questão  
Visualizar

Orientação | Questões | Cooperação | Monitoria | Chat | Acadêmico

## Teste do Conteúdo

**Dados Gerais**

**Aluno:** Aluno 1  
**Email:** aluno1@gmail.com  
**Matrícula:** 0000000001  
**Curso:** Engenharia - UnB (Gama)  
**Turma:** 1  
**Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)

| Conteúdo                                   | Data da Realização | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens | Habilidade |
|--|--------------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão) | 28/11/2024         | 8            | 6             | 14             | 1,47       |

Fonte: Adaptado do SAE.

Nessa tela, também há a opção de detalhar um item específico realizado no teste selecionado. Ao acessar esse nível, são exibidas as características do item e as informações da resposta do aluno a esse item no teste selecionado, como mostrado na [Figura 20](#), o que evidencia o desenvolvimento da US10.

Figura 20 – Recorte da tela obtida após a implementação da US10.

## Item Respondido no Teste

**Dados do Item**

**Enunciado:** A tecnologia dos SGBDs está sempre evoluindo, sendo um recurso fundamental para a sociedade atual.  
 Por isso, sempre que existir necessidade de armazenar dados e informações em recursos computacionais deve ser utilizado um SGBD.

**Tipo de Item:** Verdadeiro ou Falso  
 Resposta correta:  V  F

**V ou F:** Comentário para acerto: Certo  
 Comentário para erro: Erro. A eficiência no armazenamento não está condicionada ao SGBD, mas ao problema a ser tratado.

**Dificuldade:** Médio  
**Categoria:** Fixação  
**Tempo:** 60 segundo(s)  
**Disciplina:** SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2  
**Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)

**Resposta**

| Nome do Aluno | Matrícula  | Data da Realização | Resposta do Aluno | Tempo de Resposta | Correção |
|---------------|------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Aluno 1       | 0000000001 | 28/11/2024         | F                 | 7 segundos        | ✓        |

Fonte: Adaptado do SAE.

Para o perfil Aluno, há a repetição de algumas telas em relação ao perfil Professor, mas também existem diferenças em algumas delas, adaptadas para atender às necessidades específicas de cada perfil.

A [Figura 21](#) mostra o desenvolvimento da US11, destacando a apresentação do relatório no nível de especificidade mais abrangente possível para o aluno: o nível de turmas nas quais ele está matriculado.

Figura 21 – Tela obtida após a implementação da US11.

|   | Código da Turma | Disciplina                        | Curso                   | Professor         | Itens Certos | Itens Errados | Total de Itens | Nº Testes |  |
|---|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|-----------|--|
| 1 | 1               | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados | Engenharia - UnB (Gama) | Gabriel (docente) | 10           | 9             | 19             | 2         |  |

Fonte: Adaptado do SAE.

Esse relatório exibe uma lista de turmas que o aluno está matriculado, em que cada linha da tabela representa uma turma e apresenta informações relevantes para a camada atual, como o código da turma, o curso ao qual pertence, o professor responsável, a quantidade de itens certos e errados respondidos pelo aluno nessa turma durante o período letivo corrente, o total de itens realizados por esse aluno nesse período e o número de testes feitos por ele na mesma turma e período.

Assim como no perfil Professor, o perfil Aluno também tem acesso ao botão "Detalhar" e ao link "Gráficos Gerais", que mantêm o mesmo funcionamento descrito para professores. Ademais, o ícone de "+" em verde e o ícone que representa um gráfico em verde também estão disponíveis, com funcionalidades idênticas para ambos os perfis.

Na tela desenvolvida para a US11, o ícone de gráficos leva à mesma tela gerada pela US4, porém adaptada para exibir apenas os dados relacionados ao aluno em questão, atendendo à US12. Ao clicar no ícone de "+", o fluxo é direcionado para a tela correspondente à US7, considerando apenas os testes feitos pelo aluno, o que cumpre a US13. Para a US14 e a US15, o comportamento é semelhante, refletindo as funcionalidades equivalentes presentes na US8 e na US9, respectivamente.

No entanto, apesar de que US10 e US16 sejam voltadas para a apresentação das informações detalhadas de um item específico e dos dados da resposta do aluno a este item, elas se diferem na quantidade de informações exibidas sobre a questão. A [Figura 22](#) mostra o resultado do desenvolvimento da US16.

Figura 22 – Tela obtida após a implementação da US16.

**Item Respondido no Teste**

**Dados do Item**

**Enunciado:** A tecnologia dos SGBDs está sempre evoluindo, sendo um recurso fundamental para a sociedade atual. Por isso, sempre que existir necessidade de armazenar dados e informações em recursos computacionais deve ser utilizado um SGBD.

**Tipo de Item:** Verdadeiro ou Falso

**Dificuldade:** Médio

**Disciplina:** SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2

**Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)

**Resposta**

| Nome do Aluno | Matrícula | Data da Realização | Resposta do Aluno | Tempo de Resposta | Correção                            |
|---------------|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Aluno 1       | 000000001 | 28/11/2024         | F                 | 7 segundos        | <input checked="" type="checkbox"/> |

• Voltar

Fonte: Adaptado do SAE.

Para o perfil Aluno, algumas informações não são exibidas, como a resposta correta, comentários para acerto e erro, categoria e tempo. Essa restrição tem o objetivo de preservar a confidencialidade das respostas dos itens e evitar o uso inadequado dessas informações pelos alunos, garantindo a integridade do processo avaliativo.

Desse modo, conclui-se que as melhorias propostas pelo [Teste de Cenário 2](#) e traduzidas no *Product Backlog* pelas histórias de usuário US3 a US16 foram implementadas com sucesso. O resultado é uma seção de gestão no SIAC que, tanto para professores, quanto para alunos, traz relatórios pedagógicos com informações visuais, que podem proporcionar uma análise detalhada do desempenho, melhoria da experiência do usuário, foco na integridade acadêmica e *feedbacks* personalizados.

Para os professores, essas melhorias podem facilitar a identificação de dificuldades dos alunos em determinados conteúdos, possibilitando ajustes no planejamento de ensino e distribuição da carga de aulas. Ademais, apoiam as tomadas de decisões e colaboram na elaboração de estratégias para melhoria no desempenho e no nível de assimilação dos alunos. Por outro lado, para os alunos, as melhorias podem fornecer maior autonomia em seu processo de aprendizado, clareza visual das informações e acesso a relatórios e gráficos que colaboram na compreensão de sua realidade momentânea e no desenvolvimento de suas habilidades acompanhadas pela TRI.

#### 4.3.2.2 Testes do Épico 2 - Relatórios e Gráficos Pedagógicos

Como detalhado na [Seção 4.3.1.2](#), foram realizados testes na servidora de testes do SAE, utilizando a base de dados da aplicação, com o objetivo de garantir o funcionamento correto da implementação das histórias de usuário US3 a US16, cobrindo todos os fluxos

existentes relacionados a esse cenário. Durante a verificação, constatou-se que os fluxos e valores apresentados em todos os relatórios desse cenário estavam corretos.

Para assegurar a integridade das informações exibidas, foram realizados testes em diferentes conteúdos no módulo SIAC em nível alfa. Após isso, foi observado que a quantidade de itens respondidos, itens certos e itens errados foi refletida corretamente em todos os níveis desenvolvidos nas histórias de usuário US3 a US16.

Além disso, no nível de detalhamento de um teste específico realizado por um aluno específico em um conteúdo específico de uma turma em específico de uma disciplina e do período letivo corrente, como é possível observar na [Figura 19](#), é apresentado o valor da habilidade apurado após a realização desse teste. Após as verificações, constatou-se que o valor exibido está correto, refletindo fielmente o valor da habilidade do estudante acompanhado pela TRI no teste selecionado.

### 4.3.3 Épico 3 - Alerta para Realização de Teste

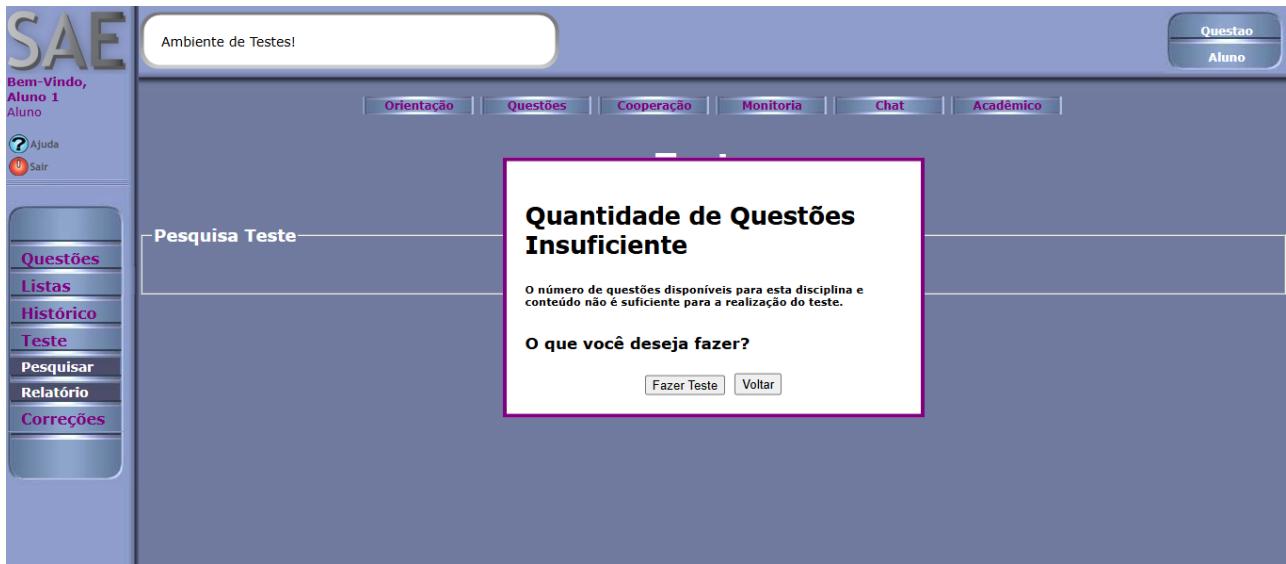
#### 4.3.3.1 Desenvolvimento do Épico 3 - Alerta para Realização de Teste

Para o desenvolvimento das histórias de usuário US17 e US18, apresentadas na [Seção 4.1.3](#), foi desenvolvida uma tela que aparece antes da resolução das questões do teste, quando a quantidade de questões cadastradas no conteúdo escolhido não atinge a quantidade mínima para execução de um teste.

É importante destacar que a quantidade mínima de questões é definida nas propriedades do SAE pelo administrador do sistema, sendo um parâmetro configurável e passível de alteração que será usada por todo o sistema. A tela de confirmação, mostrada na [Figura 23](#), apresenta duas opções ao aluno: o botão "Voltar", caso ele opte por não realizar o teste com a quantidade de questões inferior à mínima, e o botão "Fazer Teste", caso ele decida prosseguir com a execução do teste, estando ciente de que o teste pode ser finalizado antes do SIAC encontrar a sua habilidade no conteúdo selecionado.

Em adição, durante os testes no sistema e o processo de familiarização com o código para o desenvolvimento deste épico, foram identificadas falhas no fluxo de execução do SIAC. Um dos problemas ocorria quando um aluno iniciava a realização de um teste em um conteúdo específico e, caso este aluno não tivesse realizado nenhum teste anterior no conteúdo, o sistema exibia uma tela que solicitava a seleção de um nível de habilidade entre "básico", "intermediário" e "avançado". No entanto, se o aluno já tivesse realizado um teste anteriormente, o sistema deveria utilizar o nível de habilidade obtido no teste anterior como referência, sem exibir a tela.

Figura 23 – Tela obtida após a implementação das US17 e US18.



Fonte: Adaptado do SAE.

Contudo, foi observado que, mesmo para alunos com testes anteriores registrados, essa tela de seleção de habilidade ainda era exibida, gerando um comportamento inadequado a implementação. Assim, após uma melhor análise do fluxo de execução e uma investigação do código responsável por esse comportamento, identificou-se que o problema estava relacionado a incoerências nos métodos de busca pelo nível de habilidade do aluno no teste anterior. Com base nesses estudos, foi possível implementar as correções necessárias, garantindo que o fluxo respeitasse as condições esperadas, com a tela de seleção de habilidade deixando de ser exibida indevidamente.

Além disso, foi identificado que não havia tratamento adequado para o caso em que o usuário não selecionasse nenhuma das opções de nível de habilidade e tentasse realizar o teste. Nessa situação, foi observado que o sistema não conseguia lidar com a exceção, resultando em um erro. Para solucionar esse problema, foi implementado um alerta na tela, notificando o usuário sobre a necessidade de selecionar um nível de habilidade antes de prosseguir.

Outro problema identificado envolvia a realização de um teste. Por definição do SIAC, é necessário responder a uma quantidade mínima de questões para que a habilidade do aluno seja encontrada, sendo essa quantidade definida pelo administrador do sistema. No entanto, havia casos em que o teste era encerrado antes do aluno responder essa quantidade mínima de questões, comprometendo o correto funcionamento da TRI. Para corrigir esse comportamento, foram implementadas as devidas alterações, assegurando que o teste só fosse encerrado após o cumprimento da quantidade mínima de questões exigida.

Desse modo, as melhorias propostas pelo [Teste de Cenário 3](#) e traduzidas no *Pro-*

duct Backlog pelas histórias de usuário US17 e US18 foram desenvolvidas com êxito. Além disso, falhas encontradas no fluxo do SIAC puderam ser encontradas e corrigidas da maneira mais assertiva. Com isso, o resultado do desenvolvimento deste épico é uma experiência mais agradável e menos frustrante para o aluno ao realizar testes no módulo SIAC, garantindo maior clareza e controle sobre as condições de execução do teste.

#### 4.3.3.2 Testes do Épico 3 - Alerta para Realização de Teste

Para verificar a conformidade no desenvolvimento das histórias de usuário US17 e US18, foram realizados testes no nível alfa na servidora de testes do SAE, como explicado na [Seção 4.3.1.2](#). O objetivo foi garantir que o comportamento do sistema estivesse alinhado com o que foi definido nas histórias de usuário, abordando os diferentes fluxos esperados.

Durante as verificações, o comportamento do sistema foi avaliado em situações envolvendo a realização de testes em conteúdos com a quantidade mínima de questões cadastradas e em conteúdos que não atendiam a essa quantidade. Verificou-se que, ao realizar um teste em um conteúdo cuja quantidade de questões cadastradas atinge o mínimo exigido, o alerta não é exibido, e o fluxo segue para a resolução das questões do teste. Por outro lado, ao realizar um teste em um conteúdo cuja quantidade de questões cadastradas não atinge o mínimo definido, o sistema exibe o alerta para o aluno, oferecendo as opções "Voltar" e "Fazer Teste". Ambas as opções foram testadas e confirmaram o comportamento esperado.

Além disso, foi verificada a exibição da tela de seleção de habilidade antes da realização de um teste para alunos sem histórico de testes no conteúdo. A funcionalidade foi testada e apresentou o comportamento esperado, exibindo essa tela apenas quando o sistema não dispõe de informações sobre a habilidade do aluno no conteúdo selecionado.

Foi observado também que, caso a tela de seleção de habilidade seja exibida e o aluno tente prosseguir sem escolher uma das opções disponíveis, o sistema exibe um alerta. Esse alerta assegura que o usuário selecione um nível de habilidade antes de realizar o teste, prevenindo falhas e melhorando a robustez do fluxo de execução.

Por fim, verificou-se que, após as correções implementadas, o sistema passou a respeitar a quantidade mínima de questões realizadas para encerrar um teste. Essas alterações foram realizadas para assegurar que o teste não seja finalizado antes do esperado, mesmo em conteúdos com poucas questões cadastradas, garantindo a integridade da estimativa da habilidade do aluno.

### 4.3.4 Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC

#### 4.3.4.1 Desenvolvimento do Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC

A primeira US desenvolvida para este épico foi a US19, que tem como principal usuário, o perfil "Administrador". Como pode ser visto na [Figura 24](#), na página de configurações do SIAC, disponível exclusivamente para esse perfil, foi adicionada a funcionalidade que permite ativar ou desativar a liberação do agendamento de um teste por parte do professor, caso o conteúdo selecionado não possua a quantidade mínima de questões definida.

Dessa forma, quando um professor deseja agendar um teste avaliativo em um conteúdo que não atende ao critério de quantidade mínima de questões que podem ser utilizadas em uma avaliação, o sistema exibe uma tela com uma mensagem informativa, indicando as opções disponíveis, em que a possibilidade de prosseguir com o agendamento depende da configuração estabelecida pelo administrador. Se a opção "Ativo" for a selecionada, o professor terá acesso a dois botões: "Voltar", para retornar à tela de agendamento de um teste, e "Agendar mesmo assim", que permite o agendamento do teste, mesmo sem o cumprimento do requisito mínimo. Caso contrário, apenas o botão "Voltar" estará disponível, impedindo a continuidade do processo de agendamento.

Figura 24 – Recorte da tela obtida após a implementação da US19 para o administrador.

**Configurações**

**Módulo de Testes - SIAC**

Definir valor para o Standard Error:

Intervalo mínimo para calibragem:  dias

Percentual de respostas à uma questão para calibragem:  %

Quantidade mínima de questões para realizar um teste:

Agendamento de testes são liberados mesmo sem quantidade ideal de questões:  Ativo  Inativo

**Calibragem do Banco de Itens**

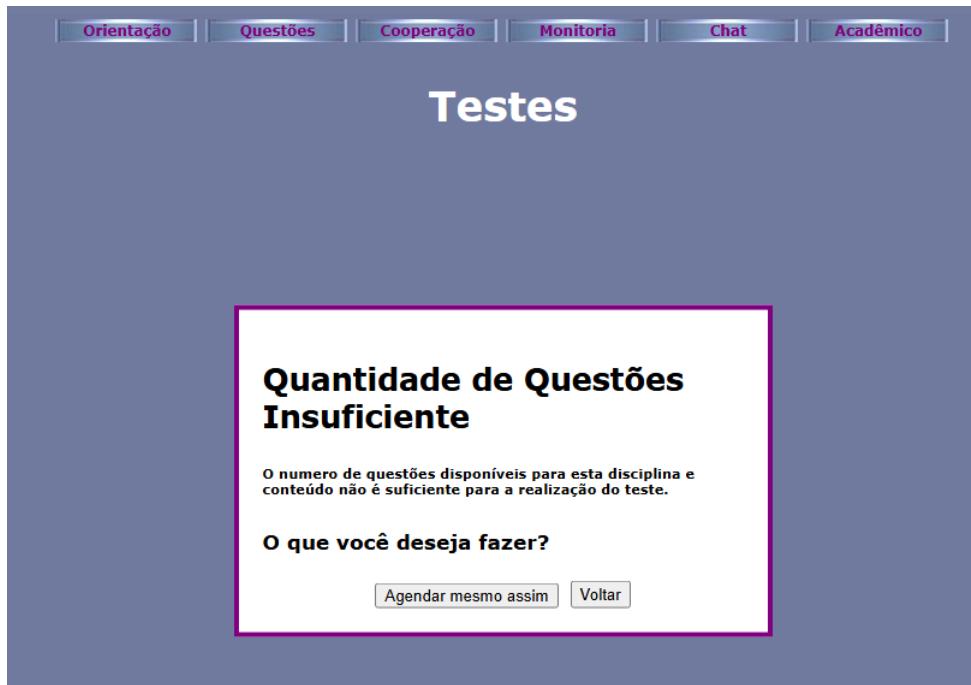
- Realizar Calibragem do Banco de Itens

**Salvar** • **Voltar**

Fonte: Adaptado do SAE.

No exemplo apresentado na [Figura 25](#), o professor pode optar por agendar um teste, mesmo sem a quantidade mínima de questões, já que a configuração de liberação feita pelo administrador de sua instituição encontra-se ativada.

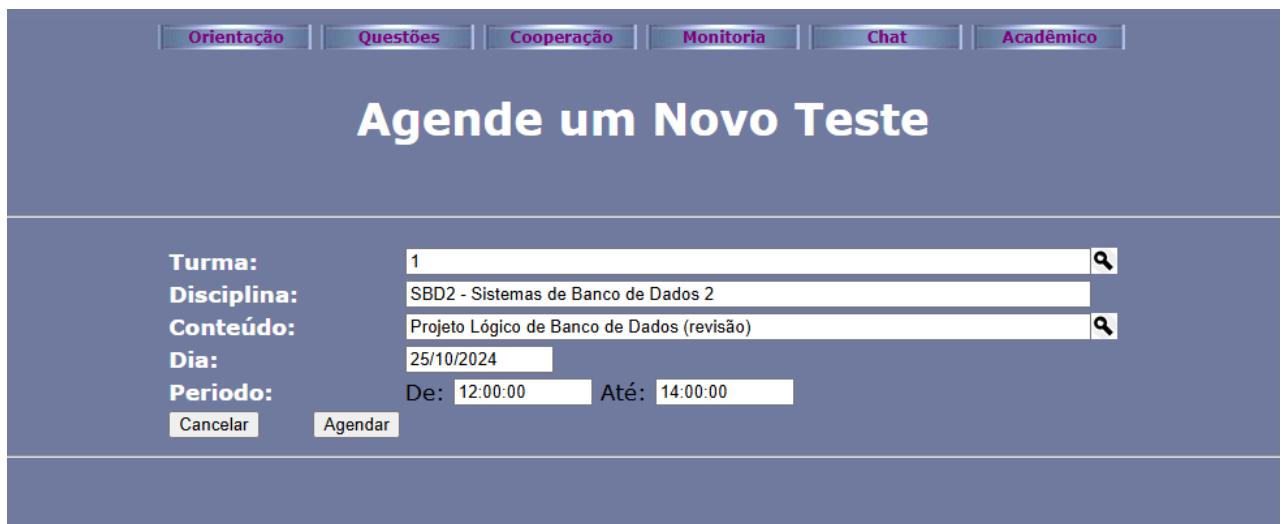
Figura 25 – Recorte da tela obtida após a implementação da US19 com alerta ao professor.



Fonte: Adaptado do SAE.

Em seguida, foi realizada a implementação da US20, que trata dos agendamentos de testes avaliativos pelo professor. Para isso, foi desenvolvida a tela e a lógica de armazenamento na base de dados para o cadastro do agendamento de um teste avaliativo. A Figura 26 apresenta o recorte dessa tela, já preenchida com turma, disciplina, conteúdo, e período (data e horários de início e término do teste) de forma demonstrativa. Dessa forma, por meio dela, o professor pode agendar um teste.

Figura 26 – Recorte da tela obtida após a implementação da US20.



Fonte: Adaptado do SAE.

É importante destacar que, para atender às regras negociais do sistema, não é

permitido ao professor cadastrar dois testes avaliativos para o mesmo conteúdo e para a mesma turma em um único dia.

A [Figura 27](#) apresenta o recorte da tela implementada para a US21, que exibe a listagem de testes agendados por um professor, permitindo seu gerenciamento. Vale destacar que é exibido apenas um recorte da tela. Antes de acessar essa tela, o professor aplica um filtro por turma e pode, adicionalmente, filtrar os testes por um período de datas.

Figura 27 – Recorte da tela obtida após a implementação da US21.

| Testes Agendados |                                     |   |                    |                 |               |       |
|------------------|-------------------------------------|---|--------------------|-----------------|---------------|-------|
| Turma            | Disciplina                          | Conteúdo                                    | Data de Realizacao | Horário Inicial | Horário Final | Ações |
| 1                | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Programação no Servidor de Banco de Dados   | 27/11/2024         | 19:00:00        | 23:59:59      |       |
| 1                | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Transações e Concorrência em Banco de Dados | 27/11/2024         | 20:00:00        | 23:59:59      |       |
| 1                | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Visões (view)                               | 25/10/2024         | 12:00:00        | 13:00:00      |       |
| 1                | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Índices (index)                             | 22/11/2024         | 12:00:00        | 13:00:00      |       |

Fonte: Adaptado do SAE.

Nessa interface, o professor dispõe de três ícones de ações. O primeiro, representado pelo "+" em verde, permite ao professor ver a lista de alunos que realizaram o teste avaliativo e, caso deseje, consultar os resultados desses testes. O segundo, representado pelo "x" em vermelho, redireciona para a tela de exclusão do teste, desde que nenhum aluno tenha realizado o teste até o momento. Por fim, o ícone de lápis em amarelo possibilita ao professor editar uma avaliação agendada, alterando os dados de data e horários de início e término.

A US22 não tem um desenvolvimento visual associado a si, pois sua implementação consistiu em ajustar a lógica de busca e apresentação de questões durante a realização de testes avaliativos. No momento que um aluno está realizando um teste agendado dentro do período agendado para uma disciplina e um conteúdo, as questões apresentadas são filtradas para pertencerem exclusivamente à categoria "avaliativa". É importante mencionar que todas as regras de busca por questão da TRI foram preservadas, sem nenhuma alteração. O impacto do desenvolvimento restringiu-se à lógica de busca das questões, levando em conta o parâmetro de categoria.

A US23 refere-se à funcionalidade que permite ao aluno visualizar e realizar os

testes avaliativos agendados para suas disciplinas e conteúdos. Na tela inicial de pesquisa de testes, foi adicionada uma lista de testes agendados para o aluno. Essa lista exibe os testes que estão disponíveis para realização, ou seja, aqueles cujo período de execução (data e horário) é válido e que ainda não foram concluídos pelo aluno, como apresentado na [Figura 28](#).

Figura 28 – Recorte da tela obtida após a implementação da US23.

A interface do usuário 'Testes' exibe uma barra superior com links para 'Orientação', 'Questões', 'Cooperação', 'Monitoria', 'Chat' e 'Acadêmico'. O link 'Acadêmico' é o ativo. O formulário 'Pesquisa Teste' contém campos para 'Disciplina' (campo de texto com placeholder 'Disciplina:'), 'Cancelar' (botão), 'Pesquisar' (botão) e 'Fazer Teste' (botão). Abaixo, uma seção 'Lista de Testes Agendados' mostra uma tabela com os seguintes dados:

| Disciplina                          | Conteúdo                             | Data do Teste | Horário Inicial | Horário Final | Ação                        |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| SB02 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Modelagem de Dados (revisão)         | 28/11/2024    | 21:00:00        | 23:00:00      | <a href="#">Fazer Teste</a> |
| SB03 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Outras Tecnologias de Banco de Dados | 28/11/2024    | 21:10:00        | 22:30:00      | <a href="#">Fazer Teste</a> |

Fonte: Adaptado do SAE.

Ao clicar no botão "Fazer Teste", o aluno é direcionado para o fluxo de testes já existente no SIAC, mas, por ser avaliativo, respondendo exclusivamente às questões classificadas como "avaliativas", conforme desenvolvido na US22. Além disso, caso o aluno escolha preencher os campos de disciplina e conteúdo na seção "Pesquisa Teste", o sistema foi configurado para verificar se o período correspondente à disciplina e conteúdo selecionados pertence a um teste avaliativo. Se for o caso, o aluno é inserido automaticamente no fluxo de teste avaliativo.

Por fim, com a implementação da US24, ao finalizar um teste avaliativo, caso ainda haja outro teste disponível para realização, o aluno recebe um alerta que oferece a opção de ser redirecionado diretamente para o próximo teste avaliativo, caso deseje, sem a necessidade de retornar manualmente à tela de listagem de testes desenvolvida na US23. A [Figura 29](#) apresenta o funcionamento da US24.

Figura 29 – Recorte da tela obtida após a implementação da US24.



Fonte: Adaptado do SAE.

Com isso, o épico 4, relacionado à camada de gestão de testes avaliativos no SIAC foi implantado com sucesso. As histórias de usuário desenvolvidas agregaram significativo valor aos usuários do módulo de testes do SAE.

Assim, os professores usuários do SAE podem conduzir testes avaliativos usando os princípios da TRI, o que proporciona uma melhor avaliação acerca da habilidade dos estudantes nos conteúdos. Além disso, a restrição que limita os testes agendados a questões da categoria "avaliativa" pode oferecer aos professores uma gestão mais eficiente, garantindo que apenas as questões planejadas sejam respondidas pelos alunos em seus momentos de avaliação.

Para os alunos, o fluxo de realização dos testes agendados foi projetado para ser contínuo, sem a necessidade de interrupções manuais para a troca de tela ao realizar testes avaliativos de diferentes conteúdos. A listagem dos testes disponíveis para realização também fornece uma visão acerca das avaliações agendadas e seus períodos de realização, podendo conferir maior autonomia ao estudante, já que ele escolhe qual teste quer realizar primeiro.

#### 4.3.4.2 Testes do Épico 4 - Camada de Gestão de Testes Avaliativos no SIAC

Após a conclusão do desenvolvimento das histórias de usuário deste épico no ambiente de desenvolvimento, foram realizados testes na servidora de testes do SAE, como detalhado na [Seção 4.3.1.2](#). O objetivo desses testes foi verificar se o desenvolvimento atendeu ao funcionamento esperado para todas as histórias de usuário, testando diferentes fluxos e entradas das funcionalidades.

Para as histórias de usuário US19 e US20, foram realizados agendamentos em diferentes cenários para verificar o comportamento do sistema. Observou-se que a tela de mensagem informativa era exibida apenas quando o critério de quantidade mínima de questões não era atendido, garantindo a implementação e a apresentação correta dos botões, a partir da escolha feita pelo administrador do sistema. Na US21, verificou-se que todas as funcionalidades de gerenciamento estavam funcionando conforme esperado. Já a US22 foi testada e aprovada por meio da realização de múltiplos testes em diversos conteúdos, constatando-se que apenas questões pertencentes à categoria avaliativa eram exibidas.

Em relação à US23, inicialmente, o comportamento do sistema estava de acordo com o esperado: os testes avaliativos disponíveis para visualização e execução pelos alunos eram apenas aqueles agendados e não finalizados. Contudo, foi identificada uma falha, em que, caso o aluno abandonasse um teste, ele ainda poderia terminá-lo mesmo que acessasse o sistema fora do período de agendamento. Essa falha foi corrigida no ambiente de desenvolvimento local, e a história de usuário foi testada e validada no nível alfa após a implementação da correção, em que o usuário só pode continuar um teste avaliativo inacabado caso esteja no seu período de realização, sendo mantida a possibilidade do aluno retomar qualquer outro teste que deseje a qualquer momento, em seu período de vigência de sua disciplina/turma na instituição.

Por fim, a US24 foi validada no ambiente de testes do SAE para garantir que, ao finalizar um teste avaliativo, caso haja outro teste agendado dentro do período válido, o sistema sinalize ao aluno sobre a possibilidade de iniciar ou não o próximo teste, confirmado o funcionamento correto dessa funcionalidade e respeitando os limites de data e horário definidos pelo docente responsável.

## 4.4 Rebalanceamento e Frequência de Questões Aleatórias

Conforme mencionado na [Seção A.5](#), duas funcionalidades do SIAC foram identificadas como passíveis de investigação mais aprofundada: o processo de rebalanceamento dos parâmetros das questões e a frequência de aparição de uma questão aleatória não selecionada pelo cálculo da TRI durante a realização de um teste.

### 4.4.1 Rebalanceamento

No que diz respeito ao processo de rebalanceamento dos parâmetros das questões, foi conduzida uma análise detalhada da lógica atualmente implementada, com o objetivo de verificar a conformidade desse processo e a correta implementação dessa funcionalidade. Para o funcionamento adequado, é esperado que, quando houver uma solicitação

de rebalanceamento de questões de uma determinada disciplina, ocorra a redefinição do valor do parâmetro de discriminação dos itens que não estejam devidamente calibrados.

No SIAC, o parâmetro de discriminação varia dentro de um intervalo predefinido no sistema, conforme descrito na [Seção 2.3](#). Dessa forma, se o valor desse parâmetro em um item estiver acima do necessário para manter o equilíbrio e balanceamento desse item, o processo de rebalanceamento reduz esse valor em 0,4, respeitando a escala estabelecida pelo sistema. Por outro lado, se o valor desse parâmetro em um item estiver abaixo do nível requerido para garantir o ajuste adequado, o rebalanceamento promove um aumento de 0,4 nesse valor, também dentro da escala definida.

Contudo, constatou-se que o processo apresentava falhas em seu funcionamento. Quando o rebalanceamento de questões de uma determinada disciplina era solicitado e havia itens descalibrados, essa calibragem estava sendo efetuada de forma incorreta, alterando erroneamente os parâmetros das questões que passavam por esse processo. Além disso, verificou-se que a identificação de itens descalibrados não estava sendo realizada de maneira eficiente, resultando em um alto custo de processamento.

Ademais, foi identificado que o parâmetro de dificuldade TRI estava sendo recalculado no processo de calibragem dos parâmetros. No entanto, devido à evolução da TRI no SAE, o parâmetro de dificuldade TRI tornou-se diretamente relacionado ao tipo de questão e, por esse motivo, não deve sofrer alterações. O SAE possui ainda um outro parâmetro, denominado dificuldade, que é utilizado pelo módulo BDQ. Esse outro parâmetro, que não é usado pelo SIAC, permaneceu inalterado.

Dessa forma, com o objetivo de corrigir essas inconsistências e aprimorar o processo, foram implementadas as devidas correções. Essas alterações, além de garantir o funcionamento correto do processo de rebalanceamento, também reduziu significativamente o esforço de processamento, devido à otimização aplicada ao mecanismo de busca e ajuste dos itens com parâmetros descalibrados.

#### 4.4.2 Frequência de Questões Aleatórias

Para compreender a frequência com que uma questão aleatória, não selecionada pelo cálculo da TRI, aparece durante a realização de um teste na implementação do SIAC, foi realizada inicialmente uma análise do processo de execução de um teste, com ênfase na parte de seleção das questões a serem apresentadas pelo sistema a um aluno realizando um teste. A [Figura 30](#) apresenta, de forma visual, o fluxo de realização de um teste e o processo seguido pelo sistema para escolher as questões que o aluno responderá no teste com base nas definições da TRI e na proposta original do SIAC.

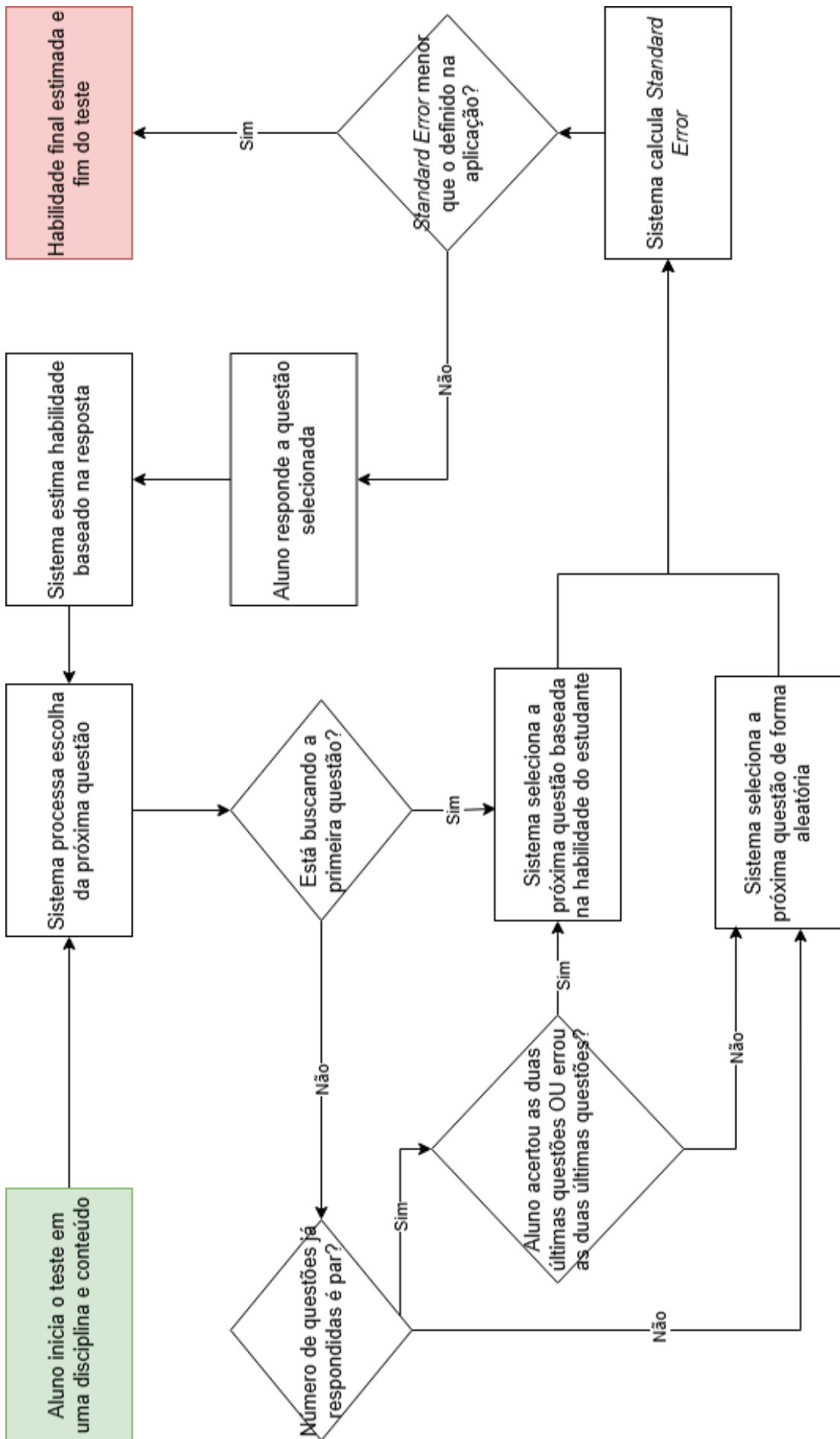


Figura 30 – Fluxo de realização de um teste, com ênfase na seleção de questões.

Quando o aluno inicia um teste em uma disciplina e conteúdo específicos, o sistema inicia o processo de seleção da primeira questão. Nesse momento, a escolha é baseada na habilidade previamente estimada ou escolhida pelo aluno, a fim de apresentar uma questão inicial condizente com seu nível de conhecimento.

Contudo, para as questões subsequentes, o sistema segue uma série de regras definidas, em que, caso o número de questões já respondidas seja ímpar, o sistema seleciona a próxima questão de forma aleatória, sem considerar a habilidade do aluno diretamente. Caso o número seja par, o sistema avalia o desempenho do aluno nas duas últimas questões respondidas:

- Se o aluno **acertou** ou **errou** ambas, a próxima questão será selecionada com base na habilidade estimada;
- Se não, a seleção da próxima questão será feita **aleatoriamente** quanto à combinação de seus **parâmetros**.

Após cada resposta, o sistema calcula o erro padrão (*Standard Error*) do teste para definir se ele é menor que o valor definido pela instituição. Caso o erro padrão seja inferior ao estipulado, o teste será encerrado e a habilidade final do aluno será estimada. Caso contrário, o sistema apresenta a próxima questão e o processo se repete.

Sendo assim, esse fluxo permite compreender como as questões com parâmetros aleatórios são selecionadas em um teste atualmente, a fim de procurar aproximar mais rapidamente o aluno respondente da sua habilidade real na apuração efetuada pela TRI. No entanto, para aprimorar essa funcionalidade, por meio da implementação de uma configuração que permita ao administrador de uma instituição definir a frequência com que esta seleção de questões com parâmetros aleatórios apareça em um teste, é demandada uma análise mais aprofundada das regras de seleção de questões, sem comprometer as apurações da TRI por parte do SIAC, assim como na apuração da habilidade de cada aluno e nos ajustes e impactos específicos desse aprimoramento que tornaria o sistema mais flexível aos interesses de cada instituição.

O esforço para este aprimoramento traria benefícios significativos ao SIAC, permitindo maior personalização na gestão e aplicação dos testes, mas que, por sua complexidade, demanda de mais pesquisas e estudos específicos ao potencial da TRI com ML4P empregado por este sistema. No entanto, não se trata do objetivo deste trabalho, que está contribuindo nesta alternativa interessante para uma nova evolução do SIAC como um novo trabalho futuro.

## 4.5 Lista de Respostas de uma Questão no SIAC

O desenvolvimento do épico 2, como evidenciado na [Seção 4.3.2](#), introduziu relatórios interessantes ao apoio pedagógico com informações visuais que proporcionaram uma análise detalhada do desempenho nos testes realizados no SIAC durante o período letivo corrente em diferentes níveis.

No entanto, observou-se uma lacuna no sistema no que diz respeito à apresentação de dados das respostas às questões, sem considerar restrições como período letivo ou turma. Sendo assim, com o objetivo de oferecer ao docente uma análise detalhada de como os alunos estão respondendo a uma questão específica, foi implementado uma nova funcionalidade que exibe a lista das respostas dadas pelos alunos aos itens (questões) cadastrados no sistema.

Para acessar essa nova funcionalidade, é necessário acessar o módulo de Questões e selecionar a opção lateral "Teste" e sua subopção "Itens", com o perfil de Professor, como mostrado na [Figura 31](#).

Figura 31 – Recorte da tela que apresenta a subopção "Itens" no submenu "Teste".



Fonte: Adaptado do SAE.

Após o professor selecionar a nova opção "Itens", será exibida uma tela de pesquisa que permite ao docente buscar itens (questões) por enunciado, tipo, disciplina e conteúdo, sendo o campo de disciplina o único de preenchimento obrigatório. Essa tela é apresentada na [Figura 32](#).

Figura 32 – Tela da inovação na pesquisa de itens no SAE.



Fonte: Adaptado do SAE.

Ao selecionar o botão "Pesquisar", após preencher os campos desejados, são apresentadas todas as questões encontradas no sistema com base nos critérios de pesquisa definidos pelo usuário, como mostrado na [Figura 33](#).

Figura 33 – Recorte da tela que apresenta a lista de questões baseada nos critérios do usuário.

| # | Disciplina                          | Conteúdo   | Professor                | Enunciado  | Tipo             | Situação   |  |  |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------|--|------------------|------------|--|--|
| 1 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Programação no Servidor de Banco de Dados                | Roberto Carlos (docente) | É necessário fazer uma programação usando <b>stored procedure</b> no servidor de banco de dados quando um SELECT precisar apresentar um valor constante em cada tupla que for recuperada e apresentada ao usuário.   | V ou F           | Habilitada |  |  |
| 2 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Programação no Servidor de Banco de Dados                | Roberto Carlos (docente) | É possível acionar diretamente um <b>procedimento</b> implementado no MySQL como uma <b>Stored Procedure</b> através do comando CALL.  | V ou F           | Habilitada |  |  |
| 3 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Programação no Servidor de Banco de Dados                | Roberto Carlos (docente) | É possível acionar diretamente uma <b>função</b> implementada no MySQL como uma <b>Stored Procedure</b> através do comando CALL.   | V ou F           | Habilitada |  |  |
| 4 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Visões (view)  | Roberto Carlos (docente) | A instrução que cria uma VIEW em SQL é classificada como?  | Múltipla-Escolha | Habilitada |  |  |
| 5 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Estratégias e Modelagens Alternativas em Bancos de Dados | Roberto Carlos (docente) | As opções abaixo referem-se às características de um <b>Data Mart</b> , exceto? Selecione a opção ou opções que <b>NÃO</b> corresponda a uma afirmativa correta sobre <b>Data Mart</b> .   | Escolha-Múltipla | Habilitada |  |  |
| 6 | SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 | Administração dos Dados                                  | Roberto Carlos (docente) | A <b>administração de dados</b> no nível de <b>SISTEMA</b> cuida de todos os assuntos relacionados ao gerenciamento da tecnologia de banco de dados usada pela empresa ou organização, sendo responsável por manter o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) sempre funcionando e disponível para acesso de seus usuários. | V ou F           | Habilitada |  |  |

Fonte: Adaptado do SAE.

No desenvolvimento dessa funcionalidade, foi adicionada uma nova ação, representada pelo ícone preto e branco de papel e lápis, à direita do ícone de seta horizontal verde. Ao selecioná-la para um item específico, o professor é direcionado para a tela de

detalhamento dessa questão, que apresenta seus dados e informações, como apresenta a [Figura 34](#).

Figura 34 – Tela que apresenta os dados da questão selecionada.

**Respostas do Item**

**Dados do Item**

**Enunciado:** O processo de **Recuperação a falhas** do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) **NÃO** corresponde a uma **TRANSAÇÃO** quando executado pelo SGBD.

**Tipo de questão:** Verdadeiro ou Falso

**V ou F:** **Resposta correta:**  V  F **Comentário para acerto:** Certo

**Dificuldade:** Difícil **Categoria:** Revisão **Tempo:** 60 segundo(s) **Disciplina:** SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2 **Conteúdo:** Projeto Lógico de Banco de Dados (revisão)

**Comentário para erro:** Erro. Transação consiste em todas as operações executadas a partir do começo até o seu final.

Fonte: Adaptado do SAE.

Nessa tela de detalhamento de uma questão específica, caso haja respostas para essa questão, são apresentadas a quantidade total de respostas, a quantidade de respostas certas e a quantidade de erradas. Além disso, cada resposta é detalhada, exibindo o nome do aluno respondente, a data de resolução, a resposta fornecida, o tempo de resposta (em segundos), a origem (teste avaliativo ou não) e a correção da resposta. Esse detalhamento é apresentado na [Figura 35](#). Caso a questão selecionada não tenha recebido nenhuma resposta, é exibida uma mensagem informativa, como mostrado na [Figura 36](#).

Figura 35 – Tela que apresenta as respostas da questão selecionada.

**Total de Respostas**

**Quantidade de respostas:** 4 **Quantidade de respostas certas:** 3 **Quantidade de respostas erradas:** 1

**Respostas**

|   | Nome                    | Data       | Resposta | Tempo Resposta (seg) | Origem         | Correção                            |
|---|-------------------------|------------|----------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | Mario Cesar Tito        | 02/04/2024 | F        | 29                   | Não Avaliativa | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | Alberlinda Silva Bosque | 28/11/2024 | F        | 4                    | Não Avaliativa | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Ana Maria Isabel        | 27/10/2024 | F        | 45                   | Não Avaliativa | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Thiago Loudovico Ramos  | 29/10/2024 | V        | 61                   | Avaliativa     | <input checked="" type="checkbox"/> |

Fonte: Adaptado do SAE.

Figura 36 – Tela que apresenta uma questão sem resposta.

**Respostas do Item**

**Dados do Item:**

**Enunciado:** É necessário fazer uma programação usando **stored procedure** no servidor de banco de dados quando um SELECT precisar apresentar um valor constante em cada tupla que for recuperada e apresentada ao usuário.

**Tipo de questão:** Verdadeiro ou Falso

**V ou F:** Resposta correta:  V  F

**Comentário para acerto:** Certo

**Comentário para erro:** Erro. Não é necessária a programação, mas a especificação da constante no próprio SELECT.

**Dificuldade:** Fácil

**Categoria:** Fixação

**Tempo:** 60 segundo(s)

**Disciplina:** SBD2 - Sistemas de Banco de Dados 2

**Conteúdo:** Programação no Servidor de Banco de Dados

**Esse item não recebeu nenhuma resposta!**

Fonte: Adaptado do SAE.

Desse modo, conclui-se que as melhorias proporcionadas pela implementação dessa nova funcionalidade trazem como resultado uma melhor gestão do SIAC no que se refere ao detalhamento de respostas a um item específico disponível no sistema. Essa funcionalidade centraliza dados sobre as respostas de uma questão específica, desconsiderando variáveis como ano, semestre ou turma, por exemplo, oferecendo diversas vantagens às possíveis análises dos professores e até do diretor ou coordenador de um curso que utiliza o sistema como recurso de apoio educacional.

Ao agregar dados de diferentes turmas e períodos letivos, torna-se possível ao professor identificar aspectos educacionais diferentes em cada aluno, por meio da análise aprofundada oferecida sobre o desempenho de cada item em si. Assim, a identificação de possíveis pontos de dificuldade dos estudantes nos conteúdos pode se tornar mais assertiva, viabilizando o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes, além da proposta de ações mais condizentes com a realidade da aprendizagem de cada um e na elaboração de itens específicos que contribuam com a superação de determinadas dificuldades no nível da disciplina, da turma, do conteúdo e do próprio aluno.

Essa nova funcionalidade integrada ao sistema apresenta informações quantitativas sobre acertos e erros de um item específico, trazendo economia de tempo e de esforço para o professor na obtenção desses dados, além de gerar reflexões interessantes na elaboração de novos itens mais sintonizados com a realidade apurada por meio desta nova pesquisa por item.

Portanto, essa nova funcionalidade implementada agrupa valor ao sistema, centralizando as informações das respostas às questões e proporcionando uma visão abrangente do aprendizado, contribuindo para a melhoria contínua do processo de ensino-aprendizagem

personalizado.



# 5 Considerações Finais

Este capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho desenvolvido, destacando os resultados alcançados e sua relevância no contexto do objetivo proposto. Além disso, são sugeridos trabalhos futuros passíveis de serem desenvolvidos a partir deste.

## 5.1 Conclusões

Inicialmente, foi realizada a pesquisa bibliográfica que possibilitou a compreensão do funcionamento da TRI e como ela poderia ser alinhada a Testes Adaptativos Informatizados, fundamentos essenciais para o funcionamento do SIAC. Em sequência, foram realizados testes de cenário para entender o funcionamento do sistema e identificar, com maior segurança, pontos que poderiam ser aprimorados, levando em conta as principais funcionalidades do módulo SIAC. Assim, conforme explorado no [Capítulo 3](#), as evoluções propostas pelo trabalho envolveram melhor organização e visualização dos dados já armazenados pelo sistema, além de elementos de gestão que visam aprimorar a experiência de uso para diferentes perfis de usuário.

Dessa forma, o objetivo principal do trabalho, descrito na [Seção 1.4.1](#), foi o desenvolvimento de uma camada de gestão para o SIAC, módulo de testes do Sistema Tutor Inteligente SAE. A partir da compreensão das melhorias identificadas pelos testes de cenário em histórias de usuário, a implementação de melhorias que promovem esta camada foi detalhada. Assim, foram desenvolvidas funcionalidades que trazem melhores visualizações de dados relacionados aos testes aplicados no SAE com o uso da TRI, tanto para o perfil do professor, quanto para o do aluno. Ademais, foram implementadas ferramentas que podem possibilitar uma gestão mais eficiente da aplicação de testes avaliativos, proporcionando uma experiência contínua e personalizada para os diferentes usuários do SIAC.

Durante a realização do trabalho, diversos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Software foram fundamentais para sua execução. A elicitação de requisitos foi essencial para descrever tecnicamente as melhorias a serem implementadas, enquanto os métodos de desenvolvimento de software possibilitaram a aplicação de metodologias ágeis, facilitando o planejamento iterativo. A gerência de configuração e evolução de software garantiu o controle eficiente do versionamento de código e os conhecimentos em arquitetura e desenho de software foram aplicados para entender o funcionamento do SAE e desenvolver novas funcionalidades respeitando a arquitetura existente. O domínio de banco de dados foi importante para o correto armazenamento e controle de informações, assegurando a integridade dos dados. Esses processos, entre outros, demandaram a

revisão e o aprendizado contínuo de múltiplas áreas do conhecimento, a fim de concluir a entrega final do projeto.

A fim de garantir o funcionamento adequado das funcionalidades, testes foram realizados em diferentes ambientes. No ambiente ambiente de desenvolvimento local, o foco foi em testes unitários, para verificar a conformidade do código em menor unidade. Em seguida, no ambiente de testes do SAE foram realizados testes em nível alfa, simulando o ambiente de produção, em que foi possível validar o funcionamento da camada de gestão implementada, buscando a homologação. Testes posteriores serão realizados em ambientes de produção (nível beta), com maior volume de dados e usuários, a fim de permitir a integração completa da camada ao sistema.

O desenvolvimento deste trabalho enfrentou desafios que resultaram em algumas limitações. Como se tratava de melhorias em um software já existente, foi necessário um período inicial para que a equipe de desenvolvimento compreendesse e se adequasse aos padrões de desenvolvimento do sistema, o que reduziu o tempo disponível para a implementação das funcionalidades. Além disso, a realização do projeto durante o calendário letivo impossibilitou a execução de testes com usuários finais, limitando a obtenção de *feedbacks* mais realistas sobre o impacto das funcionalidades no contexto educacional.

Apesar das limitações, conclui-se que os objetivos definidos foram atingidos com sucesso. As funcionalidades implementadas oferecem aos usuários do SAE mais recursos e dados para tomadas de decisões relacionadas ao processo educacional, possibilitando ações de ensino mais condizentes com as necessidades de um estudante ou um grupo, favorecendo a obtenção da aprendizagem desejada. Ademais, as funcionalidades de gestão tornaram a aplicação da TRI e de TAIs mais ajustadas à realidade de cada estudante, ao mesmo tempo em que permitem ao professor um acompanhamento detalhado e em tempo real das habilidades de cada aprendiz.

Com isso, é possível dizer que os benefícios incrementados ao processo educacional tornam o SIAC uma ferramenta de apoio ao sucesso de uma educação de qualidade, já que os seus principais atores (docente e discente) poderão ser mais ativos na busca do que desejam em suas responsabilidades no processo educacional.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo principal o aprimoramento do módulo de Testes do SAE, incorporando melhorias e novas funcionalidades no seu escopo. No entanto, identificou-se que o sistema ainda é passível de evoluções futuras, que ofereceriam uma experiência cada vez mais eficiente e condizente com a necessidade dos usuários. Esses trabalhos futuros não apenas melhorariam a validação do que foi realizado no projeto, mas também aprimorariam a gestão e a experiência do SIAC. Dessa forma, nessa seção

são listados alguns trabalhos futuros possíveis de serem implementados:

- **Participação de usuários na avaliação das funcionalidades desenvolvidas:** Todas as funcionalidades propostas e implementadas ao longo do projeto foram testadas e validadas pelos desenvolvedores em ambientes locais e de testes controlados. No entanto, uma etapa fundamental ainda a ser realizada é a inclusão de usuários reais no processo de avaliação das funcionalidades. A realização desses testes com usuários finais permitirá obter *feedbacks* mais precisos e realistas sobre a usabilidade da camada de gestão e melhorias implementadas em um contexto prático. Essa etapa será crucial para identificar possíveis ajustes e melhorias, além de validar o impacto das funcionalidades no ambiente educacional, garantindo que o software atenda de forma eficaz às necessidades dos usuários.
- **Gerenciamento da frequência de questões aleatórias apresentadas em um teste:** Um dos cenários futuros explorados neste trabalho foi a investigação da frequência com que uma questão aleatória, não selecionada pelas regras da TRI, aparece durante a realização de um teste. Durante a análise, foi possível obter uma compreensão inicial sobre o funcionamento dessa funcionalidade no contexto atual do SIAC. No entanto, devido à necessidade de um estudo mais aprofundado, o desenvolvimento dessa funcionalidade não foi realizado dentro do escopo deste trabalho. Assim, a melhoria no gerenciamento da escolha de questões pelo sistema, especialmente no que diz respeito à apresentação de questões aleatórias, representa um potencial trabalho futuro. Essa evolução possibilitaria maior personalização e flexibilidade ao sistema, permitindo aos administradores configurarem a frequência dessas questões de acordo com sua necessidade.



## Referências

- AHMAD, J. M. M. O.; OIVO, M. Kanban in software development: A systematic literature review. Finland, p. 9, 2014. Citado na página 58.
- AKERKAR, R. A.; SAJJA, P. S. Knowledge-based systems. Sudbury, MA, United States of America, p. 354, 2009. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=mQZnd4zmZsoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=knowledge+based+systems&ots=SK5ic33dpb&sig=psn7PJoHffyjw65UmXM4\\_8YC3YU#v=onepage&q=knowledge%20based%20systems&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=mQZnd4zmZsoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=knowledge+based+systems&ots=SK5ic33dpb&sig=psn7PJoHffyjw65UmXM4_8YC3YU#v=onepage&q=knowledge%20based%20systems&f=false)>. Citado na página 22.
- AL-SAQQQA, H. A.-N. S.; SAWALHA, S. Agile software development: Methodologies and trends. p. 26, 2020. Citado na página 56.
- ALAVARSE, O. M.; MELO, W. C. Avaliação educacional e testes adaptativos informatizados (tai): Desafios presentes e futuros. São Paulo, Brasil, p. 10, 2013. Disponível em: <<https://www.cgi.br/media/docs/publicacoes/2/tic-educacao-2012.pdf#page=105>>. Citado 4 vezes nas páginas 38, 39, 40 e 41.
- ANDRADE, D. F. Comparando desempenhos de grupos de alunos por intermédio da teoria de resposta ao item. São Paulo, SP, Brasil, p. 38, 2001. Disponível em: <<https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/2207/2163>>. Citado 4 vezes nas páginas 22, 27, 28 e 34.
- ANDRADE, D. F.; JUSTINO, G. Software para avaliação de aprendizagem utilizando a teoria da resposta ao item. Florianópolis, SC, Brasil, p. 8, 2007. Disponível em: <<http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/wie/article/viewFile/954/940>>. Citado 4 vezes nas páginas 22, 27, 28 e 31.
- ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. Teoria da resposta ao item: Conceitos e aplicações. Brasil, p. 154, 2000. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~niveam/micro%20da%20sala/bom/LivroTRI.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 30.
- ANDRADE, R. G.; FERREIRA, C. P.; GUIMARÃES, W. S. Siac – sistema inteligente de avaliação do conhecimento – sae módulo testes. Brasília, DF, Brasil, p. 94, 2011. Citado 9 vezes nas páginas 23, 30, 31, 38, 39, 45, 46, 47 e 48.
- BAKER, F. B. The basics of item response theory. WI, United States of America, p. 172, 2001. Disponível em: <[https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/Baker\\_Book.pdf](https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/Baker_Book.pdf)>. Citado 10 vezes nas páginas 22, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 37 e 38.
- BIRNBAUM, A. Some latent trait models and their use in inferring an examinee's ability. United States of America, 1968. Citado na página 30.
- BOCK, R. D.; ZIMOWSKI, M. F. Handbook of modern item response theory. New York, NY, United States of America, 1997. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-2691-6\\_25](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-2691-6_25)>. Citado na página 30.
- CAETANO, L. M. D. Tecnologia e educação: quais os desafios? Pau dos Ferros, RN, Brasil, p. 15, 2015. Disponível em: <[https://periodicos.ufsm.br/reveducacao/article/view/17446/pdf\\_2](https://periodicos.ufsm.br/reveducacao/article/view/17446/pdf_2)>. Citado na página 21.

- COLOMBO, S. S. Gestão educacional: Uma nova visão. Porto Alegre, RS, Brasil, p. 262, 2004. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Yjd8TbZAKVwC&oi=fnd&pg=PR5&dq=gest%C3%A3o+academica&ots=8C0NLsT\\_aS&sig=PbpZrnp6VLV-9nEtXVAEsvc1OL8#v=onepage&q=gest%C3%A3o%20academica&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Yjd8TbZAKVwC&oi=fnd&pg=PR5&dq=gest%C3%A3o+academica&ots=8C0NLsT_aS&sig=PbpZrnp6VLV-9nEtXVAEsvc1OL8#v=onepage&q=gest%C3%A3o%20academica&f=false)>. Citado na página 24.
- CONEJO, R. et al. Modelado del alumno: un enfoque bayesiano. Valência, Espanha, p. 10, 2001. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/925/92551206.pdf>>. Citado na página 39.
- COSTA, S. T. S. Teoria de resposta ao item aplicada no enem. Goiânia, Goiás, Brasil, p. 71, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tedeserver/api/core/bitstreams/f906119f-9100-4e93-a03d-95bd549bd502/content>>. Citado na página 30.
- CUEVAS, M. G.; GUERRERO, V. B.; RIVERA, F. H. V. The smart product backlog: A classification model of user stories. Cucuta, Colombia, 2024. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10714400>>. Citado na página 65.
- FILHO, R. C. M. F. Estratégia de elaboração de projetos de engenharia em sistema tutor inteligente. Porto Alegre, RS, Brasil, p. 191, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21366/000736283.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.
- FOUNDATION, E. *What Is Eclipse?* 2024. Disponível em: <<https://www.eclipse.org/home/whatis/>>. Citado na página 61.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre, RS, Brasil, p. 114, 2009. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang\\_pt&id=dRuzRyElzmkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=GERHARDT,+T.+E.%3B+SILVEIRA,+D.+T.&ots=94P7W\\_htNI&sig=FGwxkXa9xHyjKKKi\\_H4q2LtKuU8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=dRuzRyElzmkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=GERHARDT,+T.+E.%3B+SILVEIRA,+D.+T.&ots=94P7W_htNI&sig=FGwxkXa9xHyjKKKi_H4q2LtKuU8#v=onepage&q&f=false)>. Citado 3 vezes nas páginas 25, 51 e 52.
- GONÇALVES, J. P.; ALUISIO, S. M. Experimentos realizados com um teste adaptativo informatizado para o domínio do inglês instrumental. São Carlos, São Paulo, Brasil, p. 100, 2004. Disponível em: <[https://repositorio.usp.br/directbitstream/6d91c403-167d-4b95-b641-17cb55c56dec/BIBLIOTECA\\_113\\_RT\\_224.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/6d91c403-167d-4b95-b641-17cb55c56dec/BIBLIOTECA_113_RT_224.pdf)>. Citado na página 40.
- HAMMER, A. L.; HARVEY, R. J. Item response theory. VA, United States of America, p. 46, 1999. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0011000099273004>>. Citado 3 vezes nas páginas 22, 27 e 29.
- IBM. *What is Java?* 2024. Disponível em: <<https://www.ibm.com/topics/java>>. Citado na página 61.
- KANER, C. An introduction to scenario testing. p. 13, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 63.
- LONGO, H. E. R.; SILVA, M. P. A utilização de histórias de usuários no levantamento de requisitos Ágeis. Florianópolis, SC, Brasil, 2014. Citado na página 65.

LORD, F. A theory of test scores. Richmond, VA, United States of America, p. 93, 1952. Disponível em: <<https://www.psychometricsociety.org/sites/main/files/file-attachments/mn07.pdf?1576607452>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 29.

LORD, F. M.; NOVICK, M. R. Statistical theories of mental test scores. United States of America, p. 180, 1968. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=k\\_wnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Statistical+Theories+of+Mental+Test+Scores&ots=5UIcmD02O\\_&sig=Up5jOhcP1yBRSXt03UralAxYkkA#v=onepage&q=Statistical%20Theories%20of%20Mental%20Test%20Scores&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=k_wnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Statistical+Theories+of+Mental+Test+Scores&ots=5UIcmD02O_&sig=Up5jOhcP1yBRSXt03UralAxYkkA#v=onepage&q=Statistical%20Theories%20of%20Mental%20Test%20Scores&f=false)>. Citado na página 27.

LUCK, H. Gestão educacional: Uma questão paradigmática. Petrópolis, RJ, Brasil, p. 120, 2015. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9FovDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=gest%C3%A3o+educacional+uma+nova+vis%C3%A3o&ots=3m9M8MxEy1&sig=8X\\_tje4gQXGpARzH69ZWkYOTH\\_o#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9FovDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=gest%C3%A3o+educacional+uma+nova+vis%C3%A3o&ots=3m9M8MxEy1&sig=8X_tje4gQXGpARzH69ZWkYOTH_o#v=onepage&q&f=false)>. Citado na página 24.

MAHNIC, V. Agile software project management with scrum. p. 6, 2005. Citado na página 57.

MICROSOFT. *Microsoft Teams*. 2024. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-teams/group-chat-software>>. Citado na página 62.

MORESI, E. Metodologia de pesquisa. Brasília, DF, Brasil, p. 108, 2003. Disponível em: <[https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/34909124/MetodologiaPesquisa-Moresi2003-libre.pdf?1411907393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMetodologia\\_da\\_Pesquisa\\_PRO\\_REITORIA\\_DE.pdf&Expires=1716321782&Signature=VpDFFKr7THAh773Yk7Rze2sQZtuO4A8x~Fr3TpV4Uf6KuHYYxhTUJiAK4LFO8olyxb4ESs3KApc\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/34909124/MetodologiaPesquisa-Moresi2003-libre.pdf?1411907393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMetodologia_da_Pesquisa_PRO_REITORIA_DE.pdf&Expires=1716321782&Signature=VpDFFKr7THAh773Yk7Rze2sQZtuO4A8x~Fr3TpV4Uf6KuHYYxhTUJiAK4LFO8olyxb4ESs3KApc_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)>. Citado na página 52.

OLIVEIRA, D. L. O papel da escola na formação do cidadão: a construção da cidadania. Santa Maria, RS, Brasil, p. 70, 2006. Disponível em: <[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13187/TCCE\\_GE\\_2006\\_OLIVEIRA\\_DIONE.pdf](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13187/TCCE_GE_2006_OLIVEIRA_DIONE.pdf)>. Citado na página 21.

OPENAI. *ChatGPT*. 2024. Disponível em: <<https://www.chatgpt.com/>>. Citado na página 62.

ORACLE. *What is MySQL?* 2024. Disponível em: <<https://www.oracle.com/mysql/what-is-mysql/>>. Citado na página 62.

POZZEBON, E. Um modelo para suporte ao aprendizado em grupo em sistemas tutores inteligentes. Florianópolis, p. 144, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91924/257999.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Citado 4 vezes nas páginas 41, 42, 43 e 44.

RISSOLI, V. R. V. Uma proposta metodológica de acompanhamento personalizado para aprendizagem significativa apoiada por um assistente virtual de ensino inteligente. Porto Alegre, RS, Brasil, p. 224, 2007. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13751/000649538.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Citado 8 vezes nas páginas 22, 41, 42, 43, 44, 45, 61 e 62.

SAMEJIMA, F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. p. 100, 1969. Citado na página 30.

SANTOS, F. D.; GUEDES, L. G. R. Testes adaptativos informatizados baseados em teoria de resposta ao item utilizados em ambientes virtuais de aprendizagem. Goiás, Brasil, p. 8, 2005. Citado na página 38.

SCHER, V. T.; JUNIOR, F. J. M.; ANGELA, A. C. Uma aplicação da teoria da resposta ao item na avaliação do enade do curso de administração. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, p. 23, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/40196/pdf>>. Citado na página 30.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *The Scrum Guide*. 2020. 14 p. Disponível em: <<https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>>. Citado na página 57.

SEDANO, T.; RALPH, P.; PéRAIRE, C. The product backlog. Pittsburgh, PA, United States of America, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8812076>>. Citado na página 65.

SERZEDELLO, N. T. B.; TOMAEL, M. I. Produção tecnológica da universidade estadual de londrina (uel): Mapeamento da Área de ciências agrárias pela plataforma lattes. Curitiba, PR, Brasil, p. 37, 2011. Disponível em: <<https://core.ac.uk/reader/328077960>>. Citado na página 52.

SILVA, D. V. S.; SANTOS, F. A. O.; NETO, P. S. Os benefícios do uso de kanban na gerência de projetos de manutenção de software. Teresina, Piauí, Brasil, p. 11, 2012. Citado na página 58.

SOUSA, F. V. F. S. Software solatium®: Processo de enfermagem para o cuidado de conforto de pessoas com adoecimento cardiovascular. Fortaleza, Ceará, Brasil, p. 373, 2018. Disponível em: <<https://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=82418>>. Citado na página 51.

SOUZA, C. V.; SHIGUTI, W. A.; RISSOLI, V. R. V. Metodologia ativa para aprendizagem significativa com apoio de tecnologias inteligentes. 2013. Disponível em: <[https://sites.unifoa.edu.br/portal\\_ensino/mestrado/mecsma/arquivos/2019/artigos\\_ps/artigo13.pdf](https://sites.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/mecsma/arquivos/2019/artigos_ps/artigo13.pdf)>. Citado na página 44.

TEIXEIRA, J. M. R.; JUNIOR, N. N. P.; RHODEN, V. R. Sae-tri – integração do banco de questões ao módulo de teste no sistema de apoio educacional. Brasília, DF, Brasil, p. 117, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 46.

TRELLO. *O Trello facilita a gestão de projetos e tarefas para os times*. 2024. Disponível em: <<https://trello.com/tour>>. Citado 2 vezes nas páginas 59 e 61.

TUCKER, L. R. Maximum validity of a test with equivalent items. United States of America, p. 13, 1946. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02288894>>. Citado na página 29.

VIANNA, H. M. Avaliações nacionais em larga escala: análises e propostas. São Paulo, Brasil, p. 76, 2003. Citado na página 40.

WANG, T.; HANSON, B. A. Development and calibration of an itemresponse model that incorporatesresponse time. United States of America, p. 339, 2005. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/0146621605275984>>. Citado na página 32.



# Apêndices



# APÊNDICE A – Realização e Resultados dos Testes de Cenário

Neste apêndice são abordados todos os testes de cenário realizados neste trabalho, com o intuito de evidenciar os possíveis usuários de cada cenário e analisar seus interesses, expor os fluxos e comportamentos presentes no cenário em questão e assim realizar uma análise mais aprofundada da funcionalidade a ser averiguada/aprimorada.

## A.1 Teste de Cenário 1 - Quantidade Mínima de Questões Cadastradas para a Aplicação de uma Avaliação

### A.1.1 Realização do Teste de Cenário 1

Neste teste é levado em conta o cenário que, para o docente aplicar uma avaliação (teste ou exame em um conteúdo específico), é necessário que haja uma quantidade mínima de cada variação de questão, em relação ao tipo de questão, ao grau de dificuldade e ao grau de discriminação. O cenário foi desenvolvido para um possível usuário, que neste caso é o professor da disciplina em destaque, pois ele é o responsável pelo cadastro de questões e pela aplicação de avaliações no SIAC.

Este cenário ilustra uma situação real de uso do sistema, em que o docente tem como objetivo analisar a quantidade de questões cadastradas e sua variação coerente entre os parâmetros exigidos pela TRI na ML4P, para assegurar que a avaliação seja equilibrada e eficaz na medição do grau de conhecimento momentâneo do estudante no conteúdo do teste em foco, de maneira ótima. Sendo assim, o objetivo deste teste de cenário é explorar como o SIAC apoia o docente nesta importante tarefa.

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema e do fluxo de execução, segue o passo a passo realizado durante a execução do teste:

1. Realizar o *login* no SAE com o perfil Professor;
2. Acessar o módulo "Questões", presente no menu central do sistema;
3. Acessar a categoria "Teste", presente no menu lateral do sistema;
4. Acessar a subcategoria "Análise", presente no menu lateral do sistema, tendo "Teste" como categoria superior;

5. Acessar pelo ícone "+"(em verde) presente à direita da disciplina desejada, a fim de emitir uma lista com os conteúdos da disciplina selecionada;
6. Acessar pelo ícone "+"(em verde) em nova janela à direita do conteúdo desejado, a fim de emitir um relatório que contém o total de questões do conteúdo em foco e a quantidade de questões criadas por cada professor;
7. Acessar pelo ícone "+"(em verde) presente em outra janela à direita do item desejado ("Total de Questões do conteúdo"ou "Quantidade de questões criadas"por cada docente da disciplina), a fim de emitir um relatório detalhado que contém o total de questões do conteúdo, filtrado pelo tipo de questão e grau de discriminação de todo o conteúdo selecionado ou a quantidade deste conteúdo criada pelo docente selecionado.

A [Figura 37](#) apresenta o recorte da tela exibida ao realizar os passos citados com a escolha do "Total de Questões do conteúdo".

Figura 37 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 1.

| <b>Tipo de Questão</b>  | <b>Chute</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Discriminação</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Ações</b> |
|-------------------------|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| <b>V ou F</b>           | <b>50%</b>   | <b>9</b>          | Pouquíssimo          | <b>6</b>          |              |
|                         |              |                   | Pouco                | <b>1</b>          |              |
|                         |              |                   | Muito                | <b>2</b>          |              |
|                         |              |                   | Muitíssimo           | <b>0</b>          |              |
| <b>Múltipla-Escolha</b> | <b>25%</b>   | <b>8</b>          | Pouquíssimo          | <b>3</b>          |              |
|                         |              |                   | Pouco                | <b>4</b>          |              |
|                         |              |                   | Muito                | <b>1</b>          |              |
|                         |              |                   | Muitíssimo           | <b>0</b>          |              |
| <b>Escolha-Múltipla</b> | <b>6%</b>    | <b>10</b>         | Pouquíssimo          | <b>6</b>          |              |
|                         |              |                   | Pouco                | <b>1</b>          |              |
|                         |              |                   | Muito                | <b>3</b>          |              |
|                         |              |                   | Muitíssimo           | <b>0</b>          |              |
| <b>Lacunas</b>          | <b>0%</b>    | <b>0</b>          | Pouquíssimo          | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Pouco                | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Muito                | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Muitíssimo           | <b>0</b>          |              |
| <b>Aberta</b>           | <b>0%</b>    | <b>0</b>          | Pouquíssimo          | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Pouco                | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Muito                | <b>0</b>          |              |
|                         |              |                   | Muitíssimo           | <b>0</b>          |              |

Fonte: Adaptado do SAE.

Vale ressaltar que na situação de exemplo foi utilizada a disciplina "SBD1 - Sistemas de Banco de Dados 1"no conteúdo "Linguagem SQL"em uma das servidoras de teste do SAE, além de ter sido escolhida a opção "Total de Questões do conteúdo".

### A.1.2 Resultado do Teste de Cenário 1

A partir do teste de cenário realizado na [Seção A.1.1](#), referente à visualização da quantidade mínima de questões cadastradas para a aplicação de uma avaliação, foi averi-

guado que existem pontos de melhoria a serem desenvolvidos, e que, quando realizados e agregados ao sistema, contribuiriam positivamente com o SIAC no apoio ao docente para preparar o ambiente de testes avaliativos aos estudantes com a quantidade de questões coerentes ao sucesso da aplicação do teste.

De acordo com a [Figura 37](#), conclui-se que o SIAC apresenta a quantidade de questões disponíveis classificadas pelo tipo de questão e pelo grau de discriminação. Embora essa classificação retorne dados relevantes e importantes, a adição do grau de dificuldade na filtragem de questões pode agregar valor ao sistema e se tornar pertinente em relação às necessidades do usuário afetado, que, neste caso, é o(a) professor(a) responsável pela disciplina em foco, aumentando a capacidade do docente de aplicar avaliações mais equilibradas e eficientes, já que, por conta da TRI, o grau de dificuldade também é um fator significativo para escolha de item para o estudante.

Além disso, ainda segundo a [Figura 37](#), observa-se que o SIAC apenas exibe a quantidade mínima esperada de cada tipo de questão. Embora essa abordagem informativa esteja explicitada, ela pode não ser suficientemente prática para o usuário. Dessa forma, o acréscimo de um alerta, para quando o professor desejar aplicar uma avaliação e a quantidade de questões disponível não atender aos critérios ideais, torna-se pertinente. Ademais, a disponibilização nesta tela da quantidade de questões do parâmetro categoria obtido do(a) professor(a) quando cadastra uma questão é fundamental ao docente, que poderá preparar o sistema para um momento de avaliação em uma disciplina ou turma específica dessa disciplina, sendo relevante que tal tela informe ao docente se o módulo SIAC estaria apto no momento para realizar uma avaliação diante da quantidade de questões disponíveis nas diferentes opções do parâmetro categoria do SAE (Fixação, Revisão e Avaliativa).

## A.2 Teste de Cenário 2 - Visualização do Resultado de um Teste

### A.2.1 Realização do Teste de Cenário 2

O cenário deste teste é o de visualização do resultado de um teste após o fim de sua execução, que mostraria as questões certas e erradas respondidas pelo estudante. Este cenário é de relevância tanto para professores, quanto para discentes usuários do sistema. O professor pode ter como objetivo analisar os resultados dos testes dos estudantes, a fim de entender como estão seus desempenhos nos conteúdos em que realizaram avaliações e, consequentemente, tomar decisões no seu processo de ensino-aprendizagem em relação a estudantes em específico, a grupos de estudantes ou mesmo em relação à turma como um todo. Por outro lado, o estudante pode buscar pelo resultado do seu teste para, por exemplo, buscar estudar um pouco mais acerca das questões que errou e, assim, aprimorar sua habilidade em um conteúdo ou confirmar a sua assimilação satisfatória e prosseguir

nos estudos dos novos conteúdos e conceitos que compõem uma disciplina.

O fluxo da execução do teste pelo perfil de professor se deu pelos passos a seguir:

1. Realizar o *login* no SAE com o perfil Professor;
2. Acessar o módulo "Questões", presente no menu central do sistema;
3. Acessar a categoria "Teste", presente no menu lateral do sistema;
4. Acessar a subcategoria "Aluno", presente no menu lateral do sistema, tendo "Teste" como categoria superior;
5. Acessar pelo ícone "+"(em verde) presente à direita da disciplina desejada, a fim de emitir uma lista com as turmas da disciplina selecionada;
6. Acessar pelo ícone "+"em verde e à direita da turma desejada, a fim de emitir uma lista com todos os estudantes da turma e a possibilidade de acessar seus testes ou não (apenas é possível para aqueles que já fizeram ao menos 1 teste);
7. Acessar pelo ícone "+"em verde e presente à direita do estudante com teste disponível (na cor verde, indicando que existe algum teste realizado), a fim de exibir a lista de testes realizados por esse estudante (ícone com cor diferente de verde indica que o estudante ainda não realizou nenhum teste naquele conteúdo pesquisado);
8. Acessar o "Teste"(ícone de engrenagem ao lado esquerdo) na coluna "Ver", a fim de visualizar o relatório deste teste respondido pelo estudante;
9. Acessar o "Teste"(ícone de engrenagem ao lado esquerdo) na coluna "Detalhar", a fim de visualizar o resultado do teste do estudante, isto é, uma lista com as questões certas e uma outra lista com as questões erradas respondidas por ele.

Já para um estudante, o fluxo é o seguinte:

1. Realizar o *login* no SAE com o perfil Aluno;
2. Acessar o módulo "Questões", presente no menu central do sistema (esfera Questões);
3. Acessar a categoria "Teste", presente no menu lateral do sistema;
4. Preencher, caso desejado, a disciplina e o conteúdo que deseja filtrar o teste e clicar no botão "Pesquisar";
5. Acessar o botão de "seta para a direita"em verde e presente à direita do teste que se deseja visualizar os resultados, a fim de visualizar o relatório deste teste respondido pelo próprio estudante conectado no sistema;

6. Acessar o "Teste" clicando no ícone de engrenagem do lado esquerdo na coluna "Detalhar", a fim de visualizar o resultado do teste, isto é, uma lista das questões certas e outra lista com as questões erradas respondidas.

Ao realizar os passos citados, a tela apresentada pelo sistema acerca da visualização do resultado do teste é similar aos dois perfis, possível de ser vista na [Figura 38](#).

Figura 38 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 2 com o perfil de professor.

Fonte: Adaptado do SAE.

### A.2.2 Resultado do Teste de Cenário 2

O teste de cenário 2, realizado na [Seção A.2.1](#), demonstra como a visualização dos resultados do teste é apresentada ao aluno e ao professor através de uma tela com listas das questões certas e erradas respondidas em um teste específico. Com base nessa observação, podem ser feitas melhorias nessa funcionalidade, a fim de aprimorar a experiência letiva dos professores e as análises de assimilação dos alunos.

A implementação de gráficos pedagógicos e estratégicos ao professor, detalhando o desempenho da turma e dos alunos individualmente, pode aprimorar a análise que o docente faz da performance e do esforço de seus estudantes. Além disso, com a apresentação visual de resultados, o professor também é capaz de tomar ações e decisões em seu processo de ensino, baseando-se em dados concretos, além da apresentação de todos os dados cadastrais relacionados a cada questão apresentada entre as certas e erradas. Assim, para o estudante, esta representação gráfica acerca de seus resultados auxiliaria no seu aprendizado, já que é possível compreender de forma mais intuitiva acerca de seus erros e acertos, podendo planejar melhor seus caminhos momentâneos de estudo. Os detalhes cadastrais de cada questão não seriam apresentados aos estudantes, mas a indicação de

erros e acertos contribuiriam com esse melhor planejamento de estudo em cada conteúdo que compõe a disciplina em questão.

## A.3 Teste de Cenário 3 - Realização de um Teste no SIAC

### A.3.1 Realização do Teste de Cenário 3

Neste teste é levado em conta o cenário que, para o estudante realizar um teste, é necessário que seja possível este aprendiz iniciar um novo teste, realizar as questões do conteúdo abordado e possuir a possibilidade de interrupção do exame sob análise, para que seja continuado em um momento posterior. O cenário é desenvolvido para um possível usuário, que neste caso é o estudante cadastrado na disciplina em foco que pretende realizar um teste em algum conteúdo dessa disciplina, pois ele é o responsável por responder os itens (questões) do teste.

Este cenário ilustra uma situação real de uso do sistema, em que o aprendiz tem como objetivo obter o seu nível de habilidade após a realização de um exame, que, como citado na [Seção 2.1.3.1](#), varia de -3 a +3 pela TRI, no conteúdo desejado por ele. Para atingir esse objetivo, o estudante tem que realizar os itens até que o seu coeficiente de habilidade seja estimado e o teste seja encerrado. No entanto, caso o sistema não encontre questões compatíveis com o grau de conhecimento do aprendiz no momento em foco, a execução do teste também é finalizada. Sendo assim, os objetivos deste teste de cenário são explorar como o SIAC disponibiliza a realização de um teste para um estudante, a possibilidade de interrupção e continuidade deste teste e como o grau de conhecimento momentâneo do estudante é apresentado a ele, após a finalização do exame.

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema e do fluxo de execução, segue o passo a passo realizado durante a execução do teste:

1. Realizar o *login* no SAE com o perfil Aluno;
2. Acessar o módulo "Questões", presente no menu central do sistema;
3. Acessar a categoria "Teste", presente no menu lateral do sistema;
4. Acessar a disciplina que o estudante deseja realizar o teste;
5. Acessar o conteúdo que o estudante deseja realizar o teste;
6. Selecionar "Fazer Teste", presente abaixo da informação do conteúdo;
7. Selecionar o nível de conhecimento ("Básico", "Intermediário"ou "Avançado") que o estudante acredita possuir em relação ao conteúdo escolhido, caso seja o seu primeiro teste no conteúdo selecionado. Dessa forma, o teste é iniciado fornecendo ao

estudante uma questão condizente com o nível escolhido, a fim de reduzir a quantidade necessária de questões a serem resolvidas e acelerar o processo de estimativa do grau de habilidade, sendo relevante esclarecer que esta escolha do nível de conhecimento (habilidade) fornecida pelo estudante só acontece quando o aprendiz não fez nenhum teste naquele conteúdo específico, pois se o estudante já tiver feito algum teste naquele conteúdo, o SIAC não perguntará qual a habilidade para o estudante, mas buscará em sua base de dados qual é a atual habilidade desse estudante naquele conteúdo;

8. Clicar no botão "Fazer Teste", presente abaixo da seleção do nível de conhecimento no conteúdo em foco;
9. Realizar as questões oferecidas pelo SIAC até que o grau de habilidade seja estimado e o teste seja finalizado, ou até que não seja encontrada nenhuma questão proporcional ao nível de conhecimento do aprendiz no momento da realização do teste (exame), sendo ele então encerrado.

O recorte da tela do SIAC apresentada na [Figura 39](#) exemplifica como uma questão é apresentada para um estudante durante a realização de um teste. Convém salientar que, ao responder o item, não é mostrado para o examinando se o item foi respondido corretamente ou incorretamente, como acontece em um teste ou exame convencional.

Figura 39 – Exemplo de uma questão de teste apresentada pelo SIAC em que o estudante indicou uma resposta.

Fonte: Adaptado de SAE.

Ao realizar os passos citados foi obtida a tela apresentada na [Figura 40](#), em que é possível observar o nível de conhecimento (habilidade) obtido após a realização do teste destacado em branco.

Figura 40 – Recorte da tela obtida após a execução do passo a passo do teste de cenário 3.



Fonte: Adaptado do SAE.

É pertinente enfatizar que, durante a realização de um teste, é possível que o estudante deixe o teste, caso queira. Para isso, ele deve se direcionar a outra aba do SAE ou finalizar sua sessão. Ao retornar à aba de testes, em uma ocasião futura, o estudante terá a opção de continuar ou desistir do teste não concluído.

Vale ressaltar que, para a situação de exemplo, foram utilizadas a disciplina "SBD1 - Sistemas de Banco de Dados 1" e o seu conteúdo "Linguagem SQL".

### A.3.2 Resultado do Teste de Cenário 3

O teste aplicado na [Seção A.3.1](#) visa explorar como o SIAC suporta o processo de um estudante iniciar, realizar e concluir um teste, além de avaliar a possibilidade de interrupção e de retomada do teste em um momento posterior. Sendo assim, conclui-se que o atual funcionamento da funcionalidade de realização de testes no SIAC está operando conforme o esperado e de uma maneira eficaz, pois o sistema demonstrou ser eficiente em fornecer uma experiência de teste fluida e intuitiva ao estudante, desde o início até o encerramento do teste.

Dessa forma, não foram identificados pontos de melhoria nesta funcionalidade específica, uma vez que todos os objetivos delineados para o teste foram atendidos. Como evidenciado na [Figura 40](#), o SIAC se mostrou capaz de estimar o nível de habilidade do estudante que realizou o exame, validando assim a eficiência da aplicação. Com base nos resultados deste teste de cenário, infere-se que o SIAC suporta o processo de avaliação de estudantes, oferecendo uma ferramenta robusta e suficiente para mensurar o grau de conhecimento dos estudantes no momento da realização do teste.

No entanto, procurando evitar que seja fornecida uma experiência frustrante ao estudante na realização de um teste em um conteúdo específico, o SIAC poderia retornar

ao aprendiz interessado em realizar um teste a informação daquele conteúdo estar apto a realização mínima de um teste ou não, diminuindo a possibilidade do estudante ter seu teste encerrado por ausência de questões que possam cobrir as diversas possibilidades de avaliação das habilidades de cada estudante interessado em realizar um teste.

## A.4 Teste de Cenário 4 - Cadastro de Questões

### A.4.1 Realização do Teste de Cenário 4

Para a realização deste teste, o cenário é o de cadastro de questões por parte do(a) professor(a). Este cenário é de suma importância, já que para a realização dos testes e funcionamento da TRI com excelência, é necessário uma gama de questões heterogêneas em parâmetros, além de que, no SAE, as questões podem ser direcionadas a diferentes categorias e módulos, o que distingue o seu comportamento no sistema. O cenário é desenvolvido para um possível usuário, que neste caso é o docente da disciplina em destaque, a fim de que os seus estudantes tenham uma experiência de aprendizado condizente com as funcionalidades oferecidas pelo SIAC.

Assim, o passo a passo do fluxo de execução do teste é o seguinte:

1. Realizar o *login* no SAE com o perfil Professor;
2. Acessar o módulo "Questões", presente no menu central do sistema;
3. Acessar a opção "Questões", presente no menu lateral do sistema;
4. Acessar a subopção "Ver", presente no menu lateral do sistema, tendo "Questões" como opção superior, a fim de acessar a tela inicial de visualização de questões;
5. Clicar no *link* "Cadastrar", no qual abrirá nova tela para cadastro de questões, que necessita do preenchimento dos seguintes campos, com as suas respectivas opções:
  - a) Enunciado;
  - b) Tipo de questão: "V ou F", "Múltipla-Escolha", "Escolha-Múltipla", "Lacunas"ou "Aberta". Este campo impacta no parâmetro de acerto casual da questão, sendo importante esclarecer que os tipos "Lacuna" e "Aberta" não são utilizados pelo SIAC na interação com os estudantes;
  - c) Discriminação: "Multíssimo", "Muito", "Pouco"ou "Pouquíssimo". Este é um dos parâmetros analisados pela TRI;
  - d) Dificuldade: "Fácil", "Médio"ou "Difícil". Este é um outro parâmetro analisado pela TRI;

- e) Categoria: "Fixação", "Revisão" ou "Avaliativa". Este parâmetro classifica a questão que poderá ser mostrada aos estudantes, sendo ele responsável pelo acesso e realização controlado pelo docente somente na categoria avaliativa, pois as demais categorias permitem ao estudante realizar no momento em que deseje estudar, mas usando outro módulo do SAE chamado BDQ (Banco de Questões) e também o SIAC;
- f) Essa questão servirá para quais módulos: "Ambiente de aprendizagem", "Ambiente de avaliação" ou "Ambos os módulos". Este atributo se refere aos módulos que a questão poderá ser utilizada, estando entre eles o SIAC (ambiente de avaliação);
- g) Tempo em segundos: Tempo, em segundos, que o professor define ser necessário para um estudante resolver e responder a questão;
- h) Disciplina: Qual disciplina a questão é correspondente;
- i) Conteúdo: Qual conteúdo da disciplina informada a questão é correspondente.
6. Ao clicar no botão de visualizar, é mostrada uma prévia da questão e, então, a opção de confirmar o cadastro poderá ser clicada para o cadastro e disponibilização imediata da questão no ambiente do SAE e seus respectivos módulos.

O recorte da tela apresentada pelo sistema para o cadastro da questão (referente ao passo 5), pode ser visualizado na [Figura 41](#). É importante elucidar que, nos esclarecimentos dos campos explicados anteriormente, não foram abordados os respectivos campos obrigatórios para cada tipo de questão aceita pelo SAE, pois o destaque, neste cenário, está nas informações relevantes aos parâmetros e ao enunciado principal das questões.

Figura 41 – Recorte da tela para cadastro de questão do teste de cenário 4.

The screenshot shows a modal window for creating a question. At the top, there's a toolbar with text styling options (B, I, U, 11pt, A, etc.) and a preview area labeled "Exemplo de questão" containing placeholder text "Exemplo de questão". Below this is a text area labeled "Enunciado:" with a placeholder "Exemplo de questão". To the right of the text area is a character counter "Caracteres digitados: 25/750". The main content area contains the following fields:

- Tipo de questão:** A dropdown menu showing "V ou F".
- Verdadeiro ou Falso:** A radio button group with "Verdadeiro" (selected) and "Falso".
- Comentário para acerto:** A text input field containing "ótimo!".
- Comentário para erro:** A text input field containing "você errou".
- Quanto você acredita que esta questão é capaz de avaliar o conhecimento aluno?** A dropdown menu with options "Muito" (selected), "Médio", and "Pouco".
- Discriminação:** A dropdown menu with options "Muito" (selected), "Médio", and "Pouco".
- Dificuldade:** A dropdown menu with options "Muito" (selected), "Médio", and "Pouco".
- Categoria:** A dropdown menu with options "Avaliativa" (selected), "Revisão", and "Fixação".
- Essa questão servirá para quais módulos:** A dropdown menu with options "Ambiente de aprendizagem", "Ambiente de avaliação", and "Ambos os módulos".
- Tempo (segundos):** A dropdown menu with options "Dados 1" (selected) and "Dados 2".
- Disciplina:** A dropdown menu with options "Matemática", "Português", and "Inglês".
- Conteúdo:** A dropdown menu with options "Matemática", "Português", and "Inglês".

At the bottom of the window are buttons for "Cancelar" and "Visualizar".

Fonte: Adaptado do SAE.

#### A.4.2 Resultado do Teste de Cenário 4

A partir da realização do teste de cenário 4, na [Seção A.4.1](#), em que é apresentada a funcionalidade de cadastro de questão pelo docente, pode-se perceber que o cadastro apresenta todos os parâmetros necessários para o uso da TRI na realização de testes e, portanto, no que convém ao preenchimento das informações de questões, o sistema apresenta completude na sua proposta, além de outros parâmetros que são utilizados por outros módulos do SAE.

Contudo, a fim de aprimorar o SIAC e sua integração com o SAE, é proposta a construção de uma camada de gestão de aplicação de testes avaliativos, em que o docente seria capaz de determinar o período de realização de uma avaliação (dia, horário de início e horário de término) em uma turma. Dessa forma, para a implementação desta evolução, seria necessário avaliar mais profundamente o comportamento das questões em relação ao parâmetro categoria, que é proveniente de outro módulo do SAE, mas que poderia ser incorporado para que as questões dessa categoria também pudessem participar de testes ou exames avaliativos somente quando o docente definisse tal situação, como já acontece no módulo BDQ do SAE.

### A.5 Testes de Cenário Futuros

Além dos cenários avaliados, o estudo apresentado no [Capítulo 2](#) aponta a possibilidade do entendimento de outras funcionalidades do SIAC e, consequentemente, a proposta de possíveis melhorias.

O processo de rebalanceamento das questões é passível de melhor estudo, a partir da lógica que é implementada atualmente, a fim de avaliar se o funcionamento atual é adequado a utilização do SIAC no momento ou se existiriam algumas melhorias a serem implementadas após algum tempo de utilização desse módulo (SIAC). Além disso, a aparição de uma questão aleatória não selecionada pelo cálculo da TRI após um certo número de questões respondidas também é uma funcionalidade suscetível de melhor investigação, com o objetivo de analisar o atual funcionamento e eficiência, com o intuito de avaliar a pertinência de melhorias condizentes ao objetivo do SIAC e as novas possibilidades de implementação a partir dessas evoluções relacionadas aos cenários apresentados para a gestão sob os testes acompanhados pelo SAE.