



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E MATEMÁTICA APLICADA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO  
MESTRADO ACADÊMICO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



# Aplicando Gamificação no Ensino de Teste de Software

Eduardo Henrique Rocha do Nascimento

Natal-RN  
Agosto de 2019

Eduardo Henrique Rocha do Nascimento

## Aplicando Gamificação no Ensino de Teste de Software

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação do Departamento de Informática e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação.

*Linha de pesquisa:*  
Teste de Software

Orientador

Prof. Dra. Roberta de Souza Coelho

Co-orientador

Prof. Dr. Charles Andryê Madeira

PPGSC – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO  
DIMAP – DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E MATEMÁTICA APLICADA  
CCET – CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
UFRN – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Natal-RN

Agosto de 2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Nascimento, Eduardo Henrique Rocha do.

Aplicando gamificação no ensino de teste de software /  
Eduardo Henrique Rocha do Nascimento. - 2019.  
142 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-  
Graduação em Sistemas e Computação, Natal, RN, 2019.

Orientadora: Dra. Roberta de Souza Coelho.

Coorientador: Dr. Charles Andryê Madeira.

1. Software - Dissertação. 2. Gamificação - Dissertação. 3.  
Educação - Dissertação. I. Coelho, Roberta de Souza. II.  
Madeira, Charles Andryê. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 004.43

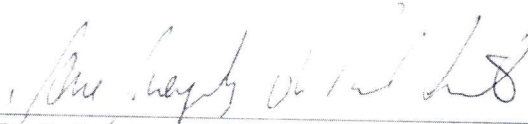
EDUARDO HENRIQUE ROCHA DO NASCIMENTO

“Uma Abordagem Gamificada para Auxiliar no Ensino de Teste de Software”

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de mestre em Sistemas e Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação do Departamento de Informática e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

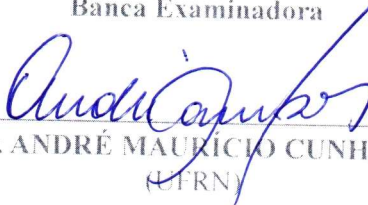


Presidenta: **Dra. ROBERTA DE SOUZA COELHO**  
(ORIENTADORA - UFRN)



**Prof. Dr.ª Anne Magaly de Paula Canuto**  
(Vice-coordenadora do Programa)

Banca Examinadora



Examinador: **Dr. ANDRÉ MAURÍCIO CUNHA CAMPOS**  
(UFRN)



Examinador: **Dra. AYLÁ DÉBORA DANTAS DE SOUZA REBOUÇAS**  
(UFPB)



Examinadora: **Dr. CHARLES ANDRYE GALVAO MADEIRA**  
(COORIENTADOR - UFRN)



Examinadora: **Dr. EDUARDO HENRIQUE DA SILVA ARANHA**  
(UFRN)

Agosto, 2019

Dedico o esforço empenhado neste trabalho de pesquisa aos meus pais, Manoel do Nascimento e Maria de Fátima Henrique, pessoas que estiveram presentes ao longo desta jornada, apoiando-me e incentivando-me em cada momento, quer tenha sido de dificuldade ou de alegria.

# Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Deus por me agraciar com saúde ao longo destes dois anos. Em segundo lugar, agradeço à CAPES pelo incentivo financeiro fornecido por meio da bolsa de mestrado. Agradeço também aos meus familiares, em especial aos meus pais, por todo incentivo moral e financeiro. Também agradeço aos colegas e amigos, que adquiri durante estes dois anos, pelos momentos de partilha de conhecimento e descontração. Por fim, mas não menos importante, agradeço à minha orientadora, Roberta Coelho, e ao co-orientador, Charles Madeira, por todo o apoio.

# Aplicando Gamificação no Ensino de Teste de Software

Autor: Eduardo Henrique Rocha do Nascimento

Orientadora: Prof. Dra. Roberta de Souza Coelho

Co-orientador: Prof. Dr. Charles Andryê Madeira

## RESUMO

A responsabilidade do Teste de Software é garantir a qualidade do produto de software por meio de suas técnicas e práticas. No entanto, mesmo com tamanha importância, o Teste de Software tem suas técnicas subutilizadas por empresas, o que impacta diretamente na qualidade do produto. Alguns dos motivos apontados pela literatura para este fato é que as atividades de teste são tidas como custosas, difíceis e até mesmo tediosas. Este problema é evidenciado tanto na indústria quanto na academia, onde alguns problemas que são originados na academia podem se estender até a indústria. Como alternativa para lidar com problemáticas desta natureza existe a gamificação, que consiste no uso de elementos de jogos em contextos que não sejam um jogo, objetivando aumentar o engajamento e motivação das pessoas envolvidas naquele contexto. Estudos recentes têm mostrado a crescente adoção de estratégias gamificadas no ensino de Teste de Software para tratar problemas relacionados à desmotivação de alunos. Dado este contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma abordagem gamificada para lidar com a desmotivação de alunos na realização de atividades de teste de software. Para alcançar este objetivo, foram realizados uma pesquisa exploratória em busca de metodologias de gamificação e um mapeamento sistemático da literatura, que reuniu trabalhos acerca do uso da gamificação e jogos em Teste de Software. A metodologia de gamificação escolhida foi a Level Up, que descreve um processo iterativo e sistemático para concepção de abordagens gamificadas voltadas para a educação. Esta metodologia provê um conjunto de etapas que compreende a ideação, experimentação e evolução da abordagem em desenvolvimento. Ao todo foram realizadas duas iterações do Level Up, a primeira para definição da abordagem e a segunda para o seu refinamento. Em ambas foram desenvolvidos protótipos da abordagem gamificada, os quais foram testados na etapa de experimentação. Cada experimentação contou com uma avaliação, sendo a primeira executada com um grupo reduzido de alunos, cujo objetivo foi validar os elementos de jogos selecionados, e a segunda executada com uma turma de 36 alunos, cujo objetivo foi avaliar a abordagem gamificada no que diz respeito à aprendizagem. Em ambas experimentações foi evidenciado o impacto da abordagem proposta sobre a motivação dos alunos. No entanto, na segunda experimentação

os resultados coletados não forneceram indícios suficientes para inferir que a gamificação tem melhor efeito no quesito aprendizagem em relação ao modelo tradicional de ensino. Por fim, são descritas os requisitos para o desenvolvimento de um sistema que suporte a abordagem gamificada, como também elencados sistemas gamificados relacionados.

*Palavras-chave:* Teste de Software, Gamificação, Educação.



# Applying Gamification in Software Testing Teaching

Author: Eduardo Henrique Rocha do Nascimento

Supervisor: Prof. Dra. Roberta de Souza Coelho

Co-supervisor: Prof. Dr. Charles Andryê Madeira

## ABSTRACT

The responsibility of Software Testing is to make sure the software quality through its techniques and practices. However, even having considerable importance, Software Testing has its techniques underused by software companies, what has a direct impact on software quality. Some reasons pointing out by literature for this fact is the testing activities are costly, difficult and tedious. This problem is found in both industry and academ, where some these are born in the academy and extend into the industry. As a possible solution to treat this kind of problem there is the gamification, that conceptually is the use of game design elements in environments non-game, with the purpose of increasing engagement and motivation of people involved in that environment. Recent studies have shown the grown adoption of gamified strategies in the Software Testing teaching to treat motivational problems of students. Given this context, this research work intends to develop a gamified approach to deal with motivational problems of students in specific software testing activities. To achieve this objective we carried out a search in the literature seeking gamification methodologies and a systematic mapping study that gathered studies about the application of gamification and games in Software Testing area. The gamification methodology chosen was the Level Up, that describes an interactive and systematic process to concept gamified approaches for educational environments. This methodology provides a set of stages that cover the ideate stage, experimentation and evolution of the approach. In all, two iterations of Level Up were carried out, the first to define the approach and the second to its refinement. In both, prototypes of the gamified approach were developed, which were tested in the experimentation stage. Each experiment had an evaluation, the first one was performed with a small group of students, in which the objective was to validate the game design elements selected, and the second one was performed with a class of 36 students, in which the objective was to evaluate the gamified approach regarding learning. In both experiments, the impact of the proposed approach on student motivation was evidenced. However, in the second experiment, the results collected did not provide sufficient evidence to infer that gamification has a better effect on learning

compared to the traditional teaching model. Finally, the features for the development of a system to support the gamification approach, as well as the related gamut systems, are described.

*Keywords:* Software Testing, Gamification, Education.

# Lista de figuras

1	Planejamento da metodologia. . . . .	p. 23
2	Modelo V - Atividades de desenvolvimento de software e níveis de teste (adaptado de Craig e Jaskiel (2002)). . . . .	p. 26
3	Grafo Causa-efeito (Árvore de decisão). . . . .	p. 31
4	Grafo de Fluxo de Controle (extraído de Delamaro, Jino e Maldonado (2017)). . . . .	p. 31
5	Categorias de elementos de jogos (adaptado de Werbach e Hunter (2015)).	p. 36
6	Elementos de jogos e suas associações entre as categorias. . . . .	p. 36
7	Representação do modelo Octalysis (extraído de Chou (2015)). . . . .	p. 41
8	Fluxo de etapas do Level Up (extraído de Brito (2017)). . . . .	p. 42
9	Iterações e resultados do Snowballing. . . . .	p. 48
10	Percentual de estudos sobre gamificação e jogos. . . . .	p. 49
11	Quantidade de estudos por ano de publicação. . . . .	p. 50
12	Quantidade de estudos por técnicas de teste e níveis de teste. . . . .	p. 54
13	Distribuição de estudos por tópicos de Teste Funcional. . . . .	p. 55
14	Distribuição dos estudos por tópicos de Teste Estrutural. . . . .	p. 56
15	Distribuição dos estudos por tópicos de Teste de Mutação. . . . .	p. 56
16	Distribuição dos estudos por tópicos de Teste de Unidade. . . . .	p. 56
17	Elementos de Jogos e suas relações. . . . .	p. 57
18	Quantidade de elementos de jogos pelos estudos. . . . .	p. 59
19	Quantidade de estudos por objetivos. . . . .	p. 60
20	Distribuição dos objetivos por componentes de jogos. . . . .	p. 61

21	Quantidade de estudos por método avaliativo. . . . .	p. 62
22	Quantidades de estudos por grupos de participantes das avaliações. . .	p. 64
23	Fluxo de etapas da Level Up (extraído de Brito (2017)). . . . .	p. 69
24	Distribuição dos alunos por períodos da grade curricular. . . . .	p. 70
25	Distribuição dos alunos por atividades extra-sala. . . . .	p. 71
26	Distribuição dos alunos por preferência de estudo. . . . .	p. 71
27	Exemplificação do círculo de particionamento de equivalência. . . . .	p. 76
28	Prototipação do modelo: Esboço projetado para validação. . . . .	p. 76
29	Participantes da equipe 1 definindo os casos de teste. . . . .	p. 81
30	Participante da equipe 2 colando os post-its com as classes de domínio.	p. 81
31	Avaliador realizando a correção dos casos de teste do grupo 2. . . . .	p. 82
32	Percentual de respostas da pergunta 1. . . . .	p. 83
33	Percentual de respostas da pergunta 2. . . . .	p. 84
34	Percentual de respostas da pergunta 3. . . . .	p. 84
35	Percentual de respostas da pergunta 4. . . . .	p. 85
36	Comparação entre as funcionalidades oferecidas por ambas plataformas.	p. 88
37	Recorte da Especificação do Programa na Área do Exercício. . . . .	p. 92
38	Recorte das Questões do Exercício no Site. . . . .	p. 92
39	Recorte da Planilha de Pontuação. . . . .	p. 93
40	Disposição do Quadrado Latino do Experimento. . . . .	p. 93
41	Primeiro Dia de Aplicação da Atividade Gamificada. . . . .	p. 96
42	Segundo Dia de Aplicação da Atividade Gamificada. . . . .	p. 96
43	Segundo Dia de Aplicação da Atividade Tradicional. . . . .	p. 97
44	Item 1 do Questionário. . . . .	p. 98
45	Item 3 do Questionário. . . . .	p. 99
46	Item 4 do Questionário. . . . .	p. 100

47	Item 5 do Questionário. . . . .	p. 100
48	Item 6 do Questionário. . . . .	p. 101
49	Bubble Plot com a Corretude das Classes de Equivalência por Grupo. . .	p. 102
50	Box Plot do Percentual de Cobertura dos Testes Unitários. . . . .	p. 104
51	Distribuição dos dados do percentual de cobertura. . . . .	p. 104
52	Histograma com os dados do percentual de cobertura. . . . .	p. 105
53	Box Plot do Score de Mutação dos Testes Unitários. . . . .	p. 106
54	Distribuição dos dados do score de mutação. . . . .	p. 106
55	Histograma com os dados do score de mutação. . . . .	p. 107
56	Item 8 do questionário. . . . .	p. 108
57	Item 9 do Questionário. . . . .	p. 108
58	Item 7 do Questionário. . . . .	p. 109
59	Item 10 do Questionário. . . . .	p. 109
60	Tela do usuário Attacker para injeção de defeitos. . . . .	p. 113
61	Tela do usuário Defender para criação do teste. . . . .	p. 113
62	Tela de exibição dos requisitos do programa. . . . .	p. 114
63	Tela de criação de casos de teste e feedback de defeitos encontrados. . .	p. 115
64	Tela do exercício sobre conceitos básicos de Teste de Software. . . . .	p. 115
65	Tela do exercício sobre Teste Estrutural. . . . .	p. 116
66	Trecho de código do programa E-commerce. . . . .	p. 135
67	Trecho de código do programa Locadora de Carros. . . . .	p. 136

# Lista de tabelas

1	Classes de equivalência do exemplo do sistema eleitoral. . . . .	p. 29
2	Casos de teste utilizando a análise de valor limite. . . . .	p. 30
3	Tabela de decisão para o exemplo do e-commerce. . . . .	p. 30
4	Termos gerais e <i>string</i> de busca. . . . .	p. 45
5	Distribuição dos critérios de seleção pelas etapas de seleção. . . . .	p. 46
6	Distribuição dos critérios de seleção pelas etapas de seleção. . . . .	p. 47
7	Distribuição dos artigos por itens do conjunto gamificado e jogos. . . . .	p. 50
8	Distribuição dos estudos pelos anos de publicação. . . . .	p. 51
9	Distribuição dos estudos por técnica de teste. . . . .	p. 53
10	Distribuição dos estudos por níveis de teste. . . . .	p. 54
11	Distribution of selected studies by game components. . . . .	p. 58
12	Distribuição dos estudos por objetivos. . . . .	p. 60
13	Distribuição dos estudos por grupos de participantes. . . . .	p. 64
14	Dias de Execução do Experimento. . . . .	p. 95
15	Itens do questionário referentes à QP1. . . . .	p. 98
16	Comparação entre Abordagem e Corretude das Classes de Equivalência. . . . .	p. 103
17	Mediana e Desvio Padrão do Percentual de Cobertura dos Testes. . . . .	p. 103
18	Mediana e Desvio Padrão do Score de Mutação dos Testes Unitários. . . . .	p. 105
19	Resultado do "d de Cohen" para as métricas. . . . .	p. 107
20	Ameaças à validade, Impacto e Controle. . . . .	p. 111

# Lista de abreviaturas e siglas

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

BTI – Bacharelado em Tecnologia da Informação

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	p. 20
1.1	Motivação e Contextualização . . . . .	p. 20
1.2	Caracterização do Problema . . . . .	p. 21
1.3	Solução Proposta . . . . .	p. 21
1.4	Objetivo Geral . . . . .	p. 22
1.5	Metodologia . . . . .	p. 22
1.6	Organização da Dissertação . . . . .	p. 24
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	p. 25
2.1	Teste de Software . . . . .	p. 25
2.1.1	Níveis de Teste . . . . .	p. 26
2.1.2	Técnicas de Teste . . . . .	p. 27
2.1.2.1	Teste Funcional . . . . .	p. 28
2.1.2.2	Teste Estrutural . . . . .	p. 30
2.1.2.3	Baseada em Defeitos . . . . .	p. 32
2.2	Gamificação . . . . .	p. 33
2.2.1	Gamificação e Jogos . . . . .	p. 33
2.2.1.1	Tipos de Motivação . . . . .	p. 34
2.2.2	Elementos de Jogos . . . . .	p. 35
2.3	Level Up . . . . .	p. 37
2.3.1	Design Thinking . . . . .	p. 37
2.3.2	Octalysis . . . . .	p. 39



2.3.3	Etapas do Level Up . . . . .	p. 40
<b>3</b>	<b>Mapeamento Sistemático da Literatura</b>	<b>p. 43</b>
3.1	Motivação e Caracterização do problema . . . . .	p. 43
3.2	Metodologia . . . . .	p. 43
3.2.1	Questões de Pesquisa . . . . .	p. 44
3.2.2	Estratégia de Busca . . . . .	p. 45
3.2.3	Estratégia de Seleção . . . . .	p. 45
3.2.3.1	Critérios de Seleção . . . . .	p. 45
3.2.3.2	Processo de Seleção . . . . .	p. 46
3.2.3.3	Extração dos Dados . . . . .	p. 46
3.2.4	Snowballing . . . . .	p. 46
3.3	Resultados e Análise . . . . .	p. 47
3.3.1	Resultados da Busca Automática . . . . .	p. 47
3.3.2	Resultados do Snowballing . . . . .	p. 48
3.3.3	Resultados do Estudo . . . . .	p. 49
3.3.3.1	Classificação dos Estudos . . . . .	p. 49
3.3.3.2	Utilização das Soluções Gamificadas e Jogos . . . . .	p. 51
3.3.3.3	Resultado das Questões de Pesquisa . . . . .	p. 53
3.4	Discussão . . . . .	p. 65
3.5	Conclusões . . . . .	p. 66
<b>4</b>	<b>Aplicando o Level Up na Disciplina de Teste de Software</b>	<b>p. 68</b>
4.1	Etapa 1: Investigação do Cenário . . . . .	p. 68
4.1.1	Coleta de Informações . . . . .	p. 69
4.1.2	Definição do Público-alvo . . . . .	p. 70
4.1.3	Definição do Problema . . . . .	p. 71

4.2	Etapa 2: Definição dos Objetivos de Gamificação . . . . .	p. 72
4.3	Etapa 3: Seleção dos Elementos de Jogos . . . . .	p. 73
4.3.1	Pontos e Barras de Progresso . . . . .	p. 73
4.3.2	Times e Combate . . . . .	p. 74
4.3.3	Delimitador de Tempo e Rodadas . . . . .	p. 74
4.3.4	Premiações . . . . .	p. 75
4.4	Etapa 4: Prototipação da Abordagem Gamificada . . . . .	p. 75
4.4.1	Elaboração do Esboço . . . . .	p. 75
4.4.2	Experimentação do Protótipo . . . . .	p. 77
4.4.3	Avaliação . . . . .	p. 78
4.4.4	Resultados da Avaliação . . . . .	p. 80
4.5	Etapa 5: Evolução . . . . .	p. 85
<b>5</b>	<b>Estudo de Caso</b> . . . . .	<b>p. 87</b>
5.1	Refinamento da Abordagem . . . . .	p. 87
5.1.1	Planejamento da Segunda Prototipação . . . . .	p. 87
5.1.1.1	Automatização da Correção e Feedback . . . . .	p. 88
5.1.1.2	Planejamento da Atividade Gamificada . . . . .	p. 88
5.1.1.3	Experimentação Piloto . . . . .	p. 89
5.1.2	Preparação do Protótipo . . . . .	p. 90
5.1.2.1	Questões do Exercício . . . . .	p. 90
5.1.2.2	Feedback ao Aluno . . . . .	p. 90
5.1.2.3	Implementação do Protótipo . . . . .	p. 91
5.2	Organização do Estudo de Caso . . . . .	p. 91
5.2.1	Planejamento . . . . .	p. 92
5.2.2	Avaliação . . . . .	p. 94
5.2.3	Execução . . . . .	p. 95

5.2.4	Resultados . . . . .	p. 97
5.2.5	Discussão . . . . .	p. 110
5.2.5.1	Observações das Atividades . . . . .	p. 110
5.2.5.2	Mecanismos da Atividade . . . . .	p. 110
5.2.5.3	Ameaças à Validade do Estudo de Caso . . . . .	p. 111
<b>6</b>	<b>Sistemas Relacionados</b>	p. 112
6.1	Code Defenders . . . . .	p. 112
6.2	Bug Catcher . . . . .	p. 113
6.3	Bug Hunt . . . . .	p. 114
<b>7</b>	<b>Considerações Finais</b>	p. 117
7.1	Conclusões . . . . .	p. 117
7.2	Contribuições . . . . .	p. 118
7.3	Limitações e Ameaças à Validade . . . . .	p. 119
7.4	Trabalhos Futuros . . . . .	p. 120
7.4.1	Desenvolvimento de um Sistema Gamificado . . . . .	p. 120
	<b>Referências</b>	p. 121
	<b>Apêndice A – Questionário de coleta de informações da turma</b>	p. 125
	<b>Apêndice B – Questionário da atividade gamificada</b>	p. 130
	<b>Apêndice C – Especificação dos programas utilizados no Estudo de Caso</b>	p. 133
	<b>Apêndice D – Recorte do trecho de código dos programas com os bugs comentados</b>	p. 135
	<b>Apêndice E – Questionário da segunda atividade gamificada</b>	p. 137



# 1 Introdução

Este capítulo apresenta uma visão geral do trabalho, compreendendo a motivação e contextualização, a caracterização do problema, os objetivos, principal e específicos e por fim, a metodologia de pesquisa.

## 1.1 Motivação e Contextualização

O Teste de Software desempenha um papel indispensável no desenvolvimento de projetos de software. De acordo com um relatório da Gartner (IYENGAR; KARAMOUZIS, 2007), as atividades de teste consomem de 25% a 50% do tempo do desenvolvimento de software. Este custo já é esperado, uma vez que as atividades de teste de software são laboriosas por definição (MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011).

Entretanto, o tempo gasto com as atividades de teste torna-se irrelevante quando comparado ao custo financeiro causado pelos defeitos em softwares. Em 2002, um estudo autorizado pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia<sup>1</sup> (NIST) relatou um custo causado por defeitos de software estimado em \$59,5 bilhões por ano (TASSEY, 2002). Em 2017, a 5ª edição do *Software Fail Watch* relatou um custo com defeitos de software estimado em \$1,7 trilhão (TRICENTIS, 2018), enfatizando que ainda havia muitos defeitos de software desconhecidos no mundo.

O Teste de Software é visto como uma das principais formas de mensurar a qualidade do software, mas as práticas e técnicas de teste ainda são pouco aplicadas por empresas de desenvolvimento de software (THIRY; ZOUKAS; SILVA, 2011). A negligência e falta de atenção é evidenciada nas atividades de teste, no qual técnicas modelo de teste são vistas como difíceis e até mesmo tediosas (CLEGG; ROJAS; FRASER, 2017). Isto, de certa forma, impacta diretamente na qualidade do software.

---

<sup>1</sup><https://www.nist.gov/>

## 1.2 Caracterização do Problema

A Engenharia de Software, em termos educacionais, geralmente tende a manter seu foco em aspectos de projeto e codificação do software (CLEGG; ROJAS; FRASER, 2017). No entanto, a área enfrenta desafios quanto ao treinamento e preparação de futuros profissionais para aprimoramento de práticas e técnicas - que inclui tanto desenvolvedores como testadores (ALHAMMAD; MORENO, 2018).

Estreitando esta problemática para o contexto educacional e de treinamento em Teste de Software, pode-se citar alguns desafios e dificuldades enfrentados no ensino, tais como: falta de atividades práticas, problemas relacionados com motivação, falta de tempo para a transmissão do conhecimento e dificuldades para ensinar as habilidades de elaboração e execução de casos de teste (WANGENHEIM; SILVA, 2009).

Tais problemas são refletidos no mercado de trabalho pela falta de profissionais habilitados e disponíveis na área de Teste de Software (THIRY; ZOUCAS; SILVA, 2011; WONG et al., 2011). Como exemplo disto, tem-se a falta de motivação dos testadores para projetar e executar bons casos de testes (PETTICHORD; BACH; KANER, 2013). Este fato é discutido por Wong et al. (2011), onde alude certa preocupação com os profissionais de teste e a forma como os mesmos efetuam suas atividades.

Portanto, a problemática apresentada neste trabalho situa-se em como tratar problemas inerentes à motivação dos alunos durante atividades de teste, que impactam na aprendizagem e que, possivelmente, irão estender-se até o mercado de trabalho.

## 1.3 Solução Proposta

Uma alternativa utilizada em contextos educacionais e de treinamento para lidar com problemas relacionados a motivação e despreparo é a gamificação (KAPP, 2012; ALABADI; QURESHI, 2016). Conceitualmente, a gamificação consiste em empregar elementos presentes nos jogos em um contexto que não seja um jogo (DETERDING et al., 2011; WERBACH; HUNTER, 2015), de modo a induzir o comportamento das pessoas, motivando-as e envolvendo-as em determinadas atividades (HUGOS, 2012; PEDREIRA et al., 2015).

Alguns trabalhos relatam um considerável aumento na adoção de abordagens gamificadas por professores, que buscam nas propriedades engajadoras dos jogos uma forma de ajudar os alunos (LEE; HAMMER, 2011). Outros autores como Deterding et al. (2011) e Vianna et al. (2013) também discutem sobre a utilização da gamificação como ferramenta

de auxílio pedagógico no tocante ao engajamento e envolvimento dos alunos em atividades dentro e fora da sala de aula.

No que tange a utilização de estratégias gamificadas para suporte da educação em Teste de Software, é conveniente o uso destas estratégias para melhor envolver os alunos com as atividades de teste (FRASER, 2017). Esta alegação é realçada quando considera-se os estudos realizados por Rojas e Fraser (2016) em turmas de Teste de Software, onde utilizam da gamificação como agente transformador, convertendo atividades enfadonhas em componentes de entretenimento.

Sendo a gamificação adequada para solucionar problemas desta natureza, este trabalho pretende utilizar-se das potencialidades da gamificação, agregadas a conceitos de Teste de Software, para aumentar a motivação e interesse dos alunos em relação a atividades de teste.

## 1.4 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal utilizar da gamificação para lidar com a desmotivação de alunos na realização de atividades de teste. Como objetivos específicos, este trabalho elenca os seguintes itens:

- Verificar na literatura estudos que forneçam uma compreensão geral acerca da gamificação e sobre a aplicação de estratégias gamificadas e jogos na área de Teste de Software;
- Verificar na literatura quais metodologias fornecem suporte ao planejamento e desenvolvimento de soluções gamificadas voltadas para o ensino;
- Definir uma abordagem gamificada para apoiar uma atividade específica de Teste de Software;
- Analisar o impacto da abordagem proposta no interesse dos alunos, verificando aspectos que indiquem satisfação e aceitação.

## 1.5 Metodologia

Esta pesquisa compreende o planejamento ilustrado na Figura 1, que será explicado a seguir.

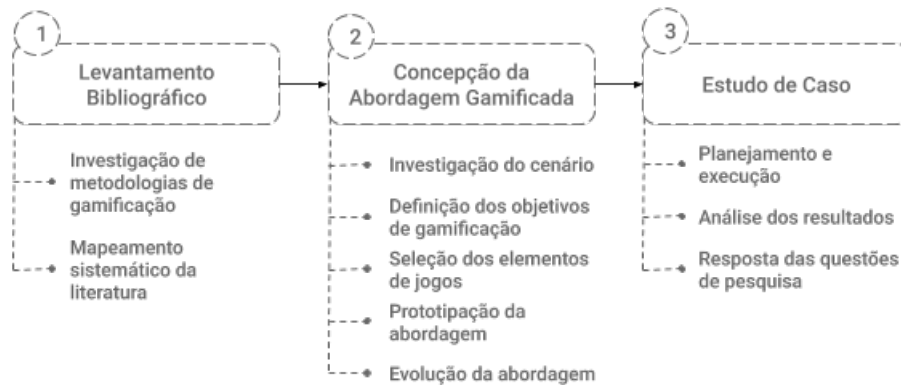


Figura 1: Planejamento da metodologia.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa em bases bibliográficas buscando por metodologias que auxiliassem no desenvolvimento de soluções gamificadas com foco educacional e estudos que fornecessem uma compreensão geral acerca de gamificação. Foi encontrada e selecionada a metodologia *Level Up*, proposta por Brito (2017), que é baseada em princípios do *Design Thinking* e fornece um conjunto de etapas que contemplam desde a ideação até a avaliação de uma abordagem gamificada. Em paralelo a isto, foram investigados estudos que proovessem um entendimento acerca da gamificação no geral, sendo selecionados os estudos de Deterding et al. (2011) e de Werbach e Hunter (2015). Este último propõe uma categorização dos elementos de jogos disposta em três camadas: Dinâmicas de Jogos, Mecânicas de Jogos e Componentes de Jogos.

Em seguida, foi executado o mapeamento sistemático da literatura, no qual foram investigados trabalhos sobre gamificação e jogos em Teste de Software. O mapeamento reuniu informações inerentes aos tópicos de Teste de Software abordados pelos estudos, tais como os critérios de teste funcional, estrutural e baseado em defeitos. Também foram elencados os elementos de jogos mais utilizados, como Pontos e Tabela de Classificação, os quais foram dispostos de acordo com a categorização de Werbach e Hunter (2015). O mapeamento também reuniu informações sobre os objetivos de gamificação e *design* de jogos, e os métodos avaliativos executados nos estudos.

Finalizado o mapeamento sistemático, foi passada para a concepção da abordagem gamificada, na qual foram executadas as etapas do *Level Up*. Inicialmente, foi realizada a investigação do cenário e público-alvo - sendo a disciplina de Teste de Software e os alunos, respectivamente. Após isso, foram realizadas a definição dos objetivos de gamificação e seleção dos elementos de jogos. Tendo estas etapas como concluídas, foi executada a etapa de desenvolvimento do protótipo, seguida da experimentação do protótipo e sua evolução,



a qual utilizou o feedback coletado na experimentação para realização de ajustes. É válido ressaltar que o *Level Up* possui um processo iterativo, e neste trabalho, foram realizadas duas iterações.

Avaliações foram realizadas em ambas iterações executadas. A avaliação do protótipo desenvolvido na primeira iteração buscou verificar a interação entre os alunos e elementos de jogos selecionados, com um grupo reduzido de estudantes. A partir do feedback coletado nesta avaliação, a abordagem gamificada foi ajustada e um novo protótipo foi desenvolvido. Para a avaliação deste protótipo, foi elaborado um estudo de caso, o qual foi executado em uma turma completa e que buscou verificar o efeito da abordagem gamificada em relação ao modelo tradicional de ensino utilizado na disciplina.

## 1.6 Organização da Dissertação

Além do presente capítulo, este trabalho está disposto como segue.

O Capítulo 2 apresenta a Fundamentação Teórica, na qual é exposta uma visão geral dos tópicos abordados neste trabalho, tais como tópicos específicos de Teste de Software, conceitos de gamificação, os elementos de jogos e o *Level Up*, juntamente com o *Design Thinking*.

O Capítulo 3 apresenta o Mapeamento Sistemático da Literatura, no qual é descrito todo o protocolo de condução do mesmo, os resultados da análise dos estudos na forma de resposta das questões de pesquisa, a interpretação destes resultados, discussões e conclusões.

O Capítulo 4 apresenta a aplicação do Level Up no contexto da disciplina de Teste de Software, descrevendo e detalhando todo o processo de execução das 5 etapas, desde a investigação do cenário à evolução da abordagem gamificada.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso realizado com uma turma de Teste de Software, iniciando com o refinamento e ajuste da abordagem, seguindo para a descrição da avaliação e execução, e finalizando com a apresentação dos resultados.

Por último, há o Capítulo Considerações Finais, destacando as conclusões do trabalho, suas contribuições, as limitações e ameaças à validade e os trabalhos futuros, que apresenta os requisitos para o desenvolvimento de um sistema que contemple a abordagem gamificada proposta, como também a apresentação de ferramentas relacionadas.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Teste de Software

Tudo o que se constrói precisa ser testado para verificar se está em conformidade com o que foi especificado e projetado. Com o desenvolvimento de software não é diferente. A construção de um software depende de um conjunto organizado de processos. Em suma, um processo de software trata-se de um conjunto de atividades relacionadas, cuja finalidade é a produção de um sistema de software (SOMMERVILLE, 2015).

Um dos processos vitais ao desenvolvimento de sistemas é o Teste de Software, o qual preocupa-se em assegurar que o software faça o que ele foi projetado para fazer (MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011; SOMMERVILLE, 2015). Conforme apontado por Myers, Sandler e Badgett (2011), o teste é o processo de execução de um programa, cuja finalidade é encontrar erros. Tal afirmação é complementada por Dijkstra (1970) em sua declaração de que "o teste pode apenas mostrar a presença dos erros, não a sua ausência".

Teste de Software faz parte de um processo mais amplo de Verificação e Validação de software (AMMANN; OFFUTT, 2016). Delamaro, Jino e Maldonado (2017), em suas considerações, estendem este termo para "Verificação, Validação e Teste" (VV&T), definindo-o como uma série de atividades cujo objetivo é garantir que, tanto a forma como o software está sendo desenvolvido, quanto o produto final, estejam de acordo com o que foi especificado.

O Teste de Software compreende três grandes estágios (SOMMERVILLE, 2015), sendo eles:

1. **Teste de Desenvolvimento:** estágio em que o sistema é testado, ainda durante o desenvolvimento, para identificação de defeitos;
2. **Teste de *Release*:** estágio em que a equipe de testadores realizam os testes de um sistema antes do mesmo ser utilizado pelos usuários finais;

3. **Teste de Usuário:** estágio em que potenciais usuários utilizam e testam o sistema em seu ambiente de produção.

Estes estágios contemplam atividades distintas de teste, enquanto o Teste de Desenvolvimento tem seu foco voltado para atividades durante a codificação do software, o Teste de Usuário volta-se para o teste do sistema já em funcionamento. O presente capítulo limitar-se-á apenas ao estágio de Teste de Desenvolvimento, transitando entre os níveis e as técnicas de teste, com ênfase na técnica de Teste Funcional e nos critérios de elaboração de casos de teste, por serem os tópicos abordados na proposta deste trabalho.

### 2.1.1 Níveis de Teste

Os níveis de teste podem ser considerados como fases da atividade de teste, onde a divisão dos níveis é importante para obtenção de uma maior completude no alcance de todas as fases de um projeto de software (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017). A Figura 2 apresenta um paralelo entre as atividades de desenvolvimento e os níveis de teste correspondentes.

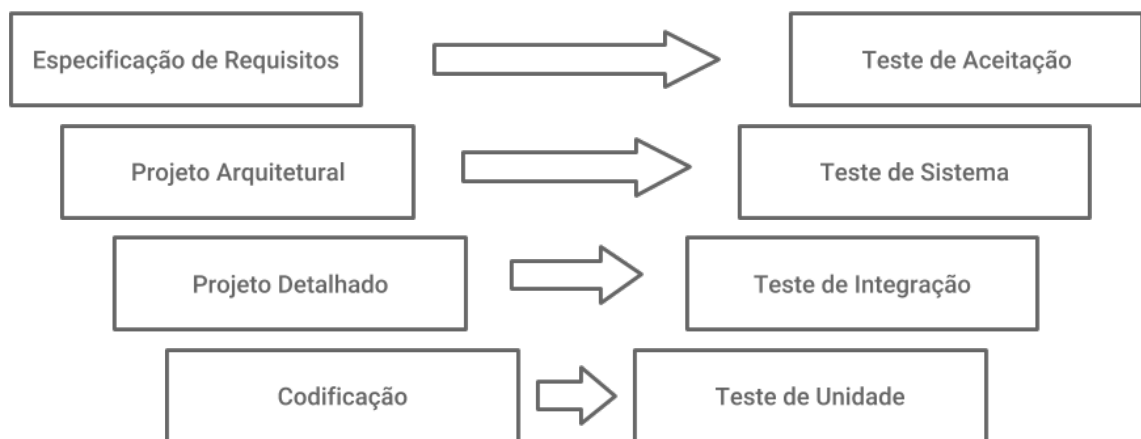


Figura 2: Modelo V - Atividades de desenvolvimento de software e níveis de teste (adaptado de Craig e Jaskiel (2002)).

Iniciando pelo nível mais alto, o Teste de Aceitação é o nível em que o sistema é avaliado no que diz respeito aos requisitos, verificando se o que foi desenvolvido está de acordo com o que foi especificado (AMMANN; OFFUTT, 2016). Em geral, são realizados por um reduzido grupo de usuários finais do sistema, que utilizam o mesmo simulando operações de rotina e verificando se o seu comportamento está de acordo com o solicitado (NETO, 2007).

Em seguida, tem-se o Teste de Sistema, nível em que os componentes do sistema são integrados e o sistema é testado como um todo, verificando o comportamento e interação dos componentes (SOMMERVILLE, 2015). Neste nível, a utilização do sistema ocorre como se estivesse sendo realizada por um usuário final, onde os testes são executados em ambientes, condições e com dados de entrada de modo a simular a utilização cotidiana do usuário (NETO, 2007). Geralmente, é realizado por equipes de testadores que buscam encontrar problemas de projeto e/ou especificação (AMMANN; OFFUTT, 2016).

O terceiro nível apresentado na Figura 2 é o Teste de Integração, no qual vários componentes/módulos são integrados para que as interfaces que fornecem acesso às funcionalidades dos componentes sejam testadas (SOMMERVILLE, 2015). Neste nível, o objetivo é verificar se os módulos do sistema estão comunicando-se corretamente, sendo de responsabilidade da equipe de testadores (AMMANN; OFFUTT, 2016).

O Teste de Unidade é o nível em que programas ou classes de objetos são testados individualmente. Neste nível o foco é voltado para o teste da funcionalidade dos objetos, procedimentos, métodos e classes (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017; SOMMERVILLE, 2015). A maioria das empresas de desenvolvimento de software torna a criação dos testes de unidade uma responsabilidade do desenvolvedor (AMMANN; OFFUTT, 2016). Isso permite que os próprios desenvolvedores projetem os testes para o código que criaram, cobrindo as *features* e testando as operações associadas aos objetos codificados (SOMMERVILLE, 2015).

A seguir, serão apresentadas técnicas de teste que podem ser aplicadas tanto nos níveis de Integração e Sistema como no nível de Unidade, que é o caso do técnica de Teste Funcional. Para o escopo deste trabalho, esta técnica será abordada no nível de Teste de Unidade, com enfoque nos critérios para elaboração de casos de teste.

### 2.1.2 Técnicas de Teste

O que realmente importa ao testador não é testar, mas como projetar os casos de teste (AMMANN; OFFUTT, 2016). Encontrar todos os defeitos de um programa, de certo modo, é uma atividade impossível e até mesmo impraticável (MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011). No entanto, quando uma atividade de teste é realizada de maneira criteriosa e embasada tecnicamente, o que se tem é um certo nível de confiança de que o programa está se comportando corretamente (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017).

Para lidar com a incompletude e o desafio associado à criação de testes efetivos existem

as técnicas de teste e seus critérios. As técnicas de teste são classificadas de acordo com a origem das informações utilizadas para estabelecer os requisitos de teste (NETO, 2007). Tais técnicas são uma forma econômica de projeção dos casos de teste que, por meio de um conjunto restrito de entradas ou uma quantidade mínima de passos, podem revelar defeitos no software (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017; MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011). Há basicamente três principais técnicas de teste, denominadas: Teste Funcional, Teste Estrutural e Teste Baseado em Defeitos.

### 2.1.2.1 Teste Funcional

Nesta técnica, o software, ou componente de software, é visto como uma caixa-preta, no qual sua estrutura e comportamento internos não são considerados (NETO, 2007). A preocupação do testador deve voltar-se para encontrar circunstâncias em que o programa não irá se comportar de acordo com o esperado ou especificado (MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011).

O programa deve ser testado segundo o ponto de vista do usuário, no qual dados de entrada são fornecidos, o teste é executado, e seu resultado é comparado com um resultado já esperado (NETO, 2007). No entanto, a quantidade de entradas pode ser muito grande, ou até mesmo infinita, tornando a atividade de teste inviável e a utilização desta técnica impraticável (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017).

Como alternativa ao problema relacionado à grande quantidade de dados de entrada para um programa, tem-se o critério Particionamento de Equivalência (AMMANN; OFFUTT, 2016). O objetivo deste critério é realizar o particionamento do domínio da entrada do programa, cujas partições são denominadas classes de equivalência (ou de domínio) (ROCHA et al., 2001). Destas, é extraída uma quantidade mínima de casos de teste, resultando em um conjunto seletivo com os casos de teste que representam todo o domínio (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017).

A ideia por trás do critério de particionamento de equivalência é que qualquer caso de teste em uma classe é tão bom quanto qualquer outro caso de teste desta mesma classe (AMMANN; OFFUTT, 2016). As classes de equivalência representam um conjunto de estados válidos e inválidos para uma condição de entrada, podendo ser esta condição um valor numérico, uma faixa de valores ou uma condição lógica (NETO, 2007).

Há algumas diretrizes que podem ser seguidas para a definição das classes de equivalência (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017):

- Se a condição de entrada especifica um intervalo de valores, são definidas uma classe válida e duas inválidas ;
- Se a condição de entrada especifica uma quantidade de valores são definidas uma classe válida e duas inválidas;
- Se a condição de entrada especifica um conjunto de valores determinados e o programa pode manipulá-los de forma diferente, é definida uma classe válida para cada um desses valores e uma classe inválida com outro valor qualquer.

A partir da definição das classes de equivalência é que são elaborados os casos de teste (NETO, 2007), escolhendo-se um elemento de cada classe com o objetivo de cobrir a maior quantidade de classes válidas possíveis (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017). Com as classes inválidas, por sua vez, são gerados casos de teste exclusivos, sendo necessário um caso de teste para cada classe inválida.

Para mostrar a utilização do critério de particionamento de equivalência na prática, será exemplificada a obrigatoriedade do voto no sistema eleitoral brasileiro. De acordo com esse contexto, serão definidas as classes de equivalência para um programa que recebe a idade de um cidadão e retorna se o mesmo tem a obrigação de votar. As classes de equivalência estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Classes de equivalência do exemplo do sistema eleitoral.

Condições de entrada	Classes válidas	Classes inválidas
Idade do cidadão (idd)	$18 \leq \text{idd} < 65$	1. $\text{idd} < 18$ 2. $\text{idd} \geq 65$

O exemplo apresentado segue a primeira diretriz para definição de classes de equivalência, onde é definida uma classe válida e duas classes inválidas, dado um intervalo de valores. A classe válida refere-se ao intervalo de idades que possuem obrigatoriedade de voto e as duas classes inválidas referem-se às idades que não possuem obrigatoriedade de voto. Este é um exemplo simples, apenas para demonstrar o uso deste critério. É válido ressaltar que alguns detalhes foram omitidos para facilitar a explicação e entendimento, tais como: 1) o voto opcional para adolescentes que tenham idade entre 16 e 18 anos; 2) um valor limite para a idade máxima de um cidadão; e 3) a entrada da idade seja um número negativo.

Em suas considerações, Myers, Sandler e Badgett (2011) relatam que casos de teste que exploram condições limites em classes de equivalência têm maior probabilidade de

encontrar defeitos. Para isto, tem-se o critério Análise de Valor Limite que é bastante utilizado em conjunto com o Particionamento de Equivalência e busca explorar os valores "fronteira" de cada classe de equivalência, auxiliando na elaboração dos casos de teste (PRESSMAN, 2005).

Utilizando este critério, se uma condição de entrada especifica uma faixa de valores limitada em a e b, casos de teste devem ser projetados com os valores a e b e imediatamente acima e abaixo de a e b. O uso deste critério será exemplificado utilizando as classes de equivalência definidas para o exemplo da obrigatoriedade do voto. Na Tabela 2, a classe de equivalência apresenta uma faixa de valores [18, 65], em que foram especificados valores limites exatamente em cima e imediatamente abaixo.

Tabela 2: Casos de teste utilizando a análise de valor limite.

<b>Classe de equivalência</b>	<b>Casos de teste</b>
18 <= idd < 65	(18, 64, 17, 65)

Ainda há outro critério, denominado Grafo Causa-efeito, que é comumente utilizado quando as condições de entrada exercem efeito sobre ações realizadas (NETO, 2007). Neste critério, as condições de entrada (causas) e as ações (efeitos) são identificados e combinados em um grafo, do qual é estruturada uma tabela de decisão que é utilizada para elaboração dos casos de teste (ROCHA et al., 2001).

Para uma demonstração prática deste critério, será utilizado o exemplo de um sistema e-commerce: Em um e-commerce o frete do produto não é cobrado se o preço da compra for maior ou igual à R\$100 e a mesma possuir até 2 produtos, caso o preço da compra seja menor que R\$100, independente da quantidade de produtos, o frete é cobrado. A Figura 3 ilustra a árvore de decisão gerada pelo grafo causa-efeito e a Tabela 3 apresenta a tabela de decisão com as informações para derivação dos casos de teste.

Tabela 3: Tabela de decisão para o exemplo do e-commerce.

<b>Preço da Compra</b>	<b>Quant. Produtos</b>	<b>Cobrar Frete</b>	<b>Frete Grátis</b>
< 100	[−]	Sim	[−]
>= 100	> 2	Sim	[−]
>= 100	<= 2	[−]	Sim

### 2.1.2.2 Teste Estrutural

O Teste Estrutural é uma técnica de teste que permite que a estrutura interna do programa seja examinada (MYERS; SANDLER; BADGETT, 2011). Esta técnica atua dire-

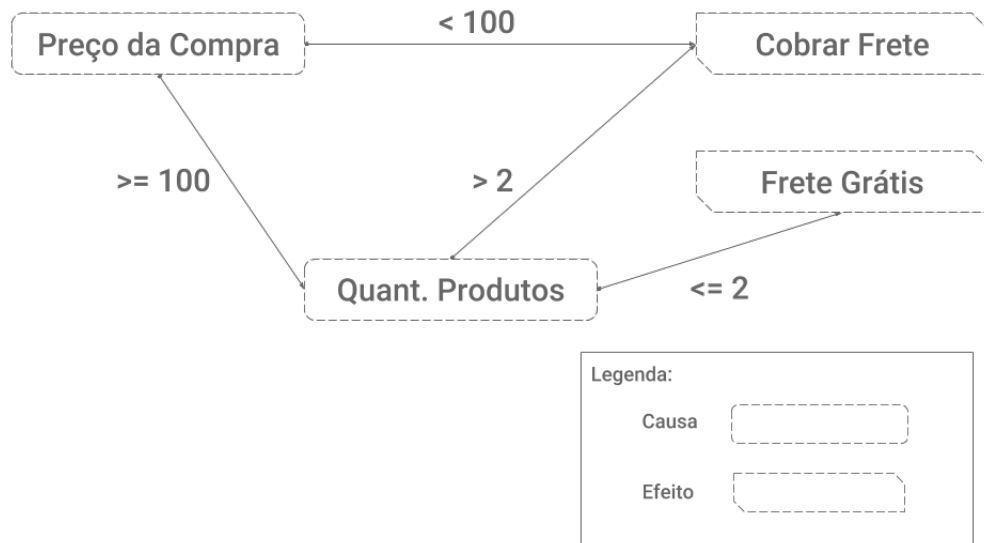


Figura 3: Grafo Causa-efeito (Árvore de decisão).

tamente sobre o código-fonte do programa avaliando aspectos como testes condicionais, teste de fluxo de dados, teste de ciclos e teste de caminhos lógicos (PRESSMAN, 2005).

Os critérios desta técnica representam o programa por meio de uma estrutura conhecida como Grafo de Fluxo de Controle (GFC) (AMMANN; OFFUTT, 2016). Esta estrutura trata-se de um grafo orientado em que cada vértice representa um bloco de comando e cada aresta representa um desvio de um bloco para outro (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017). A Figura 4 apresenta um GFC extraído de um programa exemplificado em Delamaro, Jino e Maldonado (2017). Neste grafo, pode-se visualizar os vértices (blocos) e as arestas com os fluxos entre os vértices.

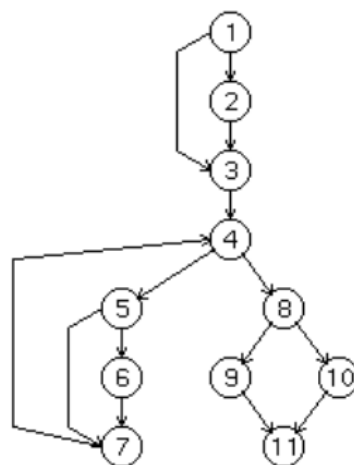


Figura 4: Grafo de Fluxo de Controle (extraído de Delamaro, Jino e Maldonado (2017)).



Os critérios estruturais baseiam-se em tipos de estruturas diferentes para determinar quais partes do programa são requeridas na execução (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017). Estes são classificados em:

**Critérios Baseados na Complexidade:** os critérios nos quais os requisitos de teste são determinados a partir de informações sobre a complexidade do programa;

**Critérios Baseados em Fluxo de Controle:** são critérios que utilizam exclusivamente as características de de controle de execução do programa. Os mais conhecidos são Todos-Arcos, Todos-Nós e Todos-Caminhos;

**Critérios Baseados em Fluxo de Dados:** são critérios que utilizam informações sobre o fluxo de dados do programa para derivar os requisitos de teste. Esses critérios requerem que sejam testadas as interações que envolvem definições de variáveis e referências a essas definições.

### 2.1.2.3 Baseada em Defeitos

A técnica de teste baseada em defeitos, conhecida também como teste de mutação, utiliza informações de defeitos mais comumente cometidos no processo de codificação do software (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017). Esta técnica tem seu foco voltado para os defeitos que desenvolvedores e projetistas podem cometer durante o processo de desenvolvimento, como também nas abordagens utilizadas para detectar as ocorrências destes erros. Os critérios mais conhecidos são:

**Critério de Injeção de Defeitos:** critério no qual são inseridos defeitos propositalmente no software. Os testes, por sua vez, são executados e podem encontrar tanto os erros injetados como erros naturais do código. Os resultados dependem de como os defeitos são introduzidos, que, no geral, é uma tarefa manual. A razão dos defeitos inseridos pelos defeitos naturais representa o número de defeitos naturais ainda existentes no programa e serve para mensurar os ajustes que precisam ser realizados no conjunto de casos de teste.

**Critério de Análise de Mutantes:** este critério busca introduzir defeitos sistematicamente no programa por meio de pequenas modificações sintáticas. Assim, são geradas versões diferentes do programa chamadas de "mutantes", as quais são testadas com o objetivo de revelar diferenças de comportamento existentes entre o programa original e seus mutantes.

Cada uma das técnicas de teste supracitadas possuem suas especificidades e podem ser aplicadas em atividades de teste separada ou conjuntamente. O nível de detalhamento de um caso de teste ou a eficácia na cobertura das classes de um componente de software dependerá do quão qualificado é o profissional de teste, fator que influencia diretamente na qualidade do projeto de teste.

Na indústria de software, o grande problema não está na quantidade de testes que são executados no projeto, mas em quem testa o software e como estes o fazem (WONG et al., 2011). A falta de profissionais acessíveis e qualificados para implementar técnicas e boas práticas de teste é outro problema da indústria (THIRY; ZOUCAS; SILVA, 2011), onde ocorre o negligenciamento de atividades de teste e as técnicas padrões são taxadas como difíceis e tediosas (CLEGG; ROJAS; FRASER, 2017).

Perante tais problemas, a literatura indica a gamificação como uma alternativa para auxiliar na resolução de problemáticas relacionadas com desmotivação e inabilidade (ALAB-BADI; QURESHI, 2016; KAPP, 2012). Estratégias gamificadas têm sido amplamente empregadas em contextos educacionais e de qualificação profissional como ferramentas pedagógicas visando o aumento da motivação dos envolvidos (VIANNA et al., 2013; DETERDING et al., 2011).

## 2.2 Gamificação

### 2.2.1 Gamificação e Jogos

Os jogos sempre fizeram parte do cotidiano da humanidade. Um jogo é um sistema que apresenta um conjunto de desafios significativos e motivantes para o jogador (MARCOS; GARCIA-LOPEZ; GARCIA-CABOT, 2016). Atualmente, o que tem gerado grande discussão e aplicações em diversos segmentos são os jogos digitais, que já assumiram um papel de destaque na cultura contemporânea (SAVI; ULBRICHT, 2008). Kirriemuir e McFarlane (2004) em suas pesquisas, buscaram investigar o motivo dos jogos digitais serem tão atraentes, vindo a relacionar este fato a uma combinação entre fantasia, desafio e curiosidade que imergem os jogadores.

Notoriamente, os jogos digitais têm sido comumente utilizados para diversão e entretenimento (SAVI; ULBRICHT, 2008), movimentando uma crescente indústria (KIRRIEMUIR; MCFARLANE, 2004). Dentre as várias esferas que têm adotado jogos digitais, a educação é uma das que mais se destacaram (SQUIRE, 2008), usufruindo dos jogos para desenvol-

vimento do conhecimento e engajamento de estudantes (ELLIS et al., 2006). O professor, como mediador entre aluno e o conteúdo, tem explorado os jogos cada vez mais em sala de aula para propor desafios e oferecer soluções (KAPP, 2012).

Em meio a isto, uma tendência que surgira em meados do ano de 2010 (BRITO, 2017), foi sendo bastante difundida no âmbito educacional com o intuito de explorar a potencialidade da sala de aula utilizando de elementos de jogos (HANUS; FOX, 2015; SEIXAS; GOMES; FILHO, 2016). Esta tendência, denominada de gamificação (do inglês *gamification*), trata-se da utilização de elementos de jogos em um contexto que não seja um jogo, de modo a ocasionar uma transformação motivacional no indivíduo envolvido neste contexto (DETERDING et al., 2011; FITZ-WALTER; TJONDRONEGORO; WYETH, 2012). Em outras palavras, a gamificação consiste no uso de partes de jogos em um dado ambiente com o objetivo de motivar e aumentar o engajamento das pessoas.

A gamificação foi facilmente adotada pela educação por oferecer um maior potencial para motivação e engajamento dos estudantes na sala de aula (SIMÕES; REDONDO; VILAS, 2013; KAPP, 2012). Segundo Marcos, Garcia-Lopez e Garcia-Cabot (2016), a gamificação pode tomar formas variadas, assim como um projetista de jogos pode utilizar de uma narrativa atraente e um sistema de *feedback* para criar um estado de progressão contínua que prende a atenção do jogador e o mantém imerso em uma experiência, um professor pode utilizar de uma narrativa para mudar o contexto em volta de uma atividade típica e incentivar o comportamento dos alunos através de medalhas e sistemas de recompensas (HANUS; FOX, 2015; CLARK; ROSSITER, 2008).

### 2.2.1.1 Tipos de Motivação

O cerne da gamificação está na motivação, em proporcionar a mudança de comportamento nas pessoas. Motivação é uma construção psicológica que combina duas dimensões (WALZ; DETERDING, 2015): 1) ter energia para tomar ações; e 2) mover essa energia em uma direção específica. Há dois tipos de motivação apontados pela literatura:

**Motivação Intrínseca:** É a motivação interna do indivíduo, que apresentam transformações motivacionais mais duradouras. Os resultados gerados perduram por longos períodos;

**Motivação Extrínseca:** É o tipo de motivação que advém de uma fonte externa ao indivíduo, cujas transformações são mais passageiras. O engajamento do indivíduo acaba quando a fonte de motivação também acaba.

Em um ambiente educacional, é ideal que o desejo de aprender origine-se no estudante, pois estudantes motivados intrinsecamente são mais engajados e armazenam melhor as informações (DECI; RYAN, 2010). Por outro lado, é menos desejável que os alunos sejam extrinsecamente motivados, advindo a sua motivação para um dado comportamento de uma fonte externa (HANUS; FOX, 2015).

Um corpo substancial de pesquisas sugere que deve-se ter cautela quanto à tentativa de aumentar a motivação intrínseca, uma vez que motivadores externos como recompensas, incentivos e competição, os quais impulsionam muitos esforços de gamificação, demonstraram diminuir a motivação interna (DECI; RYAN, 2010). Essa diminuição na motivação, resultante do recebimento de estímulos externos, ocorre quando um indivíduo está inicialmente interessado em uma tarefa, recebe uma recompensa tangível e move seu interesse para a mesma, esperando que a recompensa avance (TANG; HALL, 1995).

Essencialmente, oferecer recompensas tangíveis e esperadas para indivíduos que já estão interessados em um tópico podem fazer com que eles mudem as motivações de interna (i.e, porque eles queriam) para externa (i.e, porque eles querem ganhar uma recompensa) (LEPPER; GREENE; NISBETT, 1973). Quando a recompensa está presente, pode-se estar interessado em completar a tarefa, mas uma vez que a recompensa é removida, a pessoa não terá mais uma motivo para realizar um comportamento, pontua Lepper, Greene e Nisbett (1973).

Relacionados a ambos os tipos de motivação estão os elementos de jogos, que tanto podem gerar empenho por uma fonte externa como proporcionar estímulos internos ao indivíduo. Os elementos de jogos e suas categorias serão melhor discutidos a seguir.

## 2.2.2 Elementos de Jogos

Os elementos de jogos consistem nas partes que compõem um jogo. Segundo a categorização proposta por Werbach e Hunter (2015), os elementos de jogos são divididos em:

**Dinâmicas de Jogos:** São os elementos que compõem o contexto do jogo. Eles representam as interações entre o jogador e as mecânicas de jogos;

**Mecânicas de Jogos:** São os elementos que orientam as ações do jogador. Eles viabilizam o funcionamento do jogo;

**Componentes de Jogos:** São os elementos mais concretos utilizados na interface do

jogo.

Estas definições das categorias de elementos de jogos também é compreendida por Zichermann e Cunningham (2011), no qual relatam que as mecânicas de jogos são responsáveis por fazer com que os componentes funcionem, permitindo que o jogador tenha controle e guie suas ações. Além disso, os autores também compartilham do entendimento de que as dinâmicas de jogos são responsáveis pelas interações do jogador com as mecânicas de jogos. A Figura 5 apresenta as categorias e exemplifica alguns elementos, e a Figura 6 apresenta as associações entre categorias de alguns elementos.

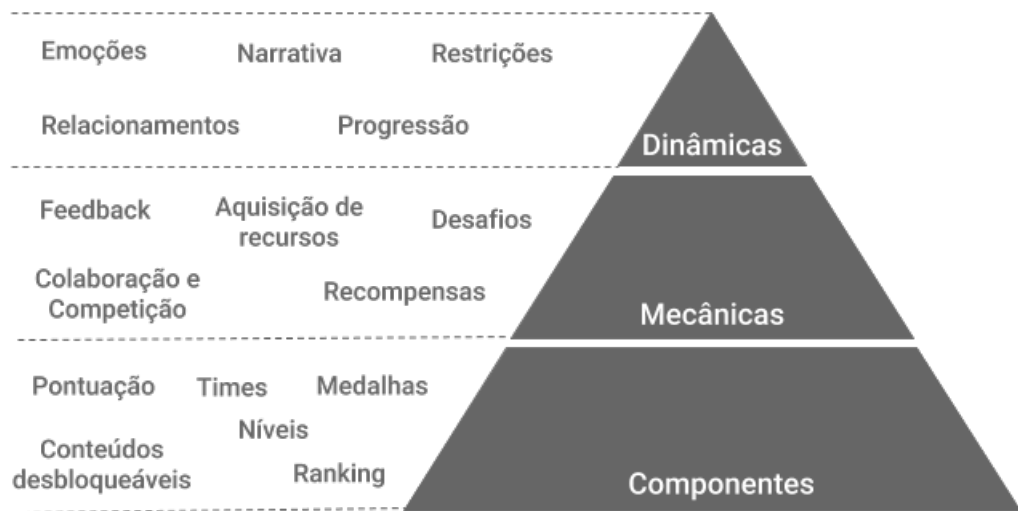


Figura 5: Categorias de elementos de jogos (adaptado de Werbach e Hunter (2015)).

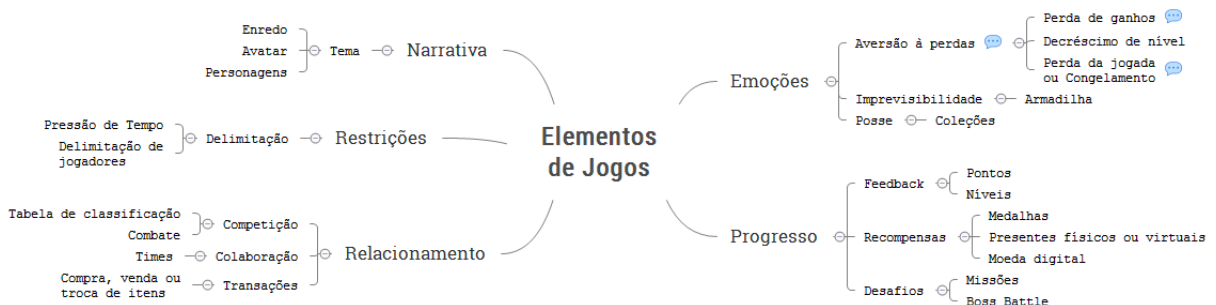


Figura 6: Elementos de jogos e suas associações entre as categorias.

Todavia, elaborar uma estratégia gamificada não é uma tarefa trivial. Unir elementos de jogos apenas por afinidade ou pela facilidade de uso é uma decisão que deve ser evitada. Cada cenário apresenta especificidades e os elementos de jogos devem ser selecionados com o propósito de atingir determinadas partes de um problema, de forma a impedir a utilização desnecessária de elementos.

Usualmente, muitas abordagens gamificadas educacionais utilizam a estratégia PBL (do inglês *Points, Badges and Leaderboards*) (BRITO, 2017), que de certo modo, pode ser útil para um dado cenário, mas não para todos. Existem alguns trabalhos que apresentam metodologias de gamificação aplicadas à educação, as quais têm como foco auxiliar na elaboração de abordagens gamificadas. Dentre estas, há a metodologia *Level Up*, que apresenta um conjunto detalhado de etapas mostrando-se como uma abordagem adequada a este trabalho.

## 2.3 Level Up

Level Up é uma metodologia para construção de abordagens gamificadas educacionais voltadas para a solução de problemas apurados em um cenário real que possui um processo baseado nos princípios do Design Thinking (BRITO, 2017). Este processo também utiliza-se do modelo Octalysis que elenca elementos de jogos, os quais lidam com aspectos motivacionais específicos.

Esta metodologia foi escolhida justamente pelo fato de utilizar-se do Design Thinking com o intuito de estudar as razões do problema, para então propôr uma solução focada no que foi identificado. É crucial entender os aspectos que geram a desmotivação dos alunos em atividades de teste, para então selecionar adequadamente os elementos de jogos com o auxílio do Octalysis.

Outro ponto válido que pode ser destacado é o caráter iterativo apresentado pelo processo descrito na Level Up. O processo possui etapas que permitem a verificação de elementos que estão funcionando ou não, possibilitando a realização de ajustes para a elaboração de uma estratégia gamificada mais direcionada.

### 2.3.1 Design Thinking

O Design Thinking é uma abordagem centrada no fator humano que busca estudar o problema de acordo com a óptica das pessoas envolvidas, para só então propôr soluções adequadas (BROWN, 2018). Isto permite que esta abordagem considere questões não funcionais como diversão, preferências do usuário, facilidade de uso e aceitação da solução, sendo acatadas e utilizadas no desenvolvimento da solução final.

O Design Thinking baseia-se em 4 princípios:

1. **Empatia:** O foco é o usuário e o atendimento de suas necessidades, que devem ser

consideradas na construção da solução. A solução é desenvolvida de forma incremental, em interação constante com as pessoas envolvidas;

2. **Colaboração:** A solução deve ser desenvolvida em conjunto com as pessoas interessadas e que tem o conhecimento sobre o problema investigado. Todas as pessoas envolvidas no cenário devem contribuir com o processo, apresentando suas perspectivas para formar uma compreensão geral do problema, como também maneiras para solucioná-lo;
3. **Experimental:** As soluções propostas precisam ser testadas, com isso devem ocorrer iterações durante o processo de modo a experimentar as ideias e coletar o *feedback* das pessoas. O objetivo é identificar e validar quais ideias apresentam êxito e quais devem ser descartadas;
4. **Otimismo:** A intenção é visualizar o problema como algo que não é impossível resolver, buscando sempre considerar a experiência do usuário em todas as etapas, ao invés de em uma única etapa isolada.

Além disso, o Design Thinking compreende 5 passos:

1. **Descoberta:** Esta primeira etapa volta-se para a investigação do problema e como ele afeta as pessoas envolvidas no cenário. O sucesso desta etapa depende do contato e da imersão no cenário investigado. Para isso, dados devem ser coletados por meio de entrevistas e questionário;
2. **Interpretação:** Nesta etapa, os dados coletados na etapa de descoberta devem ser analisados e interpretados, com o intuito de identificar pontos específicos para auxiliar na proposição de ideias. Estes pontos/possibilidades podem ser refinados até obter um conjunto viável no qual poderão ser implementadas e testadas ideias para validação no cenário real;
3. **Ideação:** Esta é a etapa em que ocorre a proposição de ideias com base no que foi coletado e interpretado. O objetivo é propor ideias que impactem positivamente no cenário atingindo o problema de forma significativa;
4. **Experimentação:** Etapa em que as ideias estabelecidas são colocadas em prática. Um protótipo deve ser desenvolvido e ter a sua experimentação realizada em um cenário real, de modo a validar as ideias e obter o *feedback* das pessoas envolvidas na experimentação;

5. **Evolução:** Nesta última etapa, é realizada uma avaliação do *feedback* coletado com participantes da experimentação. Este é o momento em que ocorre a análise das ideias que funcionaram, verificando quais necessitam de ajustes e quais devem ser descartadas.

Embora estas etapas estejam elencadas conforme a ordem de execução, é válido salientar que o Design Thinking é um processo iterativo. Deste modo, após a análise realizada na evolução pode-se voltar para qualquer outra etapa, objetivando o refinamento e ajuste do que fora definido para obter sucesso na solução final.

### 2.3.2 Octalysis

O Octalysis é um modelo baseado em 8 ativadores motivacionais que compreende conceitos psicológicos e elementos de jogos (CHOU, 2015). Este modelo tem como foco o desenvolvimento de soluções gamificadas baseadas no ser humano (Human-Focused Design), onde cada ativador possui uma finalidade específica e tem alguns elementos de jogos agregados ao mesmo. Os 8 ativadores motivacionais são:

**Significado "épico" e vocação:** Deve-se oferecer uma experiência que tenha significado para o seu público. O passo central é identificar o que o público valoriza e assume como algo com significado;

**Desenvolvimento e realização:** Aqui se estabelecem os desafios que devem vir junto com as recompensas expressas de maneira clara. Desafios são tidos como elementos de mudança. As recompensas mantêm os indivíduos engajados, pois são formas de mostrar que os indivíduos estão vencendo os desafios propostos.

**Empoderamento de criatividade e feedback:** Neste tópico, os indivíduos estão imersos em um processo criativo, onde desenvolvem soluções. A criatividade aqui toma o sentido de desenvolvimento de diferentes soluções para resolução de um mesmo problema. O intuito é desenvolver a habilidade de pensar e repensar soluções de um mesmo problema, fazendo com que problemas similares sejam resolvidos mais rapidamente.

**Propriedade e posse:** Deve-se fazer com que os indivíduos criem vínculos com os resultados de suas ações. Isto o motiva e o faz permanecer engajado em uma experiência.



Neste tópico, são equilibradas as motivações extrínseca e intrínseca, onde os resultados e conquistas (medalhas, prêmios, aumento de nível) refletem o crescimento do indivíduo.

**Influência social e relacionamento:** A criação de um ambiente competitivo pode ser um ponto positivo, desde que trabalhado de maneira correta. Ranking é um exemplo de elemento que exerce influência social. No entanto, deve-se tomar cuidado para que quem está no topo não torne-se fonte de desmotivação para quem está mais abaixo.

**Recursos ilimitados e situações de impaciência:** Limitar prêmios, bônus e tarefas diárias que precisam ser cumpridas é uma maneira de reforçar o engajamento e fazer com que os envolvidos valorizem as missões cumpridas. A diversão do jogo está no desfrute dos limites, não trata-se de fazer o que queremos, mas fazer o que podemos com o que nos é dado.

**Imprevisibilidade e curiosidade:** A surpresa é vista como um ponto positivo quanto a experiência. Nunca entregar todo o conteúdo e surpreender pode ter um efeito bastante interessante. Deve-se despertar a curiosidade e senso de exploração do usuário.

**Perda e evasão:** Este tópico refere-se ao aprendizado por meio dos erros/falhas, onde o indivíduo deve buscar aperfeiçoar um ponto fraco e saber evitar aquilo que possa evitar seu trabalho. Isso pode envolver o elemento aversão à perda.

### 2.3.3 Etapas do Level Up

O Level Up possui 5 etapas bem definidas, que serão enumeradas a seguir e terão seu fluxo ilustrado na Figura 8.

1. **Investigação do cenário:** Etapa cujo foco é voltado para o entendimento do cenário onde a gamificação será aplicada. Dois questionamentos são feitos: 1) "Qual o problema percebido no cenário?"; 2) "A gamificação pode ajudar a resolver esse problema?". Um conjunto de ações é sugerido para obtenção das respostas destes questionamentos: 1) Coleta de informações - As informações coletadas podem ser de caráter qualitativo (i.e. percepção de alunos e professores, relatos de experiências), ou quantitativo (i.e. índices de aprovação e evasão, carga horária, médias de desempenho das turmas); 2) Definição do problema; e 3) definição do público alvo;

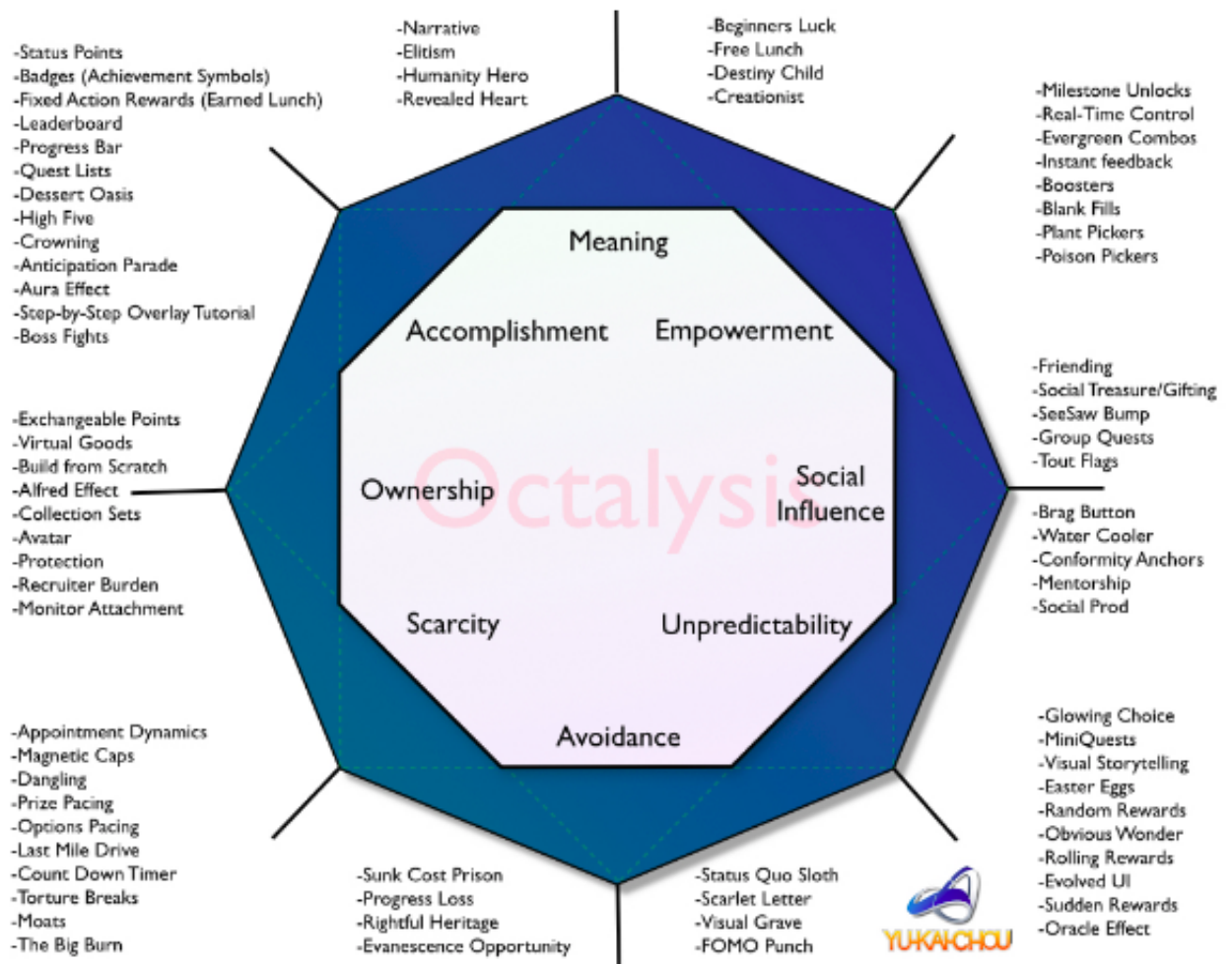


Figura 7: Representação do modelo Octalysis (extraído de Chou (2015)).

- Definição dos objetivos de gamificação:** Nesta etapa deve-se estabelecer os objetivos pretendidos com a aplicação da gamificação de forma clara e sucinta. Uma questionamento é feito: "O que se pretende alcançar com a gamificação?". Inicialmente, deve-se entender os aspectos motivacionais do cenário original para depois estabelecer um novo modelo de engajamento para o público-alvo. O modelo Octalysis pode ser utilizado, pois possibilita a visualização dos ativadores de motivação.
- Seleção dos elementos de jogos:** Etapa no qual ocorre a escolha dos elementos de jogos, que devem ser alinhados ao modelo motivacional proposto. Deve-se também deixar claro: 1) A justificativa do uso (o porquê da escolha do elemento); e 2) A interação dentro do modelo (especificação das formas como o elemento afeta o público-alvo). Isto evita a utilização de elementos sem propósito específico;
- Prototipação da abordagem gamificada:** Nesta etapa é realizada a implementação e execução da abordagem gamificada desenvolvida. Para avaliar a abordagem,

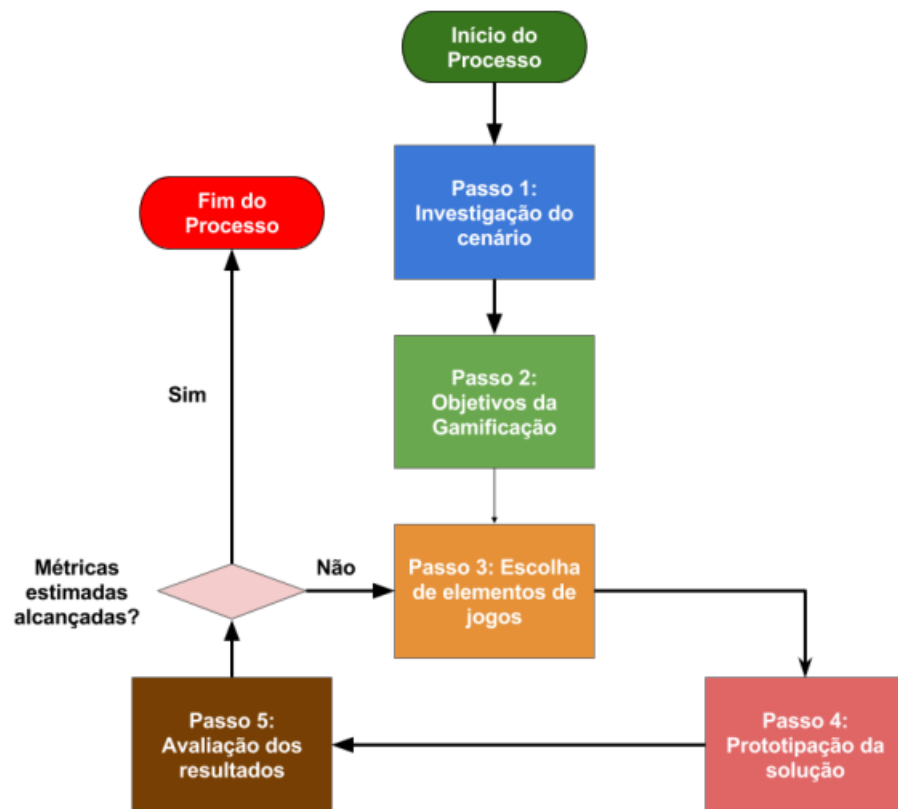


Figura 8: Fluxo de etapas do Level Up (extraído de Brito (2017)).

deve-se estabelecer métricas que permitam aferir se os objetivos de gamificação definidos anteriormente foram alcançados.

5. **Evolução da abordagem gamificada:** Esta etapa consiste na avaliação da abordagem a partir dos resultados obtidos na experimentação do protótipo. Alguns questionamentos também são feitos, tais como: 1) "Os objetivos foram alcançados?"; 2) "Como a abordagem desempenhou frente ao que foi proposto como meta da gamificação?"; 3) "Como cada elemento escolhido influenciou na abordagem?"; e 4) "Qual foi a recepção do público alvo para cada elemento?"; Tais questionamentos permitem uma análise completa da abordagem, enquanto as métricas para cada elemento podem ser utilizadas para mensurar o impacto destas sobre cada estudante, permitindo ajustes e/ou eliminação de elementos, se necessário.

## 3 Mapeamento Sistemático da Literatura

### 3.1 Motivação e Caracterização do problema

A literatura tem mostrado que os domínios da educação e treinamento têm aplicado abordagens como gamificação e jogos para resolver problemas relacionados com despreparo e desmotivação (KAPP, 2012; ALABBADI; QURESHI, 2016; AMPATZOGLOU; STAMELOS, 2010). Estas duas abordagens têm sido adotadas como ferramentas pedagógicas e como mecanismos para aumentar o engajamento e motivação das pessoas em tarefas específicas (DETERDING et al., 2011; VIANNA et al., 2013).

A gamificação consistindo na utilização de elementos de jogos em contextos não-jogo (DETERDING et al., 2011; WERBACH; HUNTER, 2015), seu objetivo é incitar a mudança de comportamento, motivando e envolvendo as pessoas com tarefas específicas (HUGOS, 2012; PEDREIRA et al., 2015). Os jogos, por sua vez, têm sido usados para incentivar a colaboração na resolução de problemas em ambientes corporativos e são empregados com sucesso no ensino de conceitos complexos (DETERDING et al., 2011).

Poucos estudos sobre Teste de Software fornecem uma compreensão geral acerca da aplicação de gamificação e jogos na área. A partir desta carência de estudos, surgiu a necessidade de investigação de trabalhos que tratam desta temática. Para suprir tal necessidade, foi elaborado e executado um mapeamento sistemático da literatura, com o intuito de identificar e analisar estudos que abordassem o uso da gamificação e de jogos em Teste de Software.

### 3.2 Metodologia

O mapeamento sistemático da literatura apresentado neste capítulo foi planejado e executado ao longo do segundo semestre do ano de 2018. O objetivo do estudo foi identi-

car e analisar trabalhos sobre gamificação e jogos em Teste de Software para compreender quais tópicos da área estão sendo abordados, as lacunas e oportunidades de trabalhos futuros.

Para o planejamento e execução deste mapeamento sistemático, seguiu-se as recomendações sugeridas na literatura (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2011; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015).

### 3.2.1 Questões de Pesquisa

Para guiar o estudo, foram definidas 4 questões de pesquisa apresentadas a seguir:

**QP1:** Quais tópicos de Teste de Software têm sido abordados com o uso de gamificação e jogos?

**Justificativa:** O objetivo desta questão de pesquisa é verificar quais tópicos de Teste de Software têm sido abordados e, principalmente, quais os tópicos que não têm recebido atenção. Nesta QP, foram analisados se os estudos cobriam tópicos como técnicas de teste e níveis de teste. A identificação de lacunas é importante para direcionar trabalhos futuros sobre os tópicos menos abordados.

**QP2:** Quais elementos de jogos têm sido utilizados nos estudos sobre Teste de Software?

**Justificativa:** Existe uma grande quantidade de elementos de jogos. É necessário saber quais elementos de jogos são mais utilizados nos estudos sobre Teste de Software.

**QP3:** Quais objetivos os estudos pretendiam alcançar com a aplicação da gamificação e dos jogos?

**Justificativa:** Gamificação e jogos podem ser propostos para lidar com problemas de motivação e aprendizagem. Elementos de jogos específicos são sugeridos para tratar determinados problemas, buscando alcançar objetivos como aumento no engajamento e encorajamento de pessoas. Essa QP buscou investigar que elementos são ideais para dados objetivos.

**QP4:** Como foi avaliada a aplicação da gamificação e dos jogos?

**Justificativa:** Avaliar a aceitabilidade e o impacto da gamificação e jogos é um passo fundamental para sua adoção e disseminação. A proposta dessa QP foi investigar como os pesquisadores avaliaram a aplicação da gamificação e jogos, verificando também se foi

bem sucedida.

### 3.2.2 Estratégia de Busca

Para realizar a busca automática, foi selecionada a Scopus Database por indexar artigos de conferências, jornais e *workshops*. A *string* de busca foi estruturada usando 3 termos gerais: "*Gamification*", "*Game*" e "*Software Testing*". A *string* de busca foi definida segundo recomendado por (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2011; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015). Após algumas iterações de refinamento, chegou-se à *string* de busca final apresentada na Tabela 4. É válido salientar que o método de busca automática da Scopus Database filtra os artigos pelo título, *abstract* e palavras chave.

Tabela 4: Termos gerais e *string* de busca.

Termos	<i>String</i> de busca
Gamification, Game	"gamification"OR "gamify"OR "gamifying"OR "gamified"OR "game" AND
Software Testing	"software testing"

### 3.2.3 Estratégia de Seleção

#### 3.2.3.1 Critérios de Seleção

Foram definidos 6 critérios de seleção divididos em critérios de inclusão (I) e critérios de exclusão (E) (WOHLIN, 2014). Cada critério será explicado a seguir:

**I1:** O artigo descreve a aplicação de gamificação em Teste de Software;

**I2:** O artigo descreve a aplicação de jogos em Teste de Software;

**I3:** O artigo deve ser uma publicação *peer-reviewed* de *academic journals*, conferências ou *workshops*;

**E1:** O artigo não possui acesso público;

**E2:** O artigo possui apenas o *abstract* disponível;

**E3:** A publicação é uma dissertação ou uma tese.

### 3.2.3.2 Processo de Seleção

Os artigos retornados pela busca automática foram analisados segundo as recomendações de Budgen et al. (2008). A seleção dos artigos foi dividida em 3 etapas, apresentadas a seguir:

**Primeira Etapa:** Seleção pelo título e metadados;

**Segunda Etapa:** Seleção pelo *abstract*;

**Terceira Etapa:** Seleção pela leitura completa do texto.

Em cada etapa, foram aplicados os critérios de seleção definidos previamente. A Tabela 5 apresenta a distribuição dos critérios de seleção em cada etapa de seleção.

Tabela 5: Distribuição dos critérios de seleção pelas etapas de seleção.

<b>Etapas de seleção</b>	<b>Critérios de seleção</b>
Primeira etapa: Seleção pelo título e metadados	I1, I2, I3, E1, E3
Segunda etapa: Seleção pelo <i>abstract</i>	I1, I2, E2
Terceira etapa: Seleção pela leitura completa do texto	I1, I2

### 3.2.3.3 Extração dos Dados

Para responder as questões de pesquisa definidas, foram extraídos alguns itens de cada artigo, os mesmos estão apresentados na Tabela 6. O ano de publicação e local de publicação, são informações extraídas dos metadados que não compõem nenhuma questão de pesquisa. Já os demais itens compreendem uma ou mais questões de pesquisa e foram extraídos do texto.

## 3.2.4 Snowballing

O Snowballing é uma técnica iterativa de sondagem de referências (WOHLIN, 2014; BUDGEN et al., 2008). Esta técnica foi utilizada para identificar potenciais artigos não retornados pela busca automática. Ela é dividida em dois métodos:

**Backward:** É examinada a lista de referências do artigo que está sendo analisado, verificando a existência potenciais artigos úteis ao estudo;

Tabela 6: Distribuição dos critérios de seleção pelas etapas de seleção.

Item	Descrição	Questão de Pesquisa
Ano	O ano de publicação do artigo	Não há
Local de publicação	The conference of publication of the study	Não há
Tipo de objeto	O tipo do objeto em estudo, e.g., gamificação ou jogo	QP1
Tópico de Teste de Software	O tópico de Teste de Software abordado no artigo	QP1
Elementos de jogos	Os elementos de jogos utilizados	QP2
Objetivos pretendidos	Os objetivos pretendidos com a aplicação da gamificação e de jogos	QP3
Método de avaliação	O método de avaliação utilizado no artigo	QP4

**Forward:** É examinada a lista de citações do artigo que está sendo analisado. O Google Scholar é uma ferramenta recomendada e utilizada pela literatura para visualizar as citações de artigos;

Ao executar o Snowballing, os artigos encontrados são reunidos em um novo conjunto para serem posteriormente analisados. Após a execução do Backward e Forward, os artigos encontrados são analisados utilizando os critérios de seleção e as etapas de seleção definidos. Concluída a análise, o Snowballing é executado novamente, porém sobre os artigos remanescentes. Esta rotina de execução do Snowballing, separação e análise de artigos é repetida até que não hajam mais potenciais artigos para examinar.

### 3.3 Resultados e Análise

Nesta seção, serão apresentados os resultados da busca automática, os resultados do Snowballing e a análise dos artigos selecionados.

#### 3.3.1 Resultados da Busca Automática

Anteriormente, foi discutido sobre a estratégia de busca automática utilizada para coletar artigos na Scopus Database. Foram retornados 255 artigos após o refinamento da *string* de busca e limitação da busca para a área da Computação. Esses artigos foram analisados utilizando as etapas de seleção e critérios de seleção definidos. Seguindo com os procedimentos de análise, a **primeira etapa** da seleção foi executada sobre os 255 artigos retornados pela busca automática. Na primeira etapa, 236 trabalhos foram removidos



após a aplicação do critério de seleção por título e 2 trabalhos foram removidos por não possuírem acesso público, restando 17 trabalhos. Seguindo para a **segunda etapa**, estes 17 artigos tiveram o *abstract* analisado e 2 artigos foram removidos, restando 15 artigos. Estes 15 artigos foram analisados na **terceira etapa** e nenhum trabalho foi removido, restando ainda 15 artigos.

### 3.3.2 Resultados do Snowballing

O Snowballing foi executado em três iterações, mas nenhum trabalho foi selecionado na terceira iteração porque os trabalhos examinados não correspondiam ou já haviam sido selecionados anteriormente. Foram selecionados 13 artigos, sendo 7 artigos na primeira e 6 artigos segunda iterações. Os métodos Backward e Forward foram executados em cada iteração, assim como a estratégia de seleção que também foi aplicada em cada iteração. A Figura 9 mostra o processo e resultados do Snowballing.

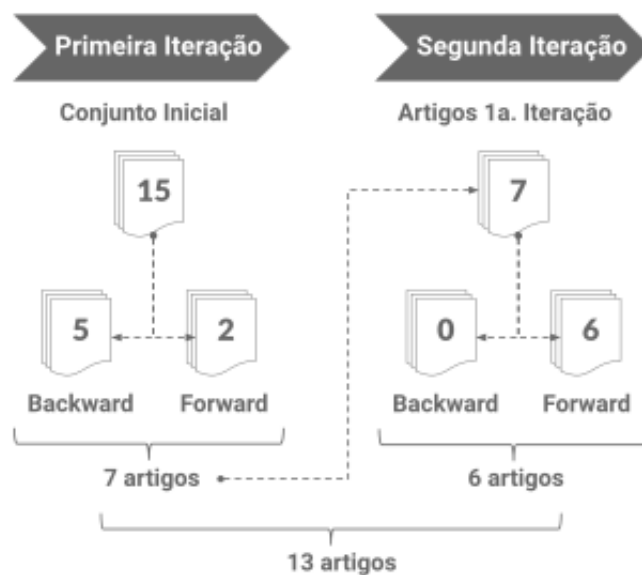


Figura 9: Iterações e resultados do Snowballing.

**Primeira Iteração:** A primeira iteração do Snowballing foi executada sobre o conjunto de 15 artigos selecionados a partir dos artigos retornados da busca automática, denominado **Conjunto Inicial**. Na execução do Backward, 305 referências foram analisadas e 5 artigos foram selecionados. Finalizado o Backward, foi executado o método Forward, onde 74 citações foram analisadas e 2 artigos foram selecionados apenas. Assim, foram selecionados 7 artigos na primeira iteração do Snowballing.

**Segunda Iteração:** Na segunda iteração do Snowballing o processo repetiu-se, sendo

executado sobre o conjunto de artigos selecionados na primeira iteração do Snowballing. Ao executar o método Backward, 142 referências foram analisadas, mas nenhum trabalho foi selecionado. Seguindo para o Forward, 65 citações foram analisadas e 6 artigos foram selecionados. Assim, foram selecionados 6 artigos na segunda iteração do Snowballing.

Ao executar a terceira iteração do Snowballing, 112 referências foram analisadas no Backward e 36 citações no Forward. As referências e citações encontradas nesta iteração não foram incluídas no estudo porque já haviam sido selecionadas em iterações anteriores ou não eram necessárias ao estudo.

### 3.3.3 Resultados do Estudo

#### 3.3.3.1 Classificação dos Estudos

No total, foram selecionados 28 trabalhos, sendo 15 selecionados dos artigos retornados pela busca automática e 13 trabalhos selecionados a partir do Snowballing. Destes, 13 artigos são sobre gamificação e 15 artigos sobre jogos. A Figura 10 mostra a porcentagem de distribuição dos estudos de gamificação e jogos. Os estudos sobre gamificação tratam de abordagens gamificadas e sistemas gamificados, que foram chamados de **Soluções Gamificadas**.

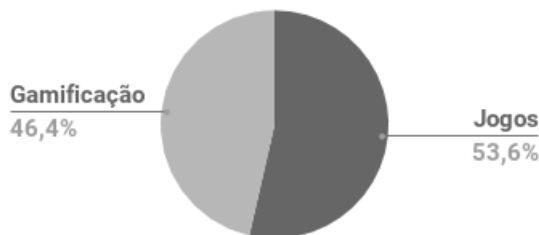


Figura 10: Percentual de estudos sobre gamificação e jogos.

Como mostrado na Figura 10, 53,6% dos artigos discutem sobre jogos e 46,4% discutem sobre gamificação. No entanto, alguns trabalhos relatam sobre a mesma solução gamificada ou discutem sobre o mesmo jogo. Ao todo, são 6 soluções gamificadas - sendo 5 sistemas e uma atividade gamificada - e 10 jogos, que estão apresentados na Tabela 7.

Estes trabalhos foram publicados entre os anos de 2007 e 2018. Nos anos de 2007, 2012, 2014, 2015 e 2018 foi publicado um artigo por ano, sendo que a maioria dos trabalhos foi publicada entre 2016 e 2017, totalizando 15 artigos. Em 2011, houve um aumento

Tabela 7: Distribuição dos artigos por itens do conjunto gamificado e jogos.

Nome	Soluções Gamificadas	Jogos
Code Defenders	[P2], [P3], [P7], [P10], [P17]	[-]
EMVille	[P1]	[-]
Mutation	[P4]	[-]
Rings	[-]	[P8]
Testing Game		[P9], [P21]
TestEG	[-]	[P11]
gTest Learning	[-]	[P12]
iLearnTest	[-]	[P13]
U-Test	[-]	[P14]
Secret Ninja Testing	[P15]	[-]
BlackBox Game	[-]	[P22]
Bug Hunt	[P14]	[-]
JoVeTest	[-]	[P19]
Jogo dos 7 erros	[-]	[P18], [P20],[P24]
iTest Learning	[-]	[P23], [P26], [P28]
Bug Catcher	[P27]	[-]
Bug Wars	[P25]	[-]

no número de publicações, mas nos quatro anos subsequentes esse número foi reduzido. Em 2007 foi publicado um artigo sobre gamificação, mas o artigo não discute sobre gamificação, pois ainda não era um tópico muito discutido ou inexistente. A Figura 11 e a Tabela 8 mostra a distribuição dos artigos e seus respectivos anos de publicação.

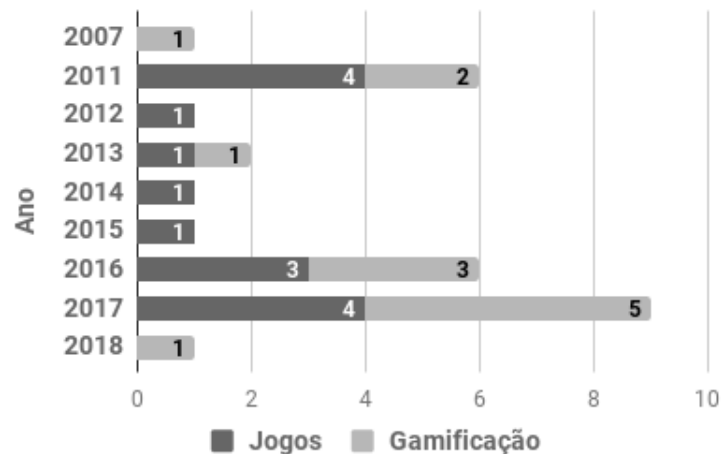


Figura 11: Quantidade de estudos por ano de publicação.

Tabela 8: Distribuição dos estudos pelos anos de publicação.

Ano	Gamificação	Jogos
2007	[P16]	[-]
2011	[P15], [P25]	[P14], [P18], [P20], [P24]
2012	[-]	[P23]
2013	[P27]	[P26]
2014	[-]	[P28]
2015	[-]	[P13]
2016	[P3], [P5], [P17]	[P11],[P12], [P19]
2017	[P1], [P2], [P4], [P6], [P10]	[P8], [P9], [P21], [P22]
2018	[P7]	[-]

### 3.3.3.2 Utilização das Soluções Gamificadas e Jogos

Houve a utilização de sistemas gamificados disponíveis e alguns jogos reunidos neste estudo. Mensagens por meio de correio eletrônico foram enviadas para todos os autores, solicitando acesso aos sistemas e jogos indisponíveis. No total, foram utilizados 4 jogos e 4 sistemas gamificados: **Sistemas**) Code Defenders <sup>1</sup>, Bug Hunt <sup>2</sup>, EMVile e Bug Catcher; **Jogos**) iLearnTest, Testing Game<sup>3</sup>, iTest Learning e JoVeTest<sup>4</sup>.

**Code Defenders:** É um sistema web para o ensino e prática da técnica de teste de mutação através de duelos e competições entre equipes. O sistema tem dois tipos de usuários: **Attackers**) Os usuários que injetam o defeito no código, criando os mutantes; **Deffenders**) Os usuários que criam os testes de unidade para identificar os defeitos injetados,e assim "matam" os mutantes. Este sistema suporta apenas a linguagem de programação Java e testes de unidade no *framework* JUnit. Além disso, há uma tabela de classificação composta por todos os usuários do sistema, estimulando a competição entre eles.

**Bug Hunt:** É um sistema web que reúne um conjunto de lições sobre Teste de Software, no qual são abordados os princípios de Teste de Software e as técnicas de Teste Funcional e Teste Estrutural. Cada lição apresenta uma visão geral sobre o conteúdo que é abordado. Os usuários realizam exercícios, como definição casos de teste, reutilização de testes unitários e correção de testes. Além disso, o sistema possui mecanismos de *feedback* para o professor e alunos. No entanto, um ponto negativo enxergado foi a quantidade extensa de textos nas lições, tornando a leitura exaustiva.

<sup>1</sup><http://code-defenders.org/>

<sup>2</sup><http://cse-apps.unl.edu/BugHunt/>

<sup>3</sup><https://bitbucket.org/pedrohdvalle/testinggamehtml5>

<sup>4</sup><http://experts.icomp.ufam.edu.br/jovetest/>

**EMVille:** É um sistema web para análise e classificação de equivalentes mutantes. Dado um trecho de código, os usuários verificam se o mutante apresenta ou não equivalência, por meio do acesso ao código-fonte do programa original e do mutante. No sistema, há uma *wiki* sobre a técnica de Teste de Mutação, uma tabela de classificação, uma tabela com a pontuação individual dos usuários e uma página com todos os problemas não resolvidos. Além disso, os usuários podem: i) acessar os testes enviados por outros usuários; ii) ignorar um problema e passar para o próximo; e iii) receber um **feedback** do problema atual, caso ele tenha seguido para o problema posterior.

**Bug Catcher:** É um sistema web utilizado competição de Testes de Software entre estudantes. Na competição, os programas defeituosos são apresentados aos alunos, que devem encontrar os defeitos do programa através da elaboração de casos de teste. O sistema fornece aos alunos os requisitos do programa e o código-fonte na linguagem de programação Java. Quando o defeito é encontrado, a linha é destacada e o mesmo é armazenado em uma tabela acessada pela equipe de alunos. As características positivas desse sistema são a maneira fácil de criar um caso de teste (por exemplo, 2 mais 2), o *chat* para comunicação da equipe e os mecanismos de *feedback*, como a barra de progresso com a quantidade de defeitos encontrados e a tabela de defeitos encontrados.

**iLearnTest:** É um jogo de perguntas e *puzzles* guiado por um personagem 2D para preparar alunos para um tipo de certificação do ISTQB (International Software Testing Qualifications Board). O jogo aborda conceitos como fundamentos de Teste de Software, técnicas de teste, níveis de teste e outros assuntos inerentes à certificação.

**iTest Learning:** É um jogo de perguntas e respostas que tem como objetivo auxiliar o ensino de Testes de Software nas fases de planejamento e projeto de teste. O jogador escolhe uma descrição de um projeto e deve selecionar as técnicas de teste, os níveis de teste, as ferramentas de teste e os artefatos de teste que devem ser realizados. No jogo, há uma extensa quantidade de texto, tornando a leitura exaustiva.

**JoVeTest:** É um jogo de perguntas e respostas que tem como objetivo a preparação de estudantes para uma certificação base do ISTQB. O jogo faz uso da temática do "Jogo da Velha", onde o aluno deve responder a pergunta corretamente para demarcar seu símbolo. Caso o aluno forneça uma resposta errada, o mesmo perderá o direito de jogada passando a sua vez para o aluno adversário. Embora seja um jogo de perguntas e respostas, o Jogo da Velha emprega uma característica competitiva, pois o estudante não deseja errar uma questão e passar a vez da jogada.

**Testing Game:** Este jogo aborda os conceitos dos critérios de Teste Funcional, Es-

trutural e Teste de Mutação. Possui uma grande quantidade de "fases", tais como: fases *drag and drop*, onde a técnica de teste deve ser arrastada para junto do critério ao qual pertence; fases com um personagem 2D (semelhante ao Mario Bros) que confronta inimigos e coleta itens como casos de teste, por exemplo. Em suma, o jogo é divertido, porém se o jogador perde as três chances, volta ao começo. Caso o jogador esteja em um estágio avançado, o mesmo perde todo o seu progresso. De certo modo, isso configura uma característica desmotivante ao jogo.

### 3.3.3.3 Resultado das Questões de Pesquisa

Nesta seção, serão apresentadas e discutidas as respostas das questões de pesquisa do presente estudo.

**QP1: Quais tópicos de Teste de Software têm sido abordados com o uso de gamificação e jogos?**

Para responder esta QP, foram verificadas quais **técnicas de teste** (Teste Funcional, Teste Estrutural e Teste de Mutação) e **níveis de teste** (Teste Unitário, Teste de Integração, Teste de Sistema e Teste de Aceitação) eram abordados nos estudos. A principal preocupação por trás deste QP foi identificar quais tópicos não foram preenchidos por estudos.

A Figura 12 mostra a quantidade de estudos de gamificação e jogos por técnicas e níveis de teste através de um gráfico de bolhas. A Tabela 9 mostra a distribuição dos estudos pelas técnicas de teste.

Tabela 9: Distribuição dos estudos por técnica de teste.

<b>Técnica de Teste</b>	<b>Gamificação</b>	<b>Jogos</b>
Teste Estrutural	[P8], [P14]	[P6], [P10], [P11], [P16], [P17], [P19]
Teste Funcional	[P8], [P14], [P25]	[P6], [P7], [P10], [P11], [P12], [P17], [P18], [P19], [P20], [P22]
Teste de Mutação	[P1], [P2], [P3], [P4], [P5], [P8], [P15]	[P6], [P19]

A partir da Figura 12 e da Tabela 9, pode-se observar que tanto os estudos sobre gamificação como os estudos sobre jogos preenchem todas as técnicas de teste. A maioria dos estudos concentram-se na técnica de Teste Funcional, sendo 10 artigos sobre jogos e 3 artigos sobre gamificação. Em seguida, há a técnica da Teste Estrutural com 6 artigos sobre jogos e 2 sobre gamificação, totalizando 8 artigos. Por fim, a técnica de Teste de

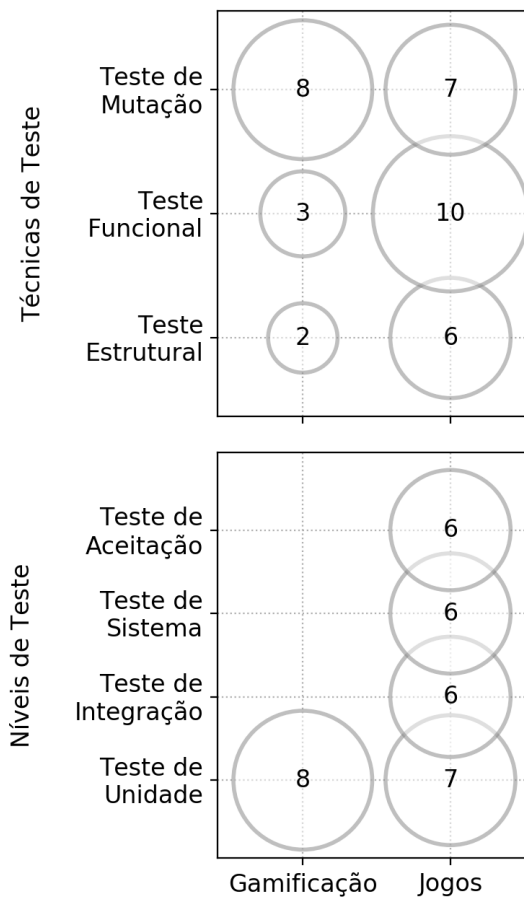


Figura 12: Quantidade de estudos por técnicas de teste e níveis de teste.

Mutação reúne 7 artigos, sendo 5 sobre gamificação e apenas 2 sobre jogos.

Quanto aos níveis de teste, a Figura 12 mostra as frequências dos estudos por níveis de teste e a Tabela 10 mostra a distribuição dos estudos por níveis de teste.

Tabela 10: Distribuição dos estudos por níveis de teste.

Níveis de Teste	Gamificação	Jogos
Teste de Unidade	[P1], [P2], [P3], [P4], [P5], [P8], [P14], [P15]	[P10], [P11], [P12], [P17], [P21], [P24], [P26]
Teste de Integração	[-]	[P10], [P11], [P17], [P21], [P24], [P26]
Teste de Sistema	[-]	[P10], [P11], [P17], [P21], [P24], [P26]
Teste de Aceitação	[-]	[P10], [P11], [P17], [P21], [P24], [P26]

Observando a Figura 12 percebe-se a ausência de estudos sobre gamificação nos níveis de testes de Integração, Sistema e Aceitação. Por outro lado, Teste Unitário foi o único nível presente nos estudos sobre gamificação (8 artigos). Os estudos sobre jogos preenchem todos os níveis de teste, mas os mesmos estudos repetiam-se entre os níveis. O nível de Teste de Unidade apresenta um estudo a mais que os outros, mas contém os demais

estudos presentes nos níveis de Integração, Sistema e Aceitação, conforme mostrado na Tabela 10.

Buscando obter um maior nível de detalhamento, foram analisados quais tópicos específicos das técnicas de teste foram abordadas pelos estudos. Como mencionado anteriormente, Teste Funcional foi a técnica mais recorrente nos estudos sobre jogos. A Figura 13 mostra os tópicos específicos de Teste Funcional abordados pelos estudos, onde apenas 3 artigos (P10, P16 e P27) são sobre gamificação, sendo 1 artigo sobre análise de valor limite e 2 sobre seleção de dados de entrada. Nenhum artigo de gamificação abordou o Particionamento de Equivalência, Tabela de Equivalência, Teste de Caso de Uso e Grafo de Efeito de Causa. A partir da análise destes resultados, percebeu-se que há uma carência de estudos para tratar de Teste Funcional no tocante à gamificação, sendo um potencial tópico a ser explorado.

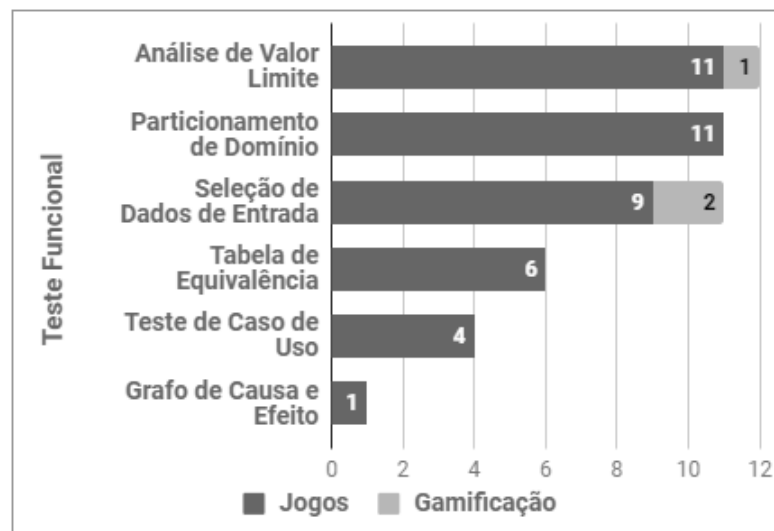


Figura 13: Distribuição de estudos por tópicos de Teste Funcional.

Teste Estrutural foi a segunda técnica mais abordada nos estudos de jogos. A Figura 14 mostra os tópicos específicos de Teste Estrutural abordados nos estudos. Apenas dois artigos sobre gamificação tratavam Cobertura de Declaração (P10 e P16) e um estudo tratava de Cobertura de Ramos (P10). Outro tópico é o Grafo de Fluxo de Controle, presente apenas nos estudos de jogos. Teste Estrutural, assim como Teste Funcional, também é pouco explorada nos estudos sobre gamificação, tornando-se outro potencial tópico a ser estudado.

Diferentemente das duas primeiras técnicas apresentadas, Teste de Mutação foi a técnica de teste mais recorrente nos estudos de gamificação. A Figura 15 mostra os tópicos específicos de Teste de Mutação abordados nos estudos. Apenas quatro artigos sobre jogos



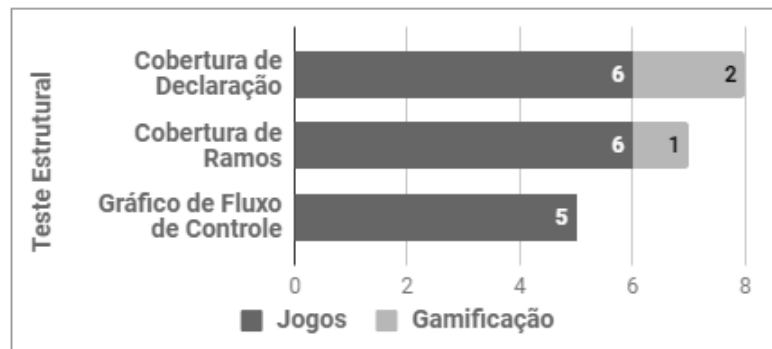


Figura 14: Distribuição dos estudos por tópicos de Teste Estrutural.

abordaram tópicos específicos de Teste de Mutação, sendo eles: mutantes equivalentes (P9 e P21), *score* de mutação (P9 e P22) e injeção de defeitos (P9 e P23).

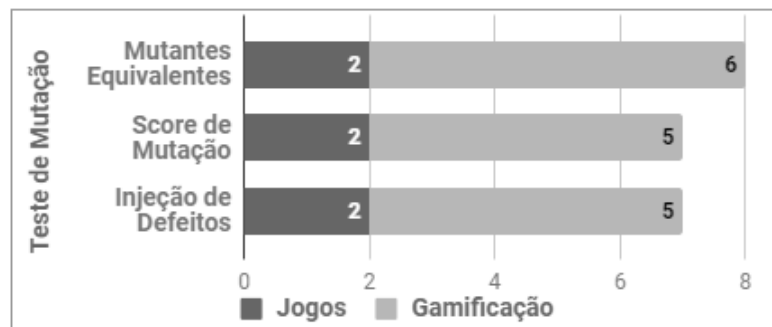


Figura 15: Distribuição dos estudos por tópicos de Teste de Mutação.

Foram identificados apenas três tópicos sobre os níveis de teste. Um tópico é sobre as atividades de gerenciamento de testes, presente em 7 estudos de jogos (P11, P12, P13, P19, P23, P26, P28). Os outros tópicos foram, desenvolvimento de testes e terminologia de suíte de testes, ambos apresentados na Figura 16.

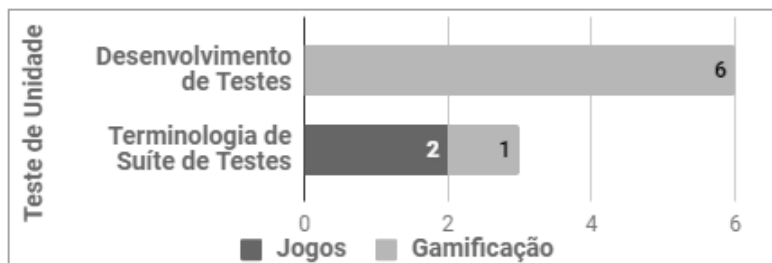


Figura 16: Distribuição dos estudos por tópicos de Teste de Unidade.

**QP2: Quais elementos de jogos têm sido utilizados nos estudos sobre Teste de Software?**

Os Elementos de Jogos estão presentes tanto nos jogos, obviamente, como nas soluções gamificadas. Neste estudo, os elementos de jogos foram categorizados de acordo com a

definição proposta por Werbach e Hunter (WERBACH; HUNTER, 2015), dividindo-os em três categorias:

**Dinâmicas de Jogos:** Compõem o contexto do jogo. Estes elementos simbolizam a relação entre os jogadores e as mecânicas de jogos;

**Mecânicas de Jogos:** Guiam as ações dos jogadores e viabilizam o funcionamento do jogo;

**Componentes de Jogos:** São elementos mais concretos, geralmente utilizados na interface do jogo pelos jogadores;

Existem relações entre os elementos de cada categoria. Por exemplo, Pontos é um componente de jogos associado com *Feedback* (mecânica de jogos) e *Feedback* está associado com Progresso (dinâmica de jogos). A Figura 17 apresenta as relações de alguns componentes de jogos com suas respectivas mecânicas e dinâmicas do jogos. Existem muitos componentes de jogos, nesta figura são apresentados os componentes de jogos identificados nos estudos e alguns outros mencionados pela literatura.

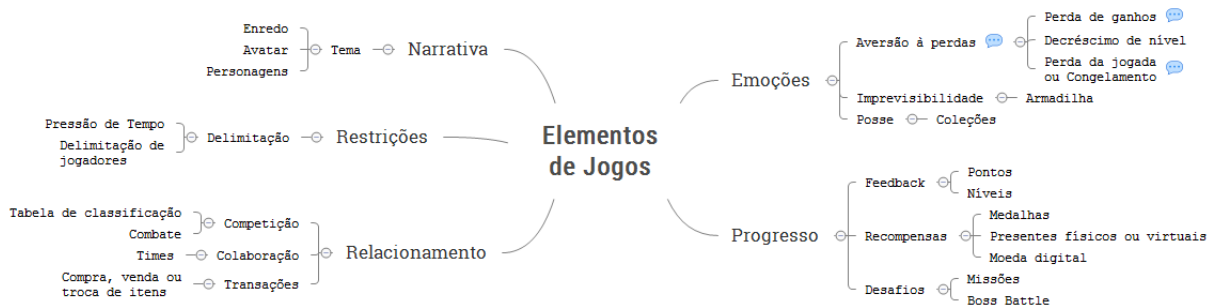


Figura 17: Elementos de Jogos e suas relações.

Foram reunidos os elementos de jogos presentes nos estudos e quantificada a frequência de cada elemento. Os resultados estão apresentados na Figura 18. Os elementos mais utilizados nos estudos de gamificação e jogos são elementos pertencentes às dinâmicas de jogos Progresso e Relacionamento. Pontos é o componente de jogos mais utilizado, presente em 14 estudos sobre jogos e 10 estudos sobre gamificação. Pontos é um componente de jogos pertence à mecânica de jogos *Feedback*, que faz parte da dinâmica de jogos Progresso. Tabela de Classificação é o segundo componente de jogos mais utilizado, presente em 10 estudos sobre jogos e 10 estudos sobre gamificação. Este componente pertence à mecânica Competição, que está associada à dinâmica de jogos Relacionamento. A Tabela 11 apresenta a distribuição dos estudos por componentes do jogos.

Tabela 11: Distribution of selected studies by game components.

<b>Elementos de Jogos</b>	<b>Gamificação</b>	<b>Jogos</b>
Pontos	[P1], [P2], [P3], [P6], [P7], [P10], [P15], [P16], [P17], [P27]	[P8], [P9], [P11], [P12], [P13], [P14], [P18], [P19], [P20], [P21], [P23], [P24], [P26], [P28]
Tabela de Classificação	[P1], [P2], [P3], [P6], [P7], [P10], [P15], [P16], [P17], [P27]	[P8], [P11], [P12], [P14], [P18], [P20], [P23], [P24], [P26], [P28]
Temporizador	[P2], [P3], [P7], [P10], [P27], [P17]	[P9], [P11], [P18], [P20], [P21], [P24]
Níveis	[P15], [P16]	[P8], [P9], [P11], [P12], [P13], [P14], [P21]
Missões	[P1], [P15]	[P9], [P21], [P22], [P23], [P26], [P28]
Times	[P2], [P3], [P7], [P10], [P15], [P17], [P25], [P27]	[-]
Combate	[P2], [P3], [P6], [P7], [P10], [P16], [P17], [P25], [P27]	[P19]
Perda de Ganhos	[P6]	[P9], [P11], [P13], [P19], [P21]
Avatar	[-]	[P11], [P22]
Personagem	[-]	[P14], [P22]
Escolhas	[-]	[P8], [P12]
Enredo	[15]	[P22]
Perda de jogada e Congelamento	[-]	[P19]
Boss Battle	[-]	[P12]
Coleções	[-]	[P12]
Medalhas	[-]	[P8]
Moedas	[P1]	[-]

Ao analisar o gráfico que apresenta os Componentes de Jogos na Figura 18, pode-se observar que o componente Times está presente apenas nos estudos sobre gamificação. O componente Times está associado à mecânica Colaboração e foi o único componente desta mecânica identificado nos estudos. Os times são utilizados em soluções gamificadas porque incentivam a cooperação e o trabalho em equipe. Os estudos P2, P3, P7, P10, P17, P25 e P27 apresentam o componente Times e Combate. Estes dois componentes possuem uma relação, pois times/equipes competem uns com os outros. Além disso, existe o Duelo, que é um tipo de Combate, presente apenas no estudo P19. Implicitamente no componente Combate, há o duelo e a competição entre equipes. Assim, como Times está ligado à Combate, outros componentes de jogos possuem relação entre si. Outro exemplo usual, é a Tabela de Classificação que está fortemente vinculada com Pontos, tendo em vista que

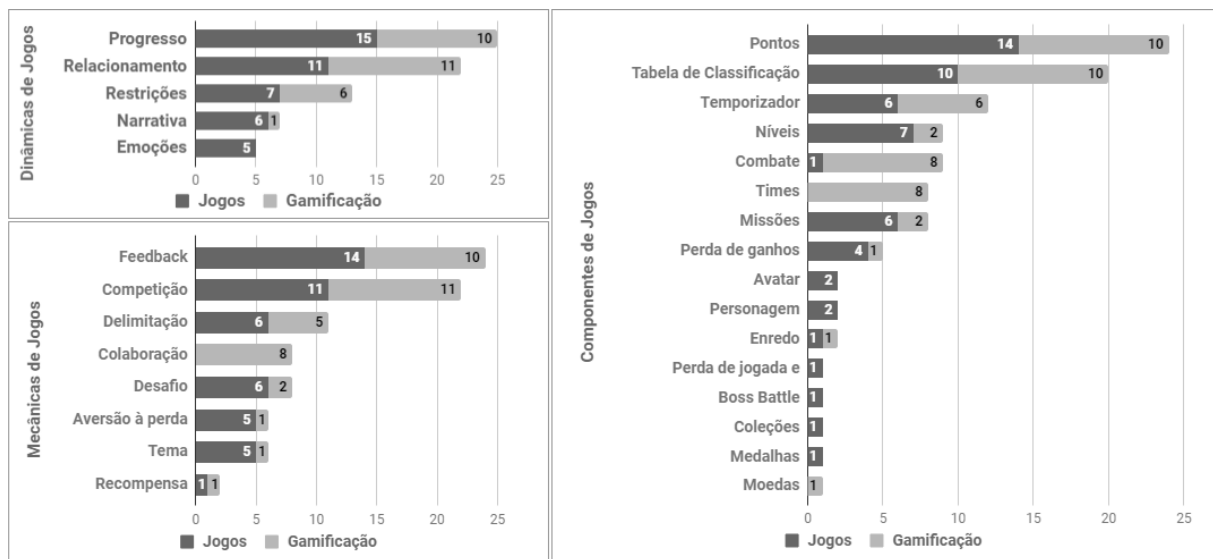


Figura 18: Quantidade de elementos de jogos pelos estudos.

a mesma é composta por usuários e suas pontuações.

### *QP3: Quais objetivos os estudos pretendiam alcançar com a aplicação da gamificação e dos jogos?*

Para propor uma solução gamificada é necessário conhecer o contexto em que a mesma será aplicada e a fraqueza do público-alvo. A solução é projetada para suportar essa fraqueza e objetivos são estabelecidos para orientar a solução. Esses objetivos são conhecidos como objetivos de gamificação. Da mesma forma, objetivos são definidos quando um jogo é proposto, nomeados, na literatura, como objetivos de design de jogos. Nesta QP, discutiremos tais objetivos presentes nos estudos de gamificação e jogos. A Figura 19 mostra os objetivos extraídos dos estudos e a Tabela 12 apresenta a distribuição dos estudos por cada objetivo.

Ao todo, foram identificados 8 objetivos: 2 pertencentes tanto aos estudos de gamificação quanto os de jogos, 5 pertencentes apenas aos estudos sobre gamificação e 1 pertencente apenas a um estudo sobre jogos. É válido ressaltar que um estudo pode apresentar um ou mais objetivos. O objetivo Auxiliar o Ensino de Teste de Software foi o mais recorrente nos estudos, o que era esperado, pois grande parte dos estudos apresentaram soluções voltadas para o contexto educacional. Este objetivo foi identificado em 14 estudos sobre jogos e 4 estudos sobre gamificação. Como visto anteriormente na Tabela 7, há 10 jogos, onde 9 são jogos educacionais e 4 dos 7 estudos sobre gamificação são soluções gamificadas para a educação.

O objetivo Aumentar a Habilidade de Criação de Casos de Teste foi o segundo mais

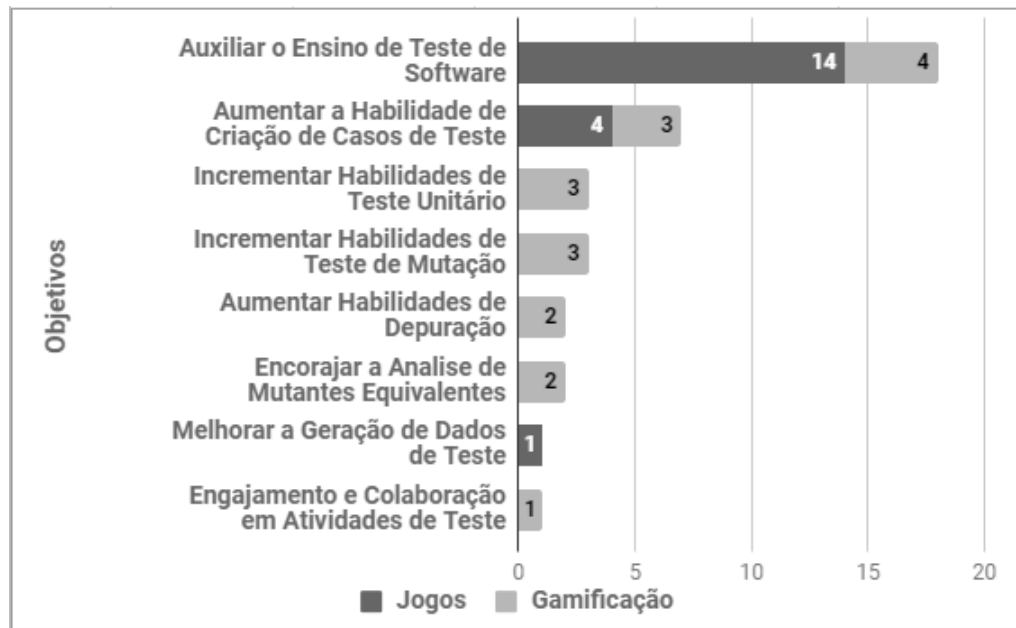


Figura 19: Quantidade de estudos por objetivos.

Tabela 12: Distribuição dos estudos por objetivos.

Objetivo	Gamificação	Jogos
Auxiliar o Ensino de Teste de Software	[P7], [P10], [P16], [P17]	[P9], [P11], [P12], [P13], [P14], [P18], [P19], [P20], [P21], [P22], [P23], [P24], [P26], [P28]
Aumentar a Habilidade de Criação de Casos de Teste	[P16], [P15], [P27]	[P14], [P18], [P20], [P24]
Incrementar Habilidades de Teste Unitário	[P2], [P3], [P7], [P17]	[-]
Incrementar Habilidades de Teste de Mutação	[P2], [P3], [P7], [P17]	[-]
Aumentar Habilidades de Depuração	[P25], [P27]	[-]
Encorajar a Análise de Mutantes Equivalentes	[P1], [P6]	[-]
Melhorar a Geração de Dados de Teste	[-]	[P8]
Engajamento e Colaboração em Atividades de Teste	[P15]	[-]

recorrente nos estudos. Esse objetivo foi identificado nos estudos de jogos P14, P18, P20 e P24, e nos estudos de gamificação P16, P25, P27. Seguidos deste, os objetivos Incrementar Habilidades de Teste Unitário e Incrementar Habilidades de Teste de Mutação, estavam presentes em 4 estudos cada, sendo eles os estudos P2, P3, P7 e P17.

Quase todos os estudos alcançaram os objetivos pretendidos. Apenas 2 estudos sobre

jogos (P8 e P14) não forneceram indícios suficientes para comprovar o alcance dos objetivos. Alguns estudos descreveram superficialmente os resultados das avaliações realizadas. E os estudos P11 e P14 descreveram uma análise confusa de seus resultados.

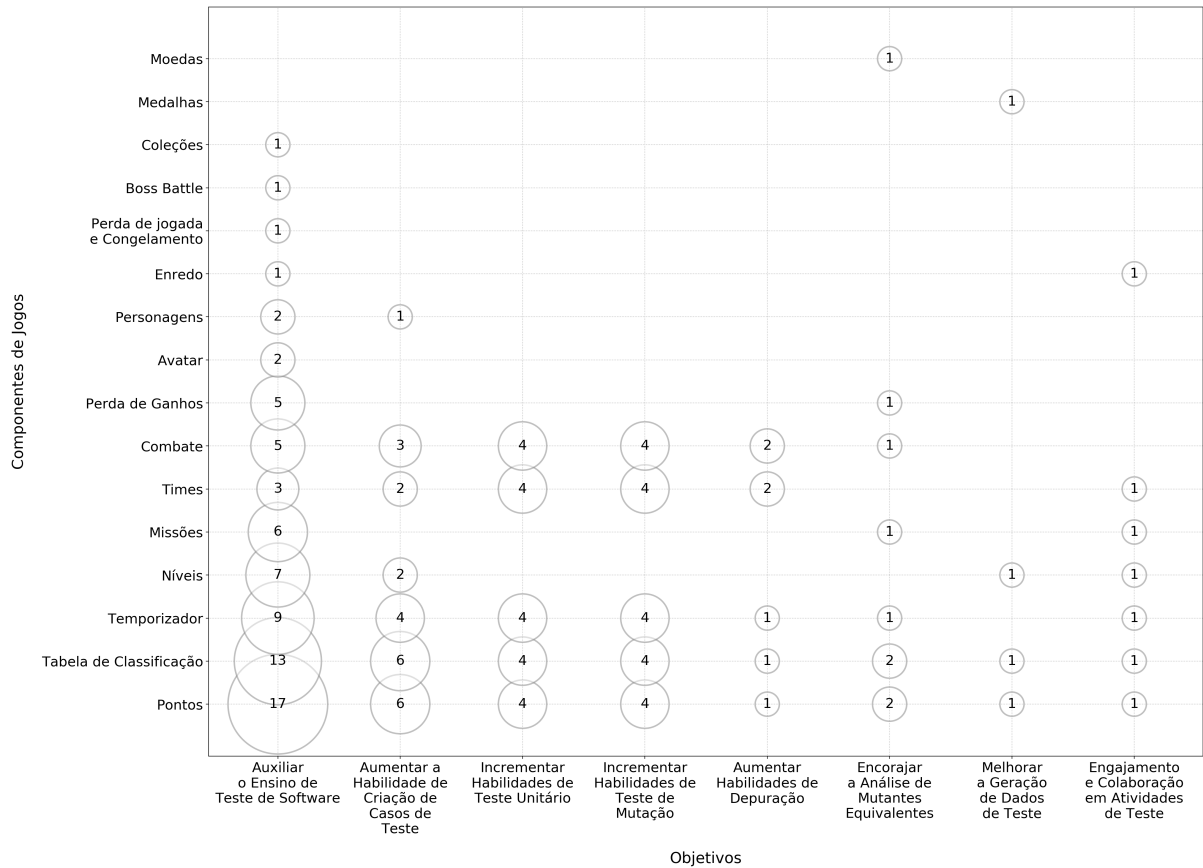


Figura 20: Distribuição dos objetivos por componentes de jogos.

O gráfico apresentado na Figura 20 exibe a frequência dos objetivos por componentes de jogos. Pontos, tabelas de classificação e Temporizador são os componentes mais comuns nos estudos que têm como objetivo Auxiliar o Ensino de Teste de Software. Esses componentes são elementos de Progressão, Relacionamento e Restrição, os quais possuem perceptível e ativa aplicação no contexto educacional. Pode-se tomar como exemplo as avaliações, que são uma forma de medir o progresso dos alunos, o trabalho em grupo, que é uma maneira de fazer os alunos se relacionarem e as restrições, que podem ser visualizadas durante a aplicação de um exame, quando os alunos devem responder o mesmo em um período de tempo predefinido. Além disso, esses componentes também são usados em estudos que possuem objetivos como Aumentar a Habilidades de Criação de Casos de Teste, Incrementar as Habilidades de Teste Unitário e Incrementar as Habilidades de Teste de Mutação.

**QP4: Como foi avaliada a aplicação da gamificação e dos jogos?**

Ao todo, 17 estudos descreveram como as aplicações foram avaliadas. Cinco estudos sobre gamificação apresentaram avaliação, sendo quatro sistemas gamificados e uma atividade gamificada de sala aula. A maioria dos estudos sobre jogos apresentaram avaliação, sendo 11 jogos educacionais e um jogo de dispositivos móveis desenvolvido pela indústria. A partir destes estudos, três métodos avaliativos foram identificados. A Figura 21 mostra as frequências dos estudos por método avaliativo.

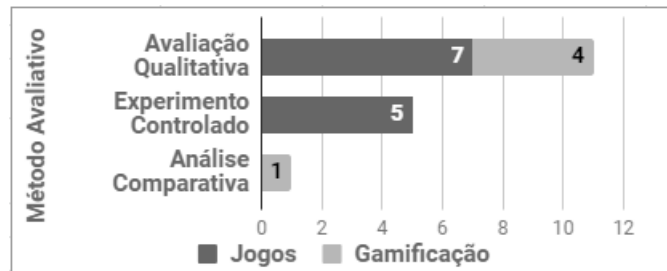


Figura 21: Quantidade de estudos por método avaliativo.

**Estudo de Jogos:** Um conjunto de 7 estudos aplicaram questionários qualitativos e um subconjunto destes estudos, composto pelos estudos P9, P11, P22, P26 e P28, elaboraram os questionários de acordo com o método de avaliação para jogos educacionais proposto por Savi, Wangenheim e Borgatto (2011) que avalia a motivação, experiência do usuário e aprendizagem. Os outros dois estudos (P8 e P19) aplicaram questionários sem seguir um método específico.

Cinco estudos realizaram experimentos controlados com grupos experimentais (usaram o jogo) e grupos controle (não usaram o jogo). Um subconjunto desses estudos, composto pelos estudos P14, P18, P20 e P24, aplicaram questionários qualitativos para avaliar a satisfação, motivação e coletar sugestões de melhoria. Apenas o estudo P13 não aplicou questionário, buscou comparar a média escolar entre os grupos de alunos e a média da pontuação obtida no jogo por cada grupo.

**Estudos de Gamificação:** Quatro estudos realizaram uma avaliação qualitativa aplicando questionários para avaliar a solução gamificada. O estudo P23 discutiu sobre uma atividade gamificada de sala de aula e aplicou o questionário com 26 estudantes universitários, onde 20 estudantes afirmaram ter aumentado seu interesse na área de Teste de Software, 24 alunos afirmaram ter aumentado sua atenção com *bugs* e 25 informaram ter interesse em realizar a atividade novamente. Os estudos P2, P16 e P27 são sistemas gamificados educacionais e realizaram diferentes estratégias avaliativas, as quais serão discutidas separadamente.

O estudo P2 (sobre o Code Defenders) realizou uma avaliação dividida em duas ses-

sões com dois grupos de participantes, no qual os grupos se revezavam e, em cada sessão, escolhiam uma atividade para realizar. As atividades foram: 1) escrever testes unitários sem o Code Defenders; 2) criar mutantes usando o Code Defenders; 3) escrever testes unitários usando o Code Defenders e "matar" os mutantes. Os autores buscaram responder duas questões: 1) "Os participantes produzem melhores testes unitários usando o sistema gamificado?"; 2) "Eles gostaram de escrever testes unitários usando o sistema gamificado?". Para responder a primeira pergunta, os autores usaram duas métricas: percentual de cobertura e *score* de mutação. Os participantes que escreveram testes de unidade sem o Code Defenders atingiram um percentual de cobertura maior que os participantes que não utilizaram o sistema gamificado para escrever testes unitários. No entanto, os participantes que não usaram o Code Defenders obtiveram um *score* de mutação maior do que os outros participantes. Para responder a segunda questão, os autores aplicaram um questionário para verificar o nível de satisfação dos participantes e coletar sugestões de melhorias. Segundo os autores, as respostas foram positivas, apenas três participantes responderam não utilizar o sistema gamificado novamente.

O estudo P16 (sobre o Bug Hunt) disponibilizou um questionário aberto que reuniu 204 respostas de alunos ao longo de 2 anos. Segundo os autores, 77% dos alunos concordaram que o Bug Hunt contribuiu com o conteúdo visto na aula, 56% acreditam que o mesmo poderia substituir as aulas presenciais e 66% afirmam que o sistema ensina conteúdos úteis para o futuro.

O estudo P27 (sobre Bug Catcher) realizou uma avaliação dividida em quatro sessões e contou com a participação de 94 estudantes colegiais. Segundo os autores, a maioria das equipes de estudantes encontrou mais da metade dos *bugs* e algumas equipes frustraram-se no começo porque haviam encontrado poucos *bugs*, mas depois conseguiram engajar na atividade. Os participantes também responderam um questionário, onde 90% dos alunos afirmaram recomendar o sistema para outros alunos, 73% dos alunos manifestaram um aumento de interesse por Ciência da Computação e também sugeriram algumas melhorias para o sistema, tais como um breve tutorial e mais informações sobre os *bugs* e problemas.

O estudo P1 (sobre EMVille) realizou uma análise comparativa com acadêmicos especialistas em Java. Os participantes analisaram 50 mutantes equivalentes diferentes em duas sessões de 80 minutos. Na primeira sessão, eles usaram o NetBeans IDE<sup>5</sup> para analisar os mutantes. Na segunda sessão, eles usaram o EMVille para realizar a análise. Os autores buscaram responder 3 perguntas: 1) "A gamificação melhora a eficácia da análise

---

<sup>5</sup><https://netbeans.org>



de mutantes equivalentes?". Para responder esta pergunta, os autores usaram o tempo de análise como métrica para verificar a eficácia da mesma. Na segunda sessão, os participantes analisaram duas vezes mais instâncias do que a primeira sessão. Os autores então consideraram que houve melhoria na eficácia da análise; 2) "Os participantes atentaram aos elementos de jogos?". A visita à tabela de classificação foi utilizada como métrica para esta questão. Os participantes visitavam a tabela de classificação a cada 9 minutos, demonstrando senso competitivo e encorajamento à obtenção ou manutenção de posições; 3) "A gamificação aumenta o envolvimento dos participantes?". A métrica usada para responder esta pergunta foi a quantidade de instâncias de mutantes equivalentes analisados corretamente. Na segunda sessão, os participantes resolveram corretamente duas vezes mais instâncias do que na primeira sessão, levando os autores a considerar uma melhora no envolvimento dos participantes.

Tendo como finalizada a discussão sobre as avaliações, agora será discutido sobre os participantes das mesmas. Os participantes foram categorizados em cinco grupos, apresentados na Figura 22. Alunos de Graduação foi o grupo com mais participantes, seguido por Estudantes de Pós-graduação. Apenas os estudos P2 e P8 realizaram a avaliação com desenvolvedores e somente este último com não-desenvolvedores. A Tabela 13 mostra a frequência de estudos por grupos de participantes.

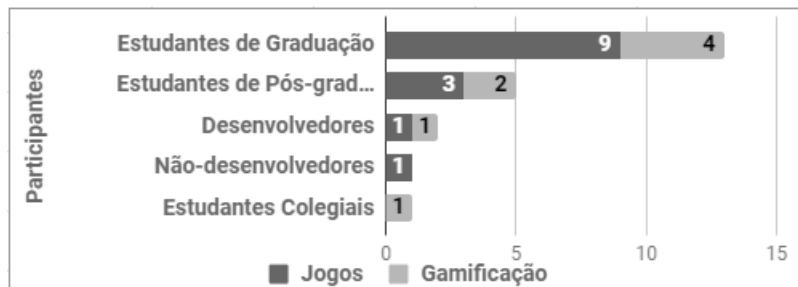


Figura 22: Quantidades de estudos por grupos de participantes das avaliações.

Tabela 13: Distribuição dos estudos por grupos de participantes.

Grupo de Participantes	Gamificação	Jogos
Estudantes de Graduação	[P1], [P2], [P16], [P25]	[P11], [P14], [P18], [P19], [P20], [P22], [P24], [P26], [P28]
Estudantes de Pós-graduação	[P1], [P2]	[P9], [P11], [P13]
Desenvolvedores	[P2]	[P8]
Não-desenvolvedores	[-]	[P8]
Estudantes Colegiais	[P27]	[-]

### 3.4 Discussão

Nesta seção, serão destacadas as principais conclusões oriundas da análise dos artigos, como também apresentadas lacunas e oportunidades para novos estudos. Pode-se afirmar que este estudo fornece consideráveis *insights* sobre gamificação e jogos em Teste de Software.

Os resultados da análise mostraram que poucos estudos de gamificação abordam as técnicas de Teste Funcional e Teste Estrutural, enquanto a maioria dos estudos se concentram na exploração da técnica de Teste de Mutação. As duas primeiras técnicas são critérios de Teste de Software essenciais aos testadores. Uma vez que tais técnicas não são fortes habilidades do profissional de testes, a qualidade dos projetos de teste de software é comprometida (DELAMARO; JINO; MALDONADO, 2017; PETTICHORD; BACH; KANER, 2013). Além disso, é notória a falta de estudos sobre os níveis de teste. Teste de Unidade foi o nível mais abordado pelos estudos, tanto de gamificação quanto de jogos, principalmente devido aos estudos sobre Teste de Mutação.

É importante salientar que muitos estudos relatam sobre a aplicação de jogos e soluções gamificadas no contexto educacional, como é apontado pelos objetivos de design de jogos e de gamificação. Os jogos educacionais têm sido amplamente investigados como ferramentas para beneficiar a área de Teste de Software (VALLE et al., 2017). Os resultados da análise corroboram com esta afirmação, mostrando que há uma busca por jogos e soluções gamificadas para auxiliar a educação em Teste de Software. Outro achado revelado pelos resultados, foi a correlação entre o objetivo Auxiliar o Ensino de Teste de Software e os componentes de jogos Pontos e Tabela de Classificação, associados à dinâmica de jogos Progresso. Os Pontos fornecem o *feedback* para as pessoas e a Tabela de Classificação permite a visualização da progressão ou regressão de posições. Em um ambiente educacional, é fundamental mostrar às pessoas seu crescimento e desenvolvimento.

Os resultados também revelaram que Times e Combate são componentes de jogos comumente usados em soluções gamificadas, por incentivar o trabalho em equipe e a competitividade. Em um ambiente de trabalho, tais componentes são valiosos, pois incitam a competição entre equipes de desenvolvedores e testadores na busca de melhores resultados. Estes resultados fortalecem descobertas apresentadas na literatura que apontam para a utilidade destes componentes quando adotados para fins de treinamento e preparação de pessoas (KAPP, 2012; ALABBADI; QURESHI, 2016; AMPATZOGLOU; STAMELOS, 2010). Conforme discutido por Wong et al. (2011), pesquisadores perceberam que é vital desen-

volver instrumentos que facilitem o ensino e o treinamento em Teste de Software, buscando aumentar a motivação para o trabalho nesta área. Alguns objetivos coletados refletem a necessidade de treinamento e o aumento de habilidades de teste, tais como Aumentar a Habilidade de Criação de Casos de Teste, Incrementar Habilidades de Teste Unitário, Incrementar Habilidades de Teste de Mutação e Aumentar Habilidades de Depuração.

Ao contrário das expectativas, não foi encontrada menção a metodologias avaliativas de gamificação. Os autores de cada estudo projetaram seu próprio método avaliativo, estabelecendo métricas de acordo com o que cada um desejava avaliar. No entanto, foram identificadas algumas métricas avaliativas que verificavam se um dado elemento de jogos estava sendo utilizado, como é o caso das visitas à tabela de classificação, métrica estabelecida para verificar a utilização deste elemento. Com relação aos estudos sobre jogos, foi visto que alguns estudos seguiram um método avaliativo para jogos educacionais computacionais proposto por Savi, Wangenheim e Borgatto (2011). Este é um método qualitativo que apresenta sistematicamente o que deve ser avaliado no jogo, considerando a motivação, experiência do usuário e aprendizagem.

### 3.5 Conclusões

Neste artigo, foi apresentado um mapeamento sistemático da literatura que teve como objetivo verificar como a gamificação e os jogos estão sendo abordados na área de Testes de Software. O mapeamento sistemático apresentado foi executado seguindo um meticuloso protocolo e sugestões da literatura. Inicialmente, foi definida uma *string* de busca para a execução de uma busca automática na Scopus Database. Como resultado desta busca automática, foram retornados 255 artigos. Critérios de seleção foram definidos e aplicados sobre os artigos retornados, segundo um processo de seleção também definido. A técnica de Snowballing foi executada sobre o conjunto de artigos remanescente. Ao todo, foram executadas 3 iterações do Snowballing, até que não houvessem mais artigos relevantes para examinar. Os critérios de seleção e o processo de seleção também foram aplicados em todas as iterações do Snowballing.

Após a seleção dos artigos, foi iniciada a análise dos mesmos para responder as 4 questões de pesquisa definidas. Foram extraídas dos artigos informações sobre os tópicos de Teste de Software abordados, os elementos de jogos utilizados, os objetivos que eles pretendiam alcançar e o método de avaliação utilizado nos estudos. Foram analisados mais estudos sobre jogos do que estudos sobre gamificação.

A maioria dos estudos analisados sobre gamificação não abordaram conceitos de Teste Funcional e Teste Estrutural, mantiveram seu foco em Teste de Mutação. Esta ausência de estudos fornece oportunidades de exploração destas técnicas no campo da gamificação, tendo em vista a importância das mesmas em atividades de teste, tais como criação de casos de teste e cobertura de testes. Por outro lado, Teste Funcional e Teste Estrutural foram amplamente abordadas por vários estudos sobre jogos, porém Teste de Mutação não.

Os elementos de jogos foram organizados em três categorias: Dinâmicas de Jogos, Mecânicas de Jogos e Componentes de Jogos. Os sete componentes de jogos mais utilizados pelos estudos, tanto de gamificação quanto de jogos, são elementos associados às dinâmicas de jogos Progresso, Relacionamento e Restrições. Analogamente, essas dinâmicas de jogos são facilmente identificadas em uma empresa ou em ambientes educacionais, onde são trabalhados o progresso dos resultados dos alunos ou as metas da empresa, a relação entre alunos ou parceiros de trabalho e as restrições como regras a seguir e tarefas a serem cumpridas.

Outro ponto a destacar, são as metodologias avaliativas apresentadas que ofereceram poucas evidências do impacto dos jogos e das soluções gamificadas no comportamento do público-alvo. A falta de planejamento pode ser uma das razões para esse problema, tornando as avaliações frágeis. Uma possível solução para isto, é priorizar o planejamento e elaborar uma avaliação robusta para medir a eficácia da proposta. A avaliação de soluções gamificadas ou de jogos é uma importante questão e um desafio para futuras pesquisas.

Estas observações têm muitas implicações para a pesquisa na área de Teste de Software. Foram apontadas e discutidas as principais descobertas deste estudo que podem ser úteis para trabalhos futuros e acredita-se que tais descobertas podem contribuir para melhorar o conhecimento acerca de gamificação e jogos em Teste de Software.

## 4 Aplicando o Level Up na Disciplina de Teste de Software

Para propôr uma abordagem gamificada para a disciplina de Teste de Software, foi utilizado a metodologia de gamificação *Level Up* (BRITO, 2017). O processo apresentado nesta metodologia é baseado em *Design Thinking* e auxilia na construção de uma abordagem gamificada direcionado para solução de problemas de um cenário real. Em conjunto com o *Design Thinking*, a *Level Up* utiliza o *Octalysis* (CHOU, 2013), um modelo que compreende conceitos psicológicos e elementos de jogos indicando ativadores motivacionais para cada elemento.

O processo da *Level Up* possui 5 etapas, extraídas e adaptadas do *Design Thinking*. Cada etapa tem um propósito específico e são apresentadas e realizadas em sequência. No entanto, não se trata de um processo linear, mas iterativo, com coletas de *feedback* para evolução do processo e ajuste da solução. As etapas da *Level Up* serão apresentadas, como segue, e terão seu fluxo ilustrado na Figura 23, extraída de Brito (2017).

**Etapa 1:** Investigação do cenário;

**Etapa 2:** Definição dos objetivos de gamificação;

**Etapa 3:** Seleção dos elementos de jogos;

**Etapa 4:** Prototipação da abordagem gamificada;

**Etapa 5:** Evolução da abordagem gamificada;

### 4.1 Etapa 1: Investigação do Cenário

Nesta etapa, o intuito foi conhecer o cenário em que seria aplicada a abordagem gamificada. Para isso, informações foram coletadas para auxiliar na definição do problema

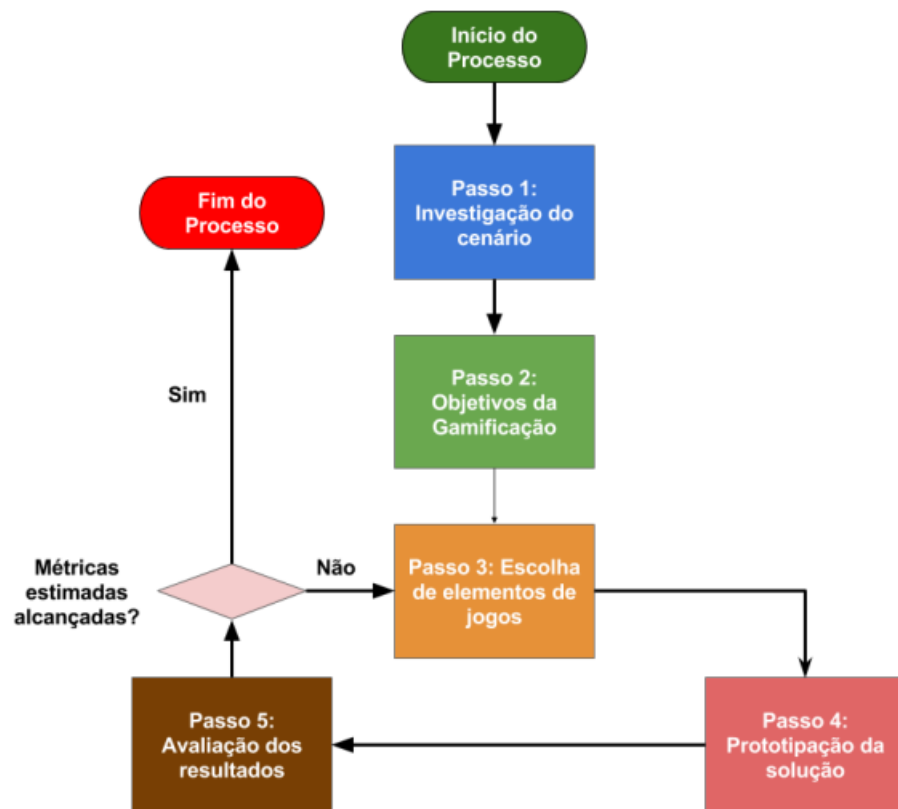


Figura 23: Fluxo de etapas da Level Up (extraído de Brito (2017)).

e do público-alvo. De acordo com Brito (2017), dois questionamentos devem ser realizados: 1) "Qual o problema percebido no ambiente?"; 2) "A gamificação pode ajudar a resolver esse problema?".

#### 4.1.1 Coleta de Informações

As informações a serem coletadas podem ser de caráter quantitativo (índices de aprovação e/ou evasão de uma disciplina, média de desempenho de turmas, carga horária, etc.) ou de caráter qualitativo (percepção de alunos e professores da disciplina, relatos de turmas anteriores, dificuldades observadas ao longo das aulas, etc.).

Para o escopo do trabalho foi escolhida a disciplina de Teste de Software do curso de Bacharelado em Tecnologia da Informação da UFRN e foram coletadas informações qualitativas com a professora da disciplina e com os alunos. Entrevistas não-estruturadas (RUBIN; RUBIN, 2011) foram realizadas com a professora da disciplina, que comentou sobre as dificuldades encontradas em sala de aula e relatou sobre experiências passadas de sua vivência com alunos nesta disciplina.

Com os alunos, foi aplicado um questionário qualitativo para conhecimento da turma

(presente no Apêndice A), que reuniu informações inerentes ao período atual do aluno, semestre de ingresso, experiência prévia com Teste de Software, tempo de dedicação aos estudos, média acadêmica, atividades extra-sala (trabalho, atividades de monitoria, estágio) e outros. Além do questionário, foi realizada uma breve apresentação para a turma sobre gamificação, com o intuito de introduzir o assunto aos alunos e direcioná-los para uma conversa, cujo objetivo era extrair informações úteis à elaboração da abordagem gamificada, segundo a perspectiva dos mesmos.

#### 4.1.2 Definição do Público-alvo

O público-alvo são as turmas de alunos da disciplina de Teste de Software, ofertada no curso de BTI da UFRN. As turmas podem apresentar um certo grau de heterogeneidade entre os alunos, havendo diferenças de idade, sociais e culturais.

O questionário citado na subseção 4.1.1, foi aplicado com alunos matriculados na disciplina de Teste de Software no período 2018.1. As informações coletadas serviram para visualizar os perfis de alunos da turma, de modo a auxiliar na escolha dos elementos de jogos, tendo em vista que as características da turma possuem influência direta na seleção dos elementos (BRITO, 2017).

A Figura 24 apresenta a frequência de alunos por períodos da grade curricular matriculados na turma 2018.1 de Teste de Software. A turma possuía 25 alunos, distribuídos em: 28% do 5º período (7 alunos), 28% do 6º período (7 alunos), 20% do 7º período (5 alunos), 12% do 9º período (3 alunos), 8% do 8º período (2 alunos) e 4% do 10º período (1 aluno).

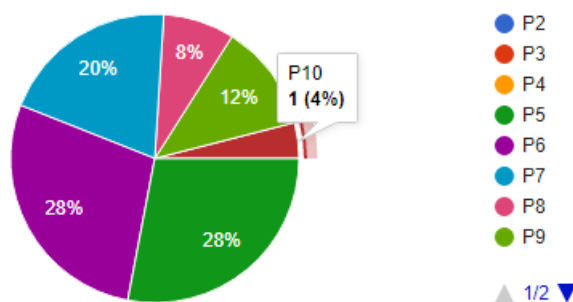


Figura 24: Distribuição dos alunos por períodos da grade curricular.

A partir da Figura 24, percebe-se a diferença entre os períodos dos alunos da disciplina. Enquanto a maioria estava no metade do curso, os demais outros estavam prestes a se formar. A Figura 25 apresenta o percentual de alunos que realizam atividades extra-sala,

onde 30,4% trabalham (7 alunos), 30,4% realizam atividades de estágio (7 alunos), 17,4% prestam atividades em laboratório (4 alunos), 21,7% não exercem atividades extra-sala (5 alunos).

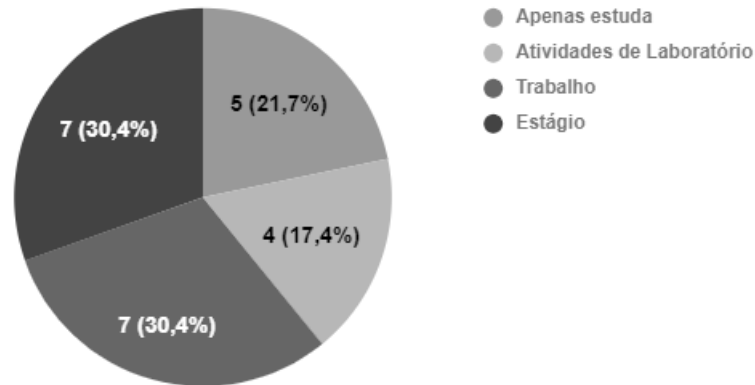


Figura 25: Distribuição dos alunos por atividades extra-sala.

Os alunos também foram questionados sobre sua preferência de estudo, se preferiam estudar em grupo ou sozinhos. A Figura 26 apresenta o percentual de alunos por preferência de estudo, onde 80% afirmaram preferir estudar sozinhos (20 alunos), 20% preferiam estudar em grupo (5 alunos).

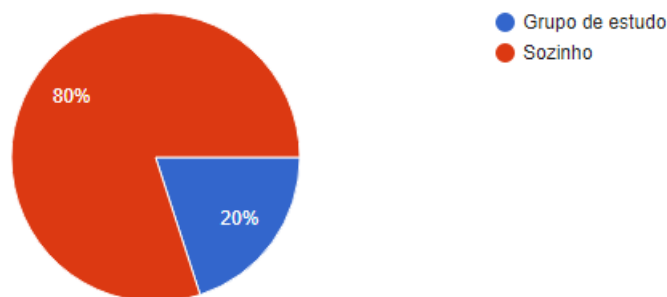


Figura 26: Distribuição dos alunos por preferência de estudo.

Após a coleta de informações e análise das características das turmas, foi passada para a subetapa de definição do problema.

### 4.1.3 Definição do Problema

Nesta subetapa, foram organizadas as informações extraídas da entrevista não-estruturada realizada com a professora da disciplina, o que possibilitou elencar problemas observados em turmas anteriores, tais como: desmotivação para realização de exercícios; Indisposição (falta de vontade) para desenvolvimento de casos de testes; Subutilização dos critérios de teste, implicando em casos de teste frágeis. Tais problemas são citados na literatura, onde



atividades de teste, no âmbito educacional, são tidas como maçantes e tediosas (CLEGG; ROJAS; FRASER, 2017).

Deste modo, o problema no qual será direcionada a abordagem gamificada é a desmotivação dos alunos em relação às atividades de teste de software. Conforme apontado por Brito (2017), "a gamificação é mais efetiva quando aplicada a problemas de desmotivação" ou quando se deseja estimular um determinado comportamento no público-alvo, utilizando da mesma como instrumento de reforço positivo de ações no ambiente de aprendizagem.

## 4.2 Etapa 2: Definição dos Objetivos de Gamificação

Uma vez com o problema definido, foi passado para a etapa de definição dos objetivos de gamificação. De forma simples, o intuito desta etapa é o direcionamento para o que se pretende alcançar com a abordagem gamificada. Uma alternativa seria reciclar o objetivo geral deste trabalho como objetivo de gamificação, o qual ancora-se na utilização da gamificação para lidar com a desmotivação de alunos em atividades de teste. No entanto, pela abrangência deste objetivo, houve a necessidade de estreitá-lo para adequar-se ao escopo e tempo da pesquisa, visto que não seria possível abarcar todas as técnicas lecionadas na disciplina.

Então, utilizando da característica iterativa do *Level Up*, a professora da disciplina foi consultada novamente, onde foi externada a dificuldade que os alunos têm com as técnicas de Teste Funcional. Segundo o relato da mesma, os alunos têm criado casos de teste que não satisfazem o domínio dos problemas completamente, o que pode ser ligado ao fato dos mesmos não atentarem às técnicas de Teste Funcional necessárias à criação de casos de teste.

Fortalece o direcionamento do objetivo de gamificação, o mapeamento sistemático da literatura, descrito no Capítulo 3, que relevou que Teste Funcional é um dos critérios de teste que menos tem suporte de soluções gamificadas. Uma técnica de Teste Funcional investigada no mapeamento sistemático que é utilizada na disciplina é o particionamento de equivalência, técnica que tem papel fundamental na criação de casos de teste.

Sendo assim, foi possível observar, através das conclusões do mapeamento sistemático, que não há soluções gamificadas que ofereçam suporte à técnica de particionamento de equivalência. Desta forma, decidiu-se projetar, inicialmente, uma abordagem gamificada para suporte desta técnica, mas que posteriormente pudesse ser adequada a outras ativi-

dades de teste. Com isto, foi estabelecido o seguinte objetivo de gamificação: **Tornar o particionamento de equivalência e criação de casos de teste mais divertidos, visando aumentar a motivação dos alunos.**

### 4.3 Etapa 3: Seleção dos Elementos de Jogos

Nesta etapa, foram selecionados os elementos de jogos de acordo com o objetivo motivador da aplicação da gamificação. Os elementos precisam estar alinhados com o objetivo proposto e devem ser especificados:

**Justificativa:** descrição de forma objetiva e concisa do motivo da seleção do elemento e como ele irá atuar junto com o público-alvo;

**Interação dentro do modelo:** especificação de como o elemento afeta o público-alvo e como será a interação do público-alvo para com o elemento dentro do modelo de gamificação.

O *Level Up* utiliza o modelo Octalysis para auxiliar na seleção dos elementos de jogos e em sua justificativa de uso. Este modelo se concentra em 8 ativadores motivacionais, os quais possuem um conjunto de elementos de jogos. Cada elemento atua em uma área motivacional específica, podendo ela ser de estímulo positivo ou negativo.

Além do *Octalysis*, para a seleção dos elementos também foi tomada como base a categorização de Werbach e Hunter (2015), que divide os elementos de jogos em três camadas: Dinâmicas de Jogos, Mecânicas de Jogos e Componentes de Jogos. Logo, a decisão de escolha dos elementos foi suportada pela visualização provida pela categorização dos elementos de jogos em camadas e pela compreensão dos 8 ativadores motivacionais do Octalysis.

#### 4.3.1 Pontos e Barras de Progresso

Pontos é um elemento que indica progresso, faz com que o aluno visualize o seu desenvolvimento através do ganho. Em conformidade com Brito (2017), o elemento pontos engaja os alunos extrinsecamente e provê uma atração inicial para a gamificação. Atribuir pontos a uma atividade ou a um conjunto de ações irá gerar um estímulo positivo no aluno, a medida que as realiza e acumula os pontos (CHOU, 2013). Além disso, os pontos

são facilmente integrados com barras de progresso, uma vez que uma barra de progresso pode ser alimentada pelo acúmulo de pontos.

Os alunos seriam pontuados pelas classes de domínio definidas, onde seria verificada a cobertura das mesmas sobre os requisitos do programa. O sistema de pontuação também contaria com o *feedback* da média de pontos da turma em relação à pontuação do aluno, aguçando seu senso competitivo e estimulando-o. Ao utilizar esse retorno para o aluno da pontuação média da turma, deve-se atentar ao fator negativo que isto pode gerar aos alunos com baixo desempenho, uma vez que tenha a possibilidade dos alunos frustrarem-se por estarem abaixo da pontuação média da turma.

Como uma alternativa ao problema supracitado, foi selecionado o elemento Times, que iria intervir na frustração oriunda do baixo desempenho, fazendo com que os membros da equipe automotivem-se e ajudem uns aos outros. O elemento Times possui mais algumas características que serão discutidas na subseção a seguir.

### 4.3.2 Times e Combate

O intuito do elemento Times é promover a colaboração entre os membros da equipe, de modo que uma atividade seja concluída por meio da participação ativa de todos os membros. Esta já é uma estratégia bastante utilizada em sala de aula, tendo em vista que os professores costumam realizar atividades em grupo. Além disso, Times é complementar e trabalha bem em conjunto com o elemento Combate, empregando uma característica competitiva na atividade, buscando estimular e explorar o potencial da competitividade natural e criatividade humana (ROJAS; FRASER, 2016).

Os alunos seriam alocados em times para a realização das atividades. As atividades consistiriam em exercícios para particionamento de equivalência, onde os alunos deveriam definir as classes de domínio a partir da especificação dos programas. Desta forma, os elementos Times e Combates iriam interagir com o elemento Pontos, mencionado na subseção anterior.

### 4.3.3 Delimitador de Tempo e Rodadas

Conforme discutido por Chou (2015), os jogos são compostos por regras e restrições, as quais são representados por elementos, tais como: temporizadores e delimitadores de jogadas ou rodadas. Para complementar a atividade e adicionar elementos que empreendam senso de pressão, foram escolhidos o temporizador e a delimitação de rodadas. Desta

forma, o professor tem controle sobre a duração das atividades e a frequência em que são executadas.

Uma atividade de duração muito longa pode ser cansativa para os alunos. Logo, deve-se adicionar sessões/rodadas e balancear o tempo da atividade em cada rodada. Uma atividade de 30 minutos dividida em 3 sessões de 10 minutos, ou 2 sessões de 15 minutos, pode tornar-se mais proveitosa do que uma atividade com 30 minutos corridos.

#### **4.3.4 Premiações**

As Premiações são recompensas de caráter físico que tem ação positiva no comportamento do indivíduo, gerando empenho por meio dos ganhos. As recompensas físicas são ativadores motivacionais extrínsecos, ou seja, o empenho gerado advém de uma fonte externa. Este tipo de motivação não deve ser trabalhada isoladamente, mas em conjunto com ativadores motivacionais intrínsecos, uma vez que o engajamento acaba quando a fonte de motivação externa cessa. Assim, os elementos de caráter intrínseco iriam atuar de forma a gerar resultados de longo prazo e transformações mais duradouras.

Em um ambiente educacional, premiar todos os alunos por seu desempenho é mais motivador do que premiar apenas aqueles que obtiveram altos índices. Também é necessário recompensar o aluno que obteve baixo índice, mas que apresentou um bom desempenho superando suas dificuldades. Isto faz o aluno perceber que seu esforço foi reconhecido. No entanto, há exceções de alunos com baixo índice, e que apresentam baixo desempenho, que devem ser analisadas e elaborada uma estratégia de auxílio a estes alunos.

### **4.4 Etapa 4: Prototipação da Abordagem Gamificada**

De acordo com Brito (2017), nesta etapa deve ser realizada a implementação e execução do modelo criado. Esta etapa tem como objetivo avaliar se os elementos escolhidos, e a forma como eles foram dispostos, estão contribuindo para atingir o objetivo de gamificação definido.

#### **4.4.1 Elaboração do Esboço**

Para a prototipação do modelo, não houve implementação de solução computacional, apenas foi projetado um esboço estático para interação com os alunos. A decisão de desenvolver este esboço foi motivada a partir da necessidade de desenhar uma versão da

solução que pudesse ser facilmente modificada de acordo com o *feedback* recebido. Uma vez com a solução validada após algumas iterações e ajustes, partiria-se para a fase de codificação de uma solução computacional.

Neste esboço, foram organizadas estruturas para a realização das atividades de teste juntamente com alguns elementos de jogos. A estrutura utilizada para realizar o particionamento de equivalência foi um círculo (representando o domínio do problema), cujo intuito seria dividi-lo em partes, aludindo ao particionamento do domínio. Outra estrutura utilizada, foi uma linha para especificação de intervalos, onde seriam postos os intervalos entre cada partição. A Figura 27 apresenta o círculo idealizado para particionamento de equivalência, o qual também é utilizado nas aulas pela professora da disciplina e a Figura 28 apresenta um recorte do esboço desenvolvido.

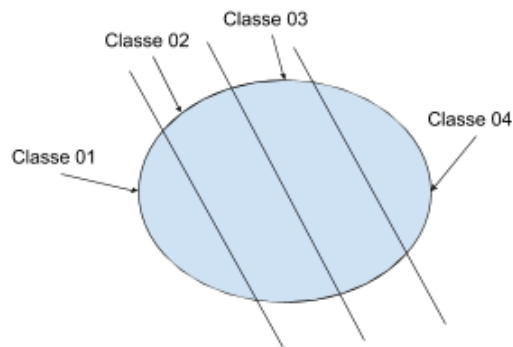


Figura 27: Exemplificação do círculo de particionamento de equivalência.

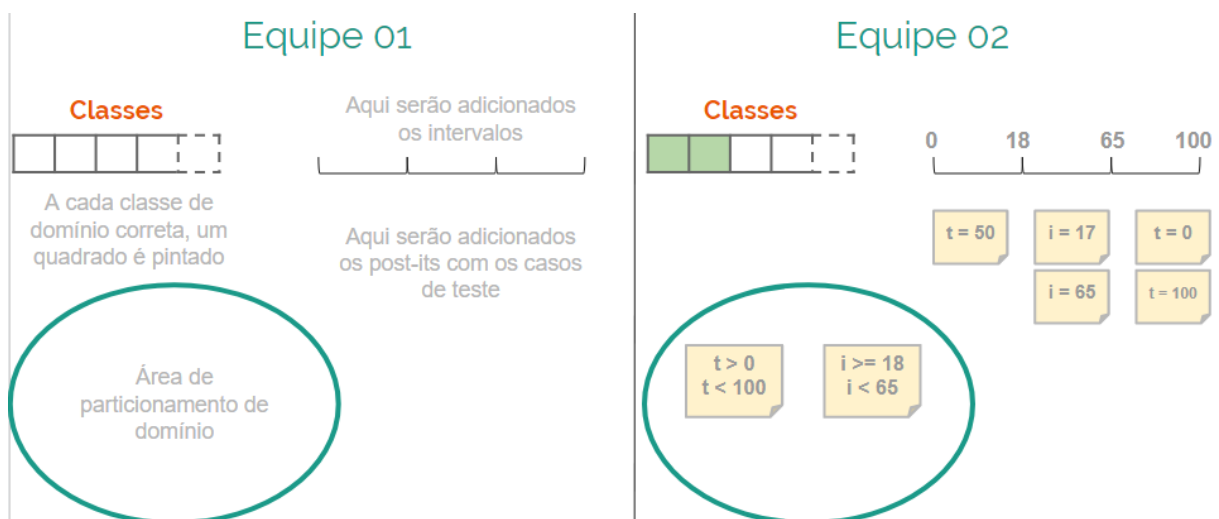


Figura 28: Prototipação do modelo: Esboço projetado para validação.

Na Figura 28, o lado esquerdo apresenta os elementos gráficos do esboço, juntamente com suas descrições. O lado direito do esboço apresenta a exemplificação da utilização de cada elemento gráfico e será explicado imediatamente abaixo.

- A área de particionamento de equivalência contendo duas classes com duas variáveis (t e i) em seus respectivos intervalos  $]0,100[$  e  $[18,65[$ ;
- A representação da barra de progresso, indicando que as duas classes foram corrigidas e estão corretas;
- A linha de especificação de intervalos com os 4 intervalos definidos nas classes de domínio adicionados;
- Alguns casos de teste para os intervalos especificados nas classes de equivalência.

Com uma versão inicial do protótipo elaborada, foi seguida para a experimentação do protótipo junto ao público-alvo. A subseção apresentada a seguir irá detalhar o planejamento e execução da experimentação.

#### 4.4.2 Experimentação do Protótipo

Para a experimentação do protótipo, foi planejada uma atividade de sala de aula, onde 6 alunos foram convidados a participar. Para esta atividade, foram elaborados dois exercícios, cada um com a especificação de um programa diferente, os quais deveriam ser realizados o particionamento de equivalência e a criação dos casos de teste.

Os alunos foram divididos em duas equipes e a atividade teve duração de 40 minutos. Em um primeiro momento, foi dada uma breve revisão sobre a técnica de particionamento de equivalência e explicada como seria a atividade. Em seguida, ocorreu a resolução dos exercícios, que foi realizada em duas sessões de 15 minutos. E, ao final da atividade, todos os alunos foram premiados com barras de chocolate, pelo esforço empreendido durante a atividade e por terem aceitado participar voluntariamente.

Na primeira sessão, a gamificação não foi aplicada, os alunos resolveram os exercícios da forma tradicional, utilizando apenas papel e caneta. Antes de iniciar a segunda sessão, os exercícios foram trocados para que cada equipe respondesse um exercício diferente. A segunda sessão contou com a utilização do esboço (que foi projetado no quadro), com *post-its* e lápis de quadro. A abordagem gamificada projetada foi aplicada na segunda sessão, como também uma estratégia de *feedback* semi- imediato ao aluno. Esta estratégia teve como intuito fornecer uma correção quase instantânea ao aluno, permitindo que a equipe realizasse alterações no decorrer da atividade.

Para a correção, foi utilizado um espelho de respostas, que era consultado sempre que um aluno adicionava no quadro um *post-it* com uma classe de equivalência. Se a

classe estivesse correta, um quadrado do elemento que simulava a barra de progresso era demarcado. Caso contrário, a equipe era informada que havia um erro naquela classe de equivalência. Para uma resposta mais rápida ao aluno, os pontos não foram utilizados, apenas a barra de progresso. No entanto, isso não invalida a sua utilização em uma solução computacional, pois como foi falado anteriormente, pontos e barras de progresso são complementares.

Fazendo uma rápida recapitulação, todos os elementos de jogos selecionados para o modelo foram aplicados nesta experimentação. O elemento Times foi aplicado com a alocação dos alunos em equipes, o elemento pontos foi utilizado implicitamente na barra de progresso, o elemento temporizador foi utilizado ao limitar a duração da sessão em 15 minutos e a premiação foi utilizada ao final da atividade com a distribuição dos chocolates.

Durante toda a atividade, foram realizadas observações e coletadas informações. Ao final da atividade, foram ouvidas sugestões dos alunos, as quais foram repassadas para o questionário disponibilizado. As informações coletadas foram analisadas e serão utilizadas para ajustar a abordagem gamificada e esboço proposto. O resultado da avaliação será melhor discutido na subseção a seguir.

### 4.4.3 Avaliação

Ao final da atividade, os participantes responderam um questionário anônimo (presente no Apêndice A), cujo intuito foi coletar informações sobre a satisfação, possíveis sugestões de melhorias ou críticas. A avaliação foi norteada por duas questões, as quais foram respondidas com as informações coletadas a partir do questionário e com as observações realizadas durante a atividade. As questões avaliativas (QA) buscaram verificar o comportamento dos alunos e se os mesmos aplicaram corretamente a técnica de particionamento de equivalência. São elas:

**QA1:** *Qual o comportamento dos participantes durante a atividade?*

**Como avaliar:** Verificar, através da observação dos alunos, se durante a atividade: 1) os alunos estão concentrados; 2) os alunos estão atentando aos elementos de jogos; e 3) os alunos estão empenhados no trabalho em equipe. Ao unir estes 3 pontos, pode-se inferir que os alunos apresentaram engajamento durante a atividade.

**QA2:** *Houve diferença entre os resultados das questões resolvidas pelas equipes em cada sessão?*

**Como avaliar:** Verificar se a quantidade de classes de domínio definidas satisfazem a especificação do problema, como também, se os casos de teste elaborados satisfazem as classes de domínio definidas.

O questionário aplicado contou com 4 perguntas dispostas na escala Likert de 7 pontos, onde 1 representou "discordo fortemente" e 7 representou "concordo fortemente", e 2 perguntas discursivas para o aluno sugerir melhorias e externar suas opiniões sobre a atividade. Cada pergunta está vinculada a um objetivo específico e serão apresentadas a seguir.

**Pergunta 1:** Na escala de 1 à 7, quão divertida foi a atividade?

**Objetivo:** Verificar se houve divertimento durante a atividade. Os índices obtidos podem ser comparados com as observações realizadas durante a atividade como forma de comprovação.

**Pergunta 2:** O que você achou da abordagem utilizada para particionar o equivalência? Na escala abaixo, indique o quão satisfeito você ficou.

**Objetivo:** Verificar se os alunos gostaram da abordagem utilizada e se possuem algum posicionamento em relação à mesma. Isso possibilitará o ajuste da abordagem.

**Pergunta 3:** Você gostou da forma como foi abordada a criação dos casos de teste? Na escala abaixo, indique o quão satisfeito você ficou.

**Objetivo:** Verificar se os alunos gostaram da abordagem utilizada e se têm algum posicionamento em relação à mesma.

**Pergunta 4:** Na escala de 1 à 7, indique o quão suficientes foram as informações apresentadas na questão?

**Objetivo:** Verificar se as informações da questão foram suficientes, pois a partir disto será possível elaborar um modelo de questão e estruturar um padrão para uma futura solução computacional.

**Pergunta 5:** O que achou da correção ter sido realizada durante a atividade? Deixe a sua opinião.

**Objetivo:** Verificar a satisfação dos alunos em relação ao *feedback* semi-imediato realizado durante a atividade e coletar possíveis sugestões sobre o mesmo.

**Pergunta 6:** Utilize o espaço abaixo para comentários ou sugestões de melhorias relacionados ao que foi trabalhado na atividade e mencionado acima.



**Objetivo:** Coletar outras informações e sugestões que não foram atendidas nas questões.

#### 4.4.4 Resultados da Avaliação

Nesta subseção, serão apresentadas e discutidas as respostas das questões norteadoras da avaliação, as conclusões oriundas das observações realizadas e as respostas dos questionários.

**QA1:** *Qual o comportamento dos participantes durante a atividade?*

Em ambas sessões, os participantes apresentaram um alto nível de concentração. Apenas um aluno estava utilizando redes sociais em seu celular, em um dado momento da sessão 1. Na sessão 2, os participantes não ficaram em frente ao quadro resolvendo as questões e utilizando o círculo para o particionamento. Eles permaneceram nas bancadas utilizando as folhas e os *post-its* disponibilizados.

Apenas um grupo estava colando os *post-its* no quadro após a definição de cada classe de equivalência. O outro grupo colou todos os *post-its* ao terminar a divisão das classes, o que dificultou a correção e *feedback* para este grupo durante a atividade. Com isso, percebeu-se que o círculo para partição das classes de equivalência possuía uma baixa relevância na atividade, uma vez que a utilização dos *post-its* mostrou que era necessário apenas um espaço para o planejamento e escrita/definição das classes.

Quanto ao quesito trabalho em equipe, ambos os grupos participaram ativamente, comunicando-se e discutindo a solução da questão entre si. O trabalho em equipe foi melhor evidenciado quando os alunos foram para o quadro elaborar os casos de teste e os intervalos na linha de especificação, onde os mesmos discutiam e corrigiam detalhes que não atentaram e que ainda não haviam sido corrigidos pelos avaliadores.

A Figura 29 apresenta os alunos do equipe 1 discutindo e elaborando os casos de teste e a Figura 30 apresenta um membro da equipe 2 realizando a colagem dos *post-its* com as classes de domínio. Por último, a Figura 31 mostra um dos avaliadores da atividade realizando a correção dos casos de teste definidos pela equipe 2 na segunda sessão da atividade.

**QA2:** *Houve diferença entre os resultados dos exercícios resolvidos pelas equipes em cada sessão?*

Como mencionado anteriormente, foram elaborados para a atividade dois exercícios

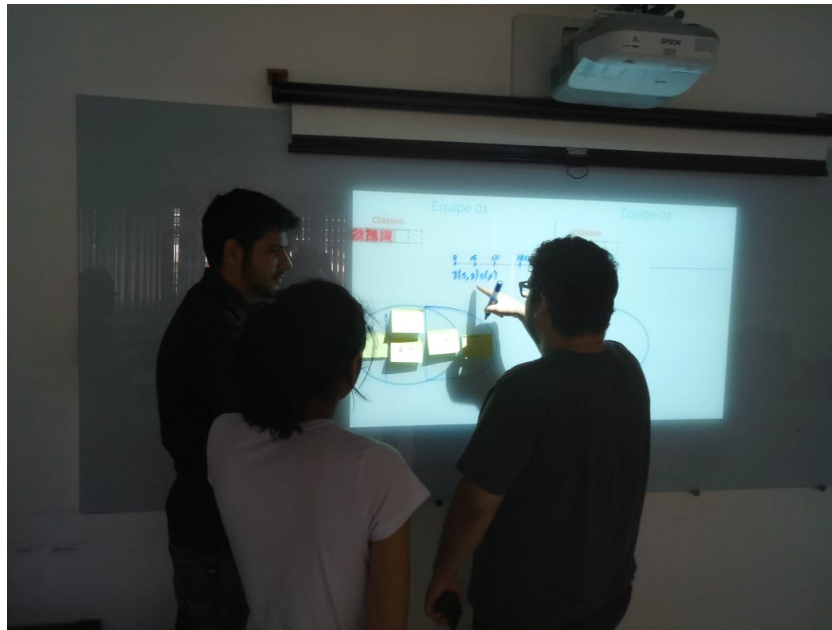


Figura 29: Participantes da equipe 1 definindo os casos de teste.

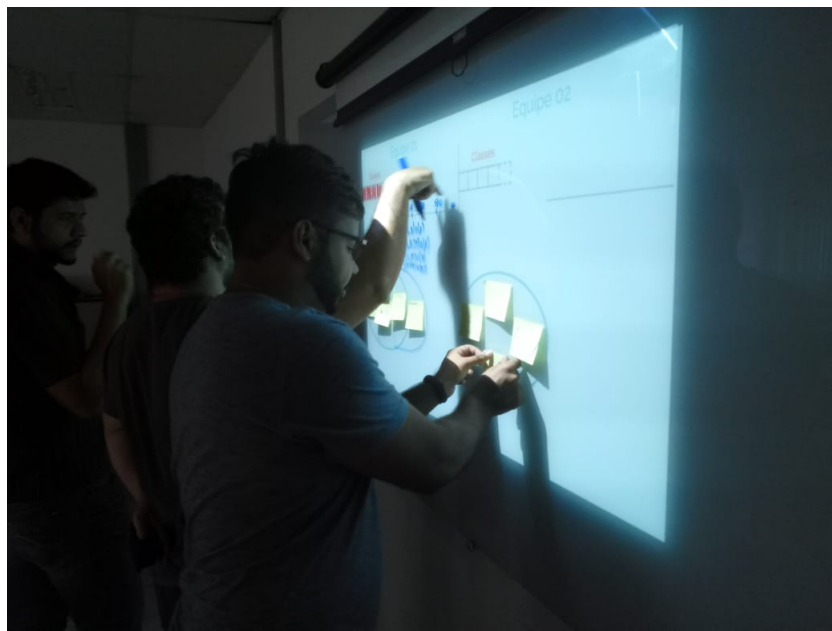


Figura 30: Participante da equipe 2 colando os post-its com as classes de domínio.

com especificações de programas diferentes. O exercício 1 possuía a especificação de um programa de cobrança de estacionamento e o exercício 2 possuía a especificação de um programa de cálculo de média escolar. Para facilitar o entendimento, os resultados e observações de cada sessão serão discutidos separadamente.

**Primeira sessão:** A equipe 1 obteve o exercício 2 para resolução e elaborou apenas 3 classes de equivalência, conseguindo satisfazer a especificação do problema. No entanto, foi observado, pelos avaliadores, que a quantidade mínima de classes de equivalência difi-

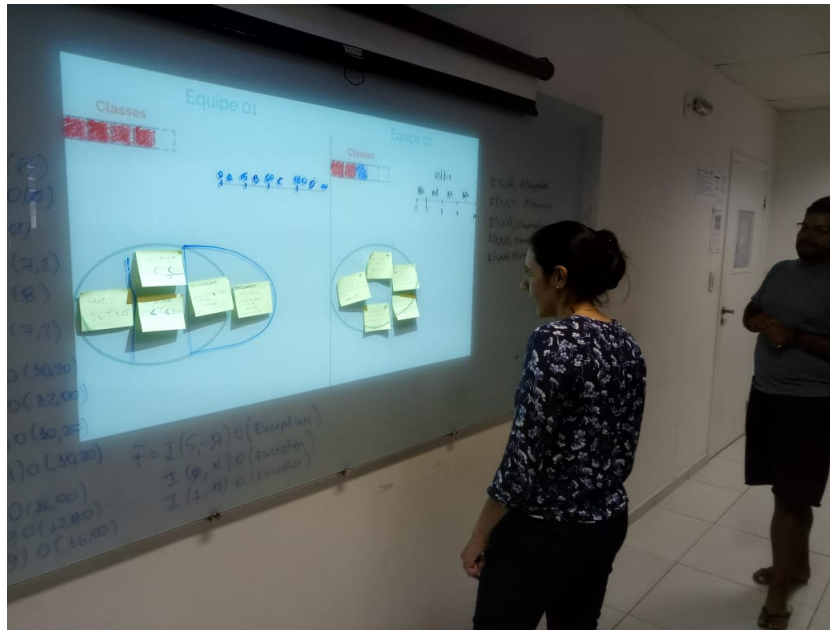


Figura 31: Avaliador realizando a correção dos casos de teste do grupo 2.

cultou a elaboração dos casos de teste. Mesmo assim, a equipe obteve êxito na elaboração de uma quantidade mínima de casos de teste que satisfizeram as classes de equivalência definidas. A segunda equipe, por sua vez, obteve o exercício 1 e elaborou 7 classes de equivalência, satisfazendo a especificação do programa descrito. No entanto, a equipe obteve uma completude mínima na elaboração dos casos de teste para as classes de equivalência definidas.

**Segunda sessão:** A equipe 1 recebeu o exercício 1 para resolução e definiu 5 classes de equivalência. Com isso, a equipe conseguiu cobrir as especificações do programa descrito e elaborou casos de teste suficientes para atendimento das classes de equivalência definidas. A equipe 2 recebeu o exercício 2 e definiu 5 classes de equivalência, satisfazendo a especificação do programa. Porém, a equipe não conseguiu elaborar a quantidade necessária de casos de teste para satisfazer as classes de equivalência definidas.

Pode-se considerar que os exercícios possuíam níveis de complexidade diferentes. O exercício 2 era mais complexo que o exercício 1 por compreender a utilização de 3 variáveis (as notas para cálculo da média), enquanto o exercício 1 compreendia apenas 1 variável para cálculo da cobrança do estacionamento. Ambas equipes conseguiram definir classes de equivalência suficientes para atender as especificações de cada programa, dentro do tempo predefinido de 15 minutos para cada sessão.

A única diferença observada entre os resultados apresentados por cada equipe foi na quantidade de classes de equivalência elaboradas. Quando se elabora uma quantidade

mínima de classes para um programa, pode haver sobrecarga de informações nas mesmas, impactando na elaboração dos casos de teste. O ideal é definir classes de equivalência simples, com poucos intervalos e valores, de modo a facilitar a elaboração dos casos de teste.

A equipe 2 relatou a dificuldade de definir as classes de equivalência para o exercício 2 (cálculo de média), pelo fato do mesmo apresentar 3 variáveis e, por esse motivo, não ser possível utilizar a linha de especificação de intervalos. Em conversa com os alunos, houve a sugestão de utilização do grafo causa-efeito, que poderia ser adequado para este problema.

Continuando com a apresentação e discussão dos resultados, as respostas do questionário serão dispostas como segue.

**Pergunta 1:** Na escala de 1 a 7, quão divertida foi a atividade?

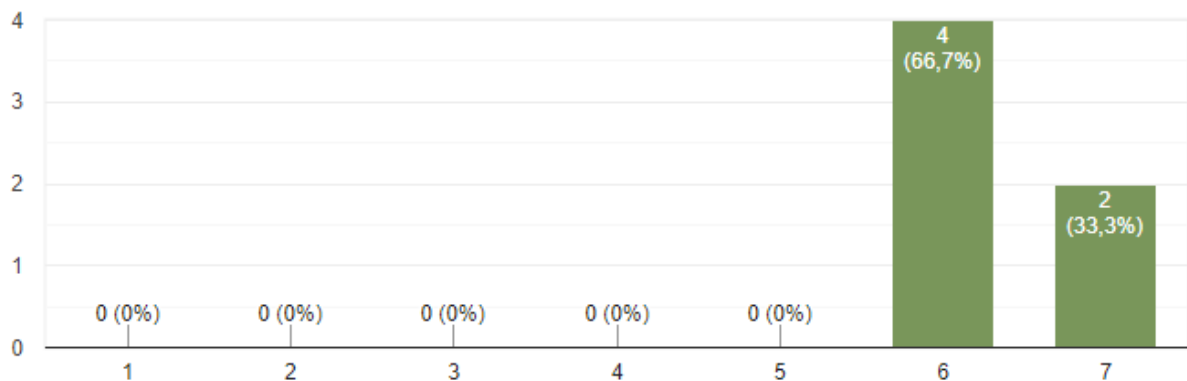


Figura 32: Percentual de respostas da pergunta 1.

Como visto na Figura 32, as respostas dos alunos fixaram-se nos pontos 6 (4 respostas, 66,7%) e 7 (2 respostas, 33,3%). Com estas estas informações, pode-se considerar que os alunos se divertiram durante a atividade.

**Pergunta 2:** O que você achou da abordagem utilizada para particionar o domínio? Na escala abaixo, indique o quão satisfeito você ficou.

De acordo com a Figura 33, as repostas dos alunos fixaram-se, em sua maioria, nos pontos 5 (2 respostas, 33,3%) e 6 (2 respostas, 33,3%), e em sua minoria, nos pontos 4 (1 resposta, 16,7%) e 7 (1 resposta, 16,7%). A partir destas informações, pode-se considerar que a maioria dos alunos ficaram satisfeitos com a abordagem utilizada na atividade para particionamento de equivalência.

**Pergunta 3:** Você gostou da forma como foi abordada a criação dos casos de teste?

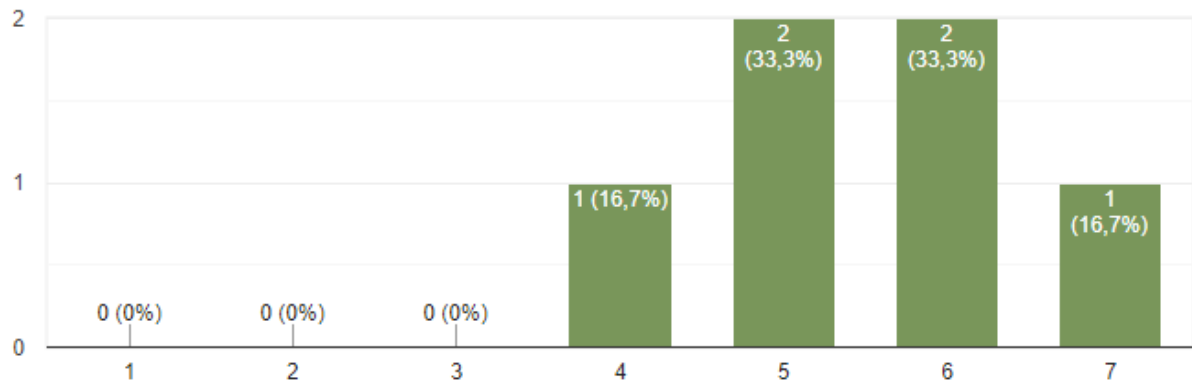


Figura 33: Percentual de respostas da pergunta 2.

Na escala abaixo, indique o quão você ficou satisfeito.

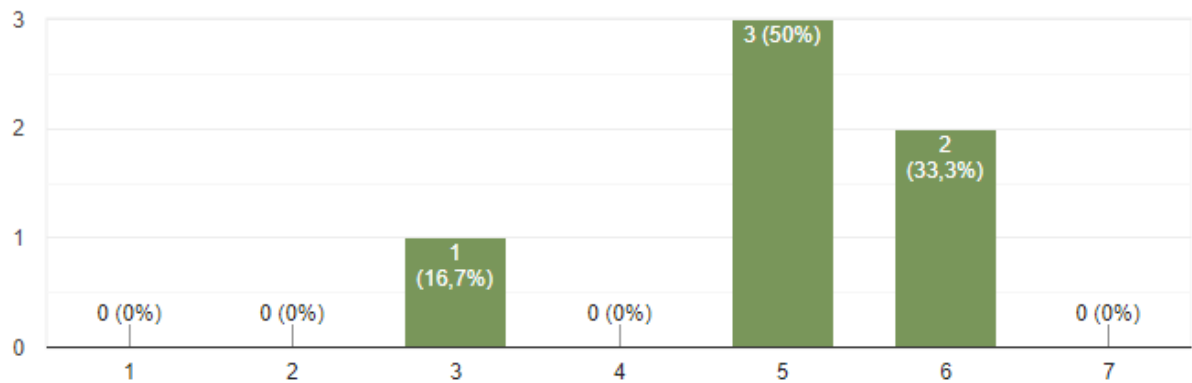


Figura 34: Percentual de respostas da pergunta 3.

Como mostrado na Figura 34, as respostas dos alunos fixaram-se, em sua maioria, nos pontos 5 (3 respostas, 50%) e 6 (2 respostas, 33,3%), e apenas uma resposta fixada no ponto 3 (16,7%). Com estas informações, pode-se considerar que a maioria dos participantes ficaram satisfeitos com a forma que a elaboração de casos de teste foi abordada, com exceção de um aluno.

**Pergunta 4:** Na escala de 1 a 7, indique o quão suficientes foram as informações apresentadas na questão?

Na Figura 35, pode-se observar que as respostas dos alunos fixaram-se nos pontos 6 (4 respostas, 66,7%) e 7 (2 respostas, 33,3%). A partir disto, pode-se considerar que as informações apresentadas nas questões eram suficientes para os alunos definirem as classes de domínio e elaborarem os casos de teste.

**Questão aberta sobre o feedback semi-imediato:** As respostas de alguns alunos confirmaram o que há na literatura sobre correção e *feedback* instantâneo. Essa afirmação

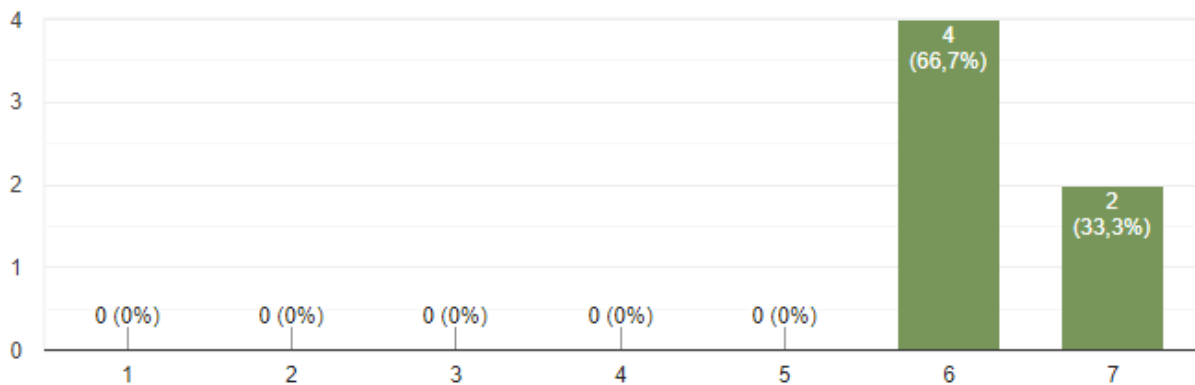


Figura 35: Percentual de respostas da pergunta 4.

pode ser confirmada a partir da resposta de dois alunos: "*Achei proveitoso, pois à medida que as correções aconteciam o grupo realinhava na tarefa pra não ter que refazer todo o processo*"; e "*A correção ter sido feita durante a atividade ajudou a entender mais rapidamente no que estávamos errando devido ao feedback imediato*".

**Sugestões de melhorias e comentários:** Dois alunos comentaram sobre a utilização de uma melhor estratégia para tratar especificações de programas com mais de uma variável, visto que a atividade lida muito bem com especificações de programas que apresentam apenas uma variável. Outro aluno relatou que se as aulas possuísem as características de dinamismo apresentadas na atividade, tornariam-se mais atrativas e aumentaria a experiência de aprendizagem.

Com a análise dos resultados, pôde-se concluir que a linha de especificação de intervalos deve ser utilizada quando se está trabalhando com apenas uma variável. Caso o programa possua mais de uma variável em sua especificação, seria adequada a utilização do grafo causa-efeito. Além disso, percebeu-se que o círculo de particionamento foi subutilizado, pois os alunos preferiram escrever as classes de domínio. Por fim, a correção semi-imediata obteve um bom índice na avaliação por parte dos alunos, atingindo o resultado e satisfação esperados pelos avaliadores.

## 4.5 Etapa 5: Evolução

Com a experimentação do protótipo, foi possível visualizar a aplicação dos elementos de jogos e seu impacto sobre os participantes. A experimentação foi útil para verificar a interação dos alunos com os elementos de jogos, como também para identificar inconsistências na estratégia projetada para a realização do particionamento de equivalência.

O elemento Times obteve êxito em sua aplicação, visto que as equipes mostraram envolvimento durante a atividade, discutindo ativamente o particionamento das classes de equivalência. O sucesso da aplicação deste elemento pode estar vinculado ao fato dos alunos estarem habituados a realizar atividades em grupo nas disciplinas. Isto, de certa forma, contribui com a fixação deste elemento na abordagem gamificada, uma vez que o mesmo foi aceito pelos participantes.

Quanto ao Temporizador, foi perceptível a preocupação dos participantes em concluir a resolução do exercício dentro do tempo predefinido de 15 minutos. Com isso, pode-se inferir que a pressão de tempo empreendida pelo elemento atingiu seu objetivo, fazendo com que os participantes atentassem e buscassem finalizar a atividade dentro do tempo que os foi concedido. Analogamente, isso reflete nos prazos de atividades de uma empresa, onde o desenvolvedor precisa concluir uma entrega em uma data predeterminada.

A premiação foi bem sucedida, como também o elemento Pontos, que foi utilizado no protótipo implicitamente através da barra de progresso. Os Pontos agiram em conjunto com a estratégia de correção, de modo a fornecer o *feedback* semi-imediato às equipes. Durante a atividade, foi observada a apreensão das equipes enquanto as classes de domínio e casos de teste eram corrigidos. Na Figura 31, essa apreensão pode ser evidenciada enquanto um aluno observa o avaliador realizar a correção das classes de domínio de sua equipe.

A partir do retorno oriundo das observações, viu-se que a estratégia idealizada para a realização do particionamento de equivalência precisaria ser remodelada ou removida, pois a mesma foi subutilizada durante a atividade. Por outro lado, a linha de especificação de intervalos foi bem utilizada por ambas equipes.

Os próximos passos são: i) refinar a abordagem proposta, ajustando os elementos de interação entre alunos e atividades de teste; e ii) elaborar um segundo protótipo para experimentação, desta vez com uma turma inteira.

## 5 Estudo de Caso

Este capítulo será destinado à escrita da evolução da abordagem gamificada apresentada no capítulo anterior e do estudo de caso executado.

### 5.1 Refinamento da Abordagem

Após analisar as informações coletadas com a execução da experimentação do primeiro protótipo, foram realizados alguns ajustes na abordagem gamificada.

O primeiro ajuste realizado na abordagem gamificada foi a remoção do Temporizador. Embora este elemento tenha atingido o seu objetivo durante a primeira experimentação, a sua remoção justifica-se pelo fato da pressão de tempo assumir duas perspectivas, sendo elas: i) Para alunos iniciantes a pressão de tempo pode ser um fator desmotivante e frustrante por ele ainda estar em fase de aprendizagem e não ter expertise o suficiente para realizar a atividade em tempo hábil; e ii) Para alunos mais experientes pode ser um fator motivador atuante na otimização de soluções. Uma vez que se tem uma base de conhecimento a pressão de tempo irá ajudar na construção de soluções mais otimizadas.

O segundo ajuste foi a adição do componente de jogos Tentativas, que busca oferecer uma nova oportunidade para obtenção de sucesso, mas tem a característica de um recurso limitado, uma vez que seja definido uma quantidade fixa de tentativas.

#### 5.1.1 Planejamento da Segunda Prototipação

Na primeira prototipação não houve implementação de solução computacional, todo o processo de correção e feedback ao aluno foram realizados manualmente. Para esta segunda prototipação, buscou-se o auxílio de aparatos tecnológicos a fim de automatizar alguns procedimentos manuais da abordagem.



### 5.1.1.1 Automatização da Correção e Feedback

Como uma das características do Design Thinking é simplificar o processo de modelagem, foi pensado em uma alternativa simples e de fácil execução. Na primeira experimentação, as classes de equivalência e os casos de teste estavam sendo corrigidos através de um espelho de respostas. Para a segunda experimentação, foi formulada uma estratégia semelhante utilizando um exercício com a especificação de um programa e um conjunto de alternativas corretas e incorretas.

O exercício iria conter classes de equivalência e casos de teste corretos e incorretos que seriam corrigidos automaticamente por um sistema. O sistema, por sua vez, forneceria ao aluno o feedback imediato da correção com o resultado parcial das alternativas que o mesmo acertou e uma mensagem de auxílio referente às alternativas erradas respondidas ou corretas não respondidas, possibilitando a realização do ajuste das respostas pelo aluno o mais rápido possível.

Duas plataformas foram exploradas para verificar se possuíam tais requisitos: o Questionário do SIGAA e o Google Formulários. A Figura 36 apresenta as funcionalidades necessárias à abordagem gamificada compreendidas pelas plataformas exploradas.

	Questionário do SIGAA	Google Formulários
<b>Correção de alternativas</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Mensagem de feedback</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Feedback por alternativa</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Visualização de feedback após submissão</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Visualização de feedback geral (turma)</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Reenvio de respostas</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 36: Comparação entre as funcionalidades oferecidas por ambas plataformas.

Após esta comparação, foi percebido que o feedback por alternativas (Questionário do SIGAA) seria uma funcionalidade muito útil, pois o feedback poderia ser dado pontualmente onde o aluno errou. Então foi decidido utilizar o Questionário do SIGAA para criação dos exercícios da atividade gamificada.

### 5.1.1.2 Planejamento da Atividade Gamificada

Os exercícios, que na experimentação do primeiro protótipo foram impressos e distribuídos aos alunos, passariam a ser criados em um questionário no SIGAA. Seguindo a

mesma estrutura do primeiro experimento, os exercícios iriam possuir duas questões: uma questão para seleção das classes de equivalência corretas e uma questão para seleção dos casos de teste corretos.

Um exercício com duas questões seria dividido em dois questionários, fazendo com que o aluno receba o feedback de uma questão por vez. As alternativas erradas de cada questão possuiriam uma mensagem de feedback fornecendo dicas sobre detalhes que o aluno não atentou. Além disso, o exercício também precisaria estar configurado para exibir o feedback ao aluno imediatamente após a submissão da resposta.

Uma vez com a estrutura do exercício e feedback definidos, foi passado para a parte de planejamento e organização dos elementos de jogos. Os Times seriam formados por duplas de alunos que enfrentariam-se (Combate). O componente Tentativas poderia ser configurado no questionário para permissão de dois envios, ou seja, a primeira submissão do aluno e uma outra chance.

A pontuação seria representada através do percentual de acertos do aluno, fornecido pelo próprio questionário do SIGAA. As premiações seriam realizadas por meio de balões, distribuídos de acordo com a faixa percentual de acertos em cada questão. Foram definidas as seguintes faixas e cores de balões: 100% - 86% (balão verde); 85% - 71% (balão laranja); 70% - 56% (balão amarelo); 55% - 0% (balão vermelho). Sendo assim, todos os alunos seriam premiados, ao invés de apenas os alunos que obtiverem altos índices.

Por fim, foram elaborados dois exercícios cada um com a especificação de um programa diferente. Ambas especificações encontram-se no Apêndice C.

### **5.1.1.3 Experimentação Piloto**

Com o sistema para criação dos exercícios e fornecimento do feedback escolhido, a atividade gamificada planejada e os exercícios elaborados, foi realizada uma experimentação piloto com alunos de uma turma de pós-graduação. Estes alunos são integrantes do Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação (PPgSC) da UFRN e estavam matriculados na disciplina de Teste de Software ofertada pelo programa.

Esta disciplina aborda os assuntos de particionamento de equivalência e criação de casos de teste, compreendidos pela atividade gamificada. Logo, não foi necessária a realização de treinamento ou explicação dos assuntos. Apenas a atividade foi explicada e realizada seguindo o que foi planejado na subseção acima.

A partir da execução da experimentação piloto foi coletado o feedback dos alunos

e identificadas algumas inconsistências com o Questionário do SIGAA. Dois problemas foram identificados: i) o feedback por alternativas não era apresentado ao aluno; e ii) não era possível visualizar o percentual de acertos na questão, pois era computado apenas o percentual de acertos no questionário completo, informando 100% de acerto, caso a questão estivesse correta, e 0% caso houvesse pelo menos uma alternativa errada.

Após isso, decidiu-se utilizar o Google Formulários para criação dos exercícios e elaborar uma estratégia para apresentação do feedback parcial ao aluno.

## **5.1.2 Preparação do Protótipo**

O Google Formulários possui uma funcionalidade chamada Testes(Quiz) que permite a atribuição de pontos aos itens/questões de um formulário, realiza a correção das questões e permite a visualização do feedback de cada questão. Embora não fornecesse suporte ao feedback por alternativa, esta funcionalidade foi útil para preparação do protótipo por permitir a configuração do feedback para respostas corretas e incorretas.

### **5.1.2.1 Questões do Exercício**

Dois exercícios haviam sido elaborados para a experimentação piloto. Ambos possuíam a especificação de um programa, uma questão para seleção das classes de equivalência e outra questão para seleção dos casos de teste. Para cada exercício, foi necessário a criação de dois questionários, ambos com questões do tipo Caixa de Seleção. Um questionário comportou as alternativas com as classes de equivalência e outro questionário comportou as alternativas com os casos de teste.

### **5.1.2.2 Feedback ao Aluno**

O Google Formulários possibilita a visualização de mensagens de feedback após submissão do questionário. Então, foram adicionadas mensagens de feedback para serem exibidas aos alunos, caso sejam submetidas alternativas incorretas, visando ajudar o aluno a atentar para detalhes importantes.

Quanto ao feedback parcial, foi idealizada uma planilha com informações das respostas de todos os alunos. Esta planilha iria conter as seguintes informações:

- Resultado parcial das alternativas corretas respondidas;

- Resultado parcial das alternativas incorretas respondidas;
- Cor do balão, configurado de acordo com a quantidade de alternativas corretas e incorretas respondidas;
- Quantidade de tentativas.

Para alimentar esta planilha, foi implementado um script que consultava as respostas submetidas pelos alunos e computava os resultados dos mesmos imediatamente após a submissão. Este script atribuía a cor do balão considerando a quantidade de alternativas corretas e incorretas respondidas pelos alunos. Sumariamente, as cores eram:

**Verde:** para respostas completamente corretas;

**Laranja ou Amarelo:** para respostas faltando uma quantidade específica de alternativas corretas e/ou com uma quantidade específica de alternativas incorreta respondidas;

**Vermelho:** para respostas com a quantidade de alternativas corretas respondidas abaixo da metade das alternativas corretas ou com a quantidade de alternativas incorretas respondidas acima da metade.

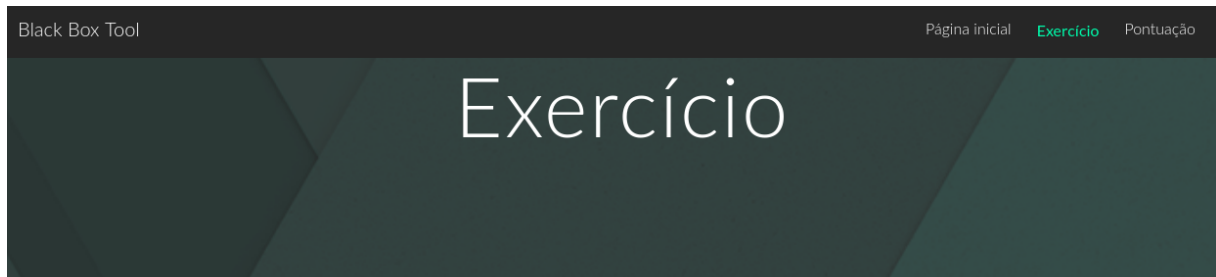
### 5.1.2.3 Implementação do Protótipo

Buscando unir o exercício e a planilha de feedback, foi estruturado um site com o auxílio do Google Sites. A Figura 37 apresenta a especificação de um dos programas elaborados para um exercício. A Figura 38 apresenta as duas questões do exercícios com as alternativas referentes às classes de equivalência e casos de teste. A Figura 39 apresenta a planilha de feedback dos alunos.

Foram criados dois sites contendo a especificação e as questões de cada exercício. Tendo como finalizada a implementação do protótipo para a realização da atividade gamificada, foi passado para a fase de planejamento, execução e avaliação da experimentação do segundo protótipo.

## 5.2 Organização do Estudo de Caso

Seguindo o mesmo direcionamento da experimentação do primeiro protótipo, buscou-se comparar as abordagens tradicional e gamificada. Para isso, foi utilizado o Projeto de



## Particionamento de Equivalência e Criação dos Casos de Teste

Você faz parte da equipe de teste de uma empresa que está desenvolvendo um novo sistema para uma concessionária de aluguel de carros de luxo. Você ficou encarregado de testar o módulo de devolução. O preço diário de locação de qualquer veículo é de R\$ 110. Se o carro for devolvido sem atraso, o cliente não pagará multa por isso. Caso o carro seja entregue após a data de devolução, o cliente deverá pagar uma multa que é calculada por cada dia de atraso com taxa de 40% do preço de locação ao dia até o 3o dia de atraso. Após o 3o dia de atraso, o percentual da taxa da multa sobe para 65% ao dia. Caso o atraso exceda 10 dias, o cliente deverá pagar uma multa equivalente aos 10 dias de atraso acrescentado o valor do veículo. Todos os veículos tem valor de R\$ 230.000.

Figura 37: Recorte da Especificação do Programa na Área do Exercício.

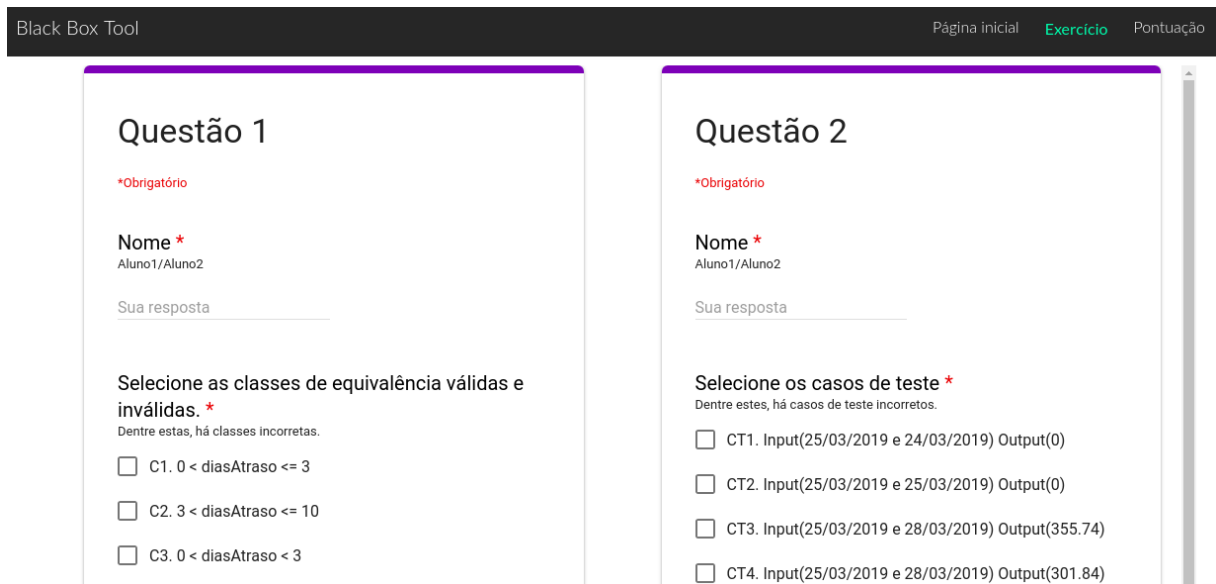


Figura 38: Recorte das Questões do Exercício no Site.

Experimento do Quadrado Latino (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005).

### 5.2.1 Planejamento

O experimento foi realizado na turma 2019.1 da disciplina de Teste de Software I do curso de BTI da UFRN. Um total de 36 alunos participou do estudo de caso, os quais foram divididos em dois grupos para que se seguisse o delineamento do quadrado latino. Destes 36 alunos participantes foram originadas 18 réplicas formadas por pares aleatórios de alunos.



Pontuação do exercício : Página1								
Dupla	Questão 1				Questão 2			
	Alternativas corretas	Alternativas erradas	Balão	Tentativas	Alternativas corretas	Alternativas erradas	Balão	Tentativas
	4/4	0/3	Verde	1				
	4/4	0/3	Verde	1	6/7	0/3	Laranja	1
	4/4	0/3	Verde	1	6/7	0/3	Laranja	2
	4/4	0/3	Verde	1	6/7	0/3	Laranja	1
	4/4	0/3	Verde	1	6/7	0/3	Laranja	1
	4/4	0/3	Verde	1	7/7	0/3	Verde	1

Figura 39: Recorte da Planilha de Pontuação.

Os fatores de controle do estudo de caso foram os participantes (sujeitos) e os exercícios elaborados. Os tratamentos foram as abordagens tradicional e gamificada que estavam sendo avaliadas. A Figura 40 dispõe as linhas e as colunas do quadrado latino com os fatores de controle e tratamentos.

	Exercício 1	Exercício 2
Sujeito 1	Tradicional	Gamificada
Sujeito 2	Gamificada	Tradicional

Figura 40: Disposição do Quadrado Latino do Experimento.

O exercício 1 continha a especificação de um programa de locadora de veículos, no qual o aluno precisaria definir as classes de equivalência considerando as regras referentes ao módulo de multa de atraso do veículo. O exercício 2 continha a especificação do módulo de pagamento de um sistema de e-commerce, no qual os alunos deveriam definir as classes de equivalência de acordo com as regras explicitadas.

Em cada exercício, os sujeitos tiveram que definir as classes de equivalência e criar os casos de teste, respondendo no formulário quais estavam corretos. Além disso, os sujeitos também tiveram que implementar os testes unitários para as classes de equivalência definidas e exercitá-los utilizando os casos de teste criados. Para implementar os testes unitários foi exigida a utilização do *framework* JUnit.

## 5.2.2 Avaliação

Neste experimento foram realizados dois tipos de avaliação: i) qualitativa, com a utilização de um questionário anônimo que buscou verificar aspectos relacionados a satisfação e motivação dos participantes; e ii) quantitativa, baseada na abordagem Goal-Question-Metric(GQM) (CALDIERA; ROMBACH, 1994), cujo objetivo é mencionado a seguir.

**Analisar** a abordagem gamificada proposta para auxiliar o ensino da técnica de particionamento em classes de equivalência com relação a abordagem tradicional.

**Com o propósito** de avaliar os seus benefícios.

**No que diz respeito** à motivação e satisfação dos alunos quanto as atividades de teste, verificando: a quantidade de classes de equivalência criadas corretamente, a quantidade de defeitos/*bugs* encontrados e a cobertura de *statements* obtida pelos testes unitários implementados.

**Sob o ponto de vista** do aluno.

**No contexto** da disciplina Teste de Software I.

Relacionadas ao objetivo supracitado tem-se as seguintes questões de pesquisa(QP) e suas respectivas métricas(M) e hipóteses:

**QP1: *Os elementos de jogos exercem influência sobre a motivação dos alunos na realização das atividades de teste?***

**M1:** Os pontos da escala Likert obtidos através das respostas dos alunos nas afirmativas relacionadas a cada elemento de jogo utilizado.

**Hipótese:** Os elementos de jogos influenciam na motivação dos alunos.

**QP2: *Há diferença na corretude das classes de equivalência definidas na atividade gamificada e na atividade sem gamificação?***

**M2:** Quantidade de classes corretas definidas por cada grupo.

**Hipótese:** As classes de equivalência definidas durante a abordagem gamificada são melhores.

**QP3: *Há diferença na cobertura e na efetividade (quantidade de defeitos/bugs identificados) dos casos de teste definidos durante a execução da abordagem gamificada e durante a atividade sem gamificação?***

**M3:** Quantidade de defeitos encontrados, medido através do *score* de mutação que é

obtido por meio da diferença entre a quantidade de defeitos injetados e a quantidade de defeitos encontrados pelos testes unitários.

**M4:** Cobertura dos testes unitários implementados.

**Hipótese:** Os casos de teste definidos durante a abordagem gamificada são melhores.

**QP4:** *Como os alunos se posicionaram em relação à abordagem gamificada e tradicional, no que diz respeito à satisfação?*

**M5:** Os pontos da escala Likert obtidos através das respostas dos alunos nas afirmativas relacionadas aos aspectos de satisfação referentes ao: divertimento na abordagem, feedback da correção, ambiente utilizado para a realização dos exercícios.

**Hipótese:** Os alunos ficaram satisfeitos com a abordagem gamificada.

Apresentadas as questões de pesquisa, métricas e hipóteses, segue-se para a descrição da execução do estudo de caso.

### 5.2.3 Execução

O estudo de caso foi executado em quatro dias seguindo a ordem planejada no quadrado latino. Em cada dia foi realizada uma atividade diferente com um grupo diferente. A Tabela 14 apresenta os dias, os grupos participantes e a abordagem da atividade realizada.

Tabela 14: Dias de Execução do Experimento.

05/06/2019	10/06/2019	12/06/2019	17/06/2019
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
Tradicional	Gamificada	Gamificada	Tradicional

Nos dias de aplicação das atividades tradicionais os alunos responderam o exercício individualmente. Em ambos os dias, roteiros das atividades foram disponibilizados através de uma tarefa no SIGAA. Esta tarefa continha o exercício com a especificação do programa e um arquivo .jar do programa, o qual deveria ser utilizado pelos alunos para executar os testes unitários implementados. Ao final das atividades, os alunos anexaram as classes de equivalência definidas, os casos de teste criados e a classe Java com os testes implementados na tarefa para realização da correção e análise deste experimento.

Nos dias de aplicação das atividades usando a gamificação os alunos responderam os exercícios em duplas (Times). Uma tarefa no SIGAA foi criada apenas para disponibilizar o arquivo .jar com a implementação do programa e envio dos testes implementados pelos



alunos ao final da atividade, pois todo o exercício estava descrito no site. Como as classes de equivalência e casos de teste definidos foram corrigidos automaticamente, restou apenas realizar a análise das respostas submetidas pelos alunos para este experimento.

Com exceção do primeiro dia, no qual foi aplicada a atividade tradicional, todos os outros dias de aplicação foram fotografados. A Figura 41 mostra os alunos resolvendo o exercício no primeiro dia de aplicação da atividade gamificada e a Figura 42 no segundo dia de aplicação. A Figura 43 apresenta os alunos resolvendo o exercícios no segundo dia de aplicação da atividade tradicional.



Figura 41: Primeiro Dia de Aplicação da Atividade Gamificada.



Figura 42: Segundo Dia de Aplicação da Atividade Gamificada.



Figura 43: Segundo Dia de Aplicação da Atividade Tradicional.

## 5.2.4 Resultados

Dos 36 participantes apenas 35 responderam o questionário avaliativo. O questionário era composto por 10 afirmativas, numa escala de 5 pontos distribuídos entre "discordo fortemente" e "concordo fortemente" e duas questões descritivas. As questões foram baseadas em um questionário aplicado nos estudos de (FRASER, 2017), que buscou avaliar aspectos de motivação, satisfação e divertimento de um sistema gamificado.

### **QP1: Os elementos de jogos exercem influência sobre a motivação dos alunos na realização das atividades de teste?**

O foco do questionário foi extrair informações para responder as QP1 e QP4. Para a QP1, foram elaboradas um conjunto de afirmativas que consideraram cada elemento de jogo utilizado na abordagem gamificada. A Tabela 15 apresenta o ativador motivacional de cada item, os elementos de jogos, os itens do questionário relacionados com cada elemento e a justificativa.

Como visto na Figura 44, a maioria dos alunos (31 alunos) **concordaram fortemente** ou **concordaram** com a afirmação referente ao trabalho e cooperação em equipe, relacionada com o elemento Times. Apenas 4 alunos ficaram **neutros**.

Durante a atividade, foi possível observar que a interação e o envolvimento em equipe permitiu aos alunos pensar na resolução do exercício de forma mais completa. A discussão entre os membros da equipe possibilitou que detalhes não atentados pelo membro A fossem ressaltados pelo membro B, ocasionando um aumento na eficácia da resposta.

A partir das respostas do item 1 do questionário e com as observações realizadas

Tabela 15: Itens do questionário referentes à QP1.

Ativador Motivacional	Elemento de Jogo	Item do Questionário	Justificativa
Realização	Pontos	I4, I5, I6	Indicação de progresso e visualização do desenvolvimento por meio do ganho.
Empoderamento	Premiações	I3	Recompensar fisicamente para gerar empenho por meio do ganho.
Influência Social	Times	I1	Incentivo da colaboração entre os membros da equipe.
Escassez	Tentativas	I2	Tem a característica de recurso limitado, mas visa oferecer uma nova chance para obtenção de sucesso.

Eu gostei do trabalho e cooperação em equipe.

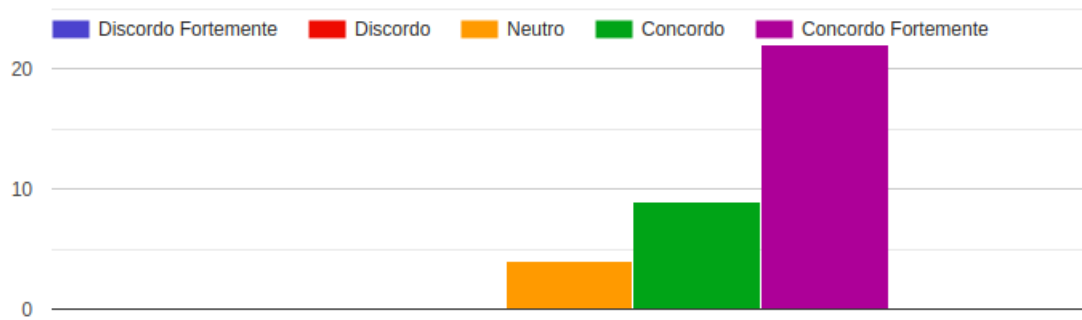


Figura 44: Item 1 do Questionário.

durante a atividade, pode-se considerar que o objetivo vinculado à colaboração em equipe foi alcançado com êxito.

O item 2 do questionário foi uma pergunta descritiva que questionou os alunos sobre a possibilidade de envio de uma nova resposta. Foram extraídas as respostas de 7 alunos, no qual 6 delas compartilham do mesmo pensamento expressando pela maioria dos alunos e apenas uma diverge da maioria. As respostas serão apresentadas a seguir:

*"Acho que é importante existir uma segunda tentativa, dá uma nova chance da equipe rever onde errou e poder consertar."*

*"Achei legal, pois assim nós conseguimos corrigir os erros cometidos nas tentativas anteriores."*

*"Considerarei muito importante, pois a partir da resposta anterior podemos avaliar os erros que cometemos que é um ótimo método de aprendizado."*

"Eu gostei, porém ficaria mais divertido com só uma tentativa."


"Interessante poder ver o que erramos e acertar na segunda."

"Ótimo, pois os erros puderam ser corrigidos após uma reflexão sobre o que estaria errado."

"Perfeito, pra ver onde erramos e tentar consertar."

A partir da análise das respostas do item 2 do questionário pode-se considerar que o objetivo pretendido com a utilização do elemento Tentativas foi alcançado.

Continuando com a análise, será apresentado o item 3 do questionário que está associado ao elemento Premiações. A Figura 46 mostra que a maioria (25 alunos) dos alunos **discordam fortemente**, **discordam** ou são **neutros** à afirmação de que deveriam ser premiados apenas os alunos que obtiveram altos índices. Este resultado corrobora com a decisão de premiar todos os alunos ao invés de apenas os alunos que mais se destacarem na abordagem gamificada.

Devem ser premiados apenas as equipes que obtiverem altos índices. 

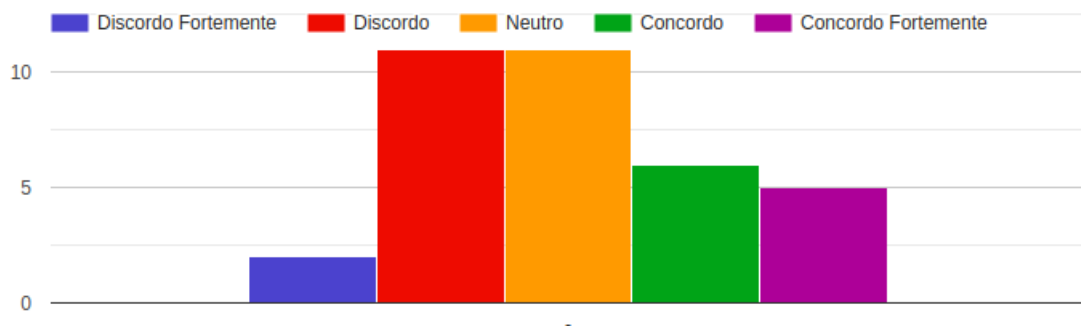


Figura 45: Item 3 do Questionário.

Os itens 4, 5 e 6 do questionário referem-se ao elemento Pontos que também está relacionado ao ganho de balões após a conclusão das questões. O ganho de balões faz menção ao progresso do aluno indicando o seu desenvolvimento. Na atividade, as cores dos balões variavam de acordo com a quantidade de alternativas corretas e incorretas respondidas pelos alunos.

O objetivo do item 4 foi verificar se os alunos sentiram-se estimulados com o ganho dos balões. A Figura 46 mostra que 24 alunos **concordaram fortemente** ou **concordaram** que os balões estimularam-os. Quanto aos demais, 8 alunos ficaram **neutros**, 1 aluno **discordou** e 2 alunos **discordaram fortemente**.

Me senti estimulado com o ganho dos balões após a conclusão de cada questão.

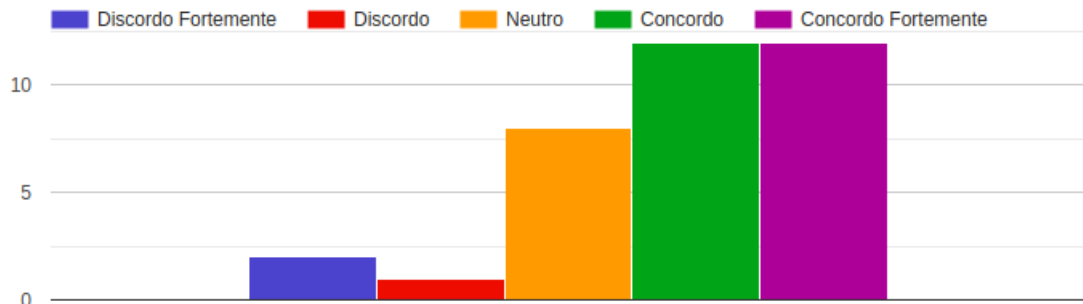


Figura 46: Item 4 do Questionário.

O item 5, por sua vez, buscou verificar se houve frustração entre os alunos quanto ao ganho dos balões. A Figura 47 mostra que 17 alunos **discordaram fortemente** ou **discordaram**, 14 alunos ficaram **neutros** e 4 alunos **concordaram** ou **concordaram fortemente**.

Me senti frustrado ao ver as outras equipes com mais balões ou com balões melhores que a minha equipe.

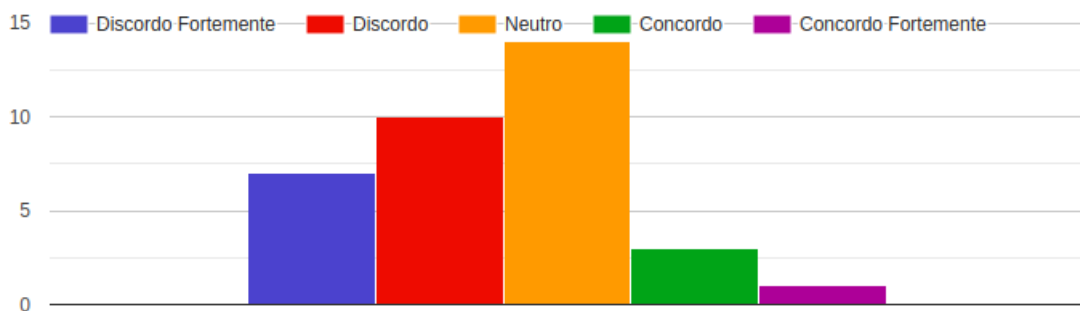


Figura 47: Item 5 do Questionário.

O item 6 buscou verificar se o acúmulo de balões pelas equipes incentivou os alunos a querer ganhar mais balões. A Figura 48 mostra que 22 alunos **concordaram fortemente** ou **concordaram**, 7 alunos ficaram **neutros** e 6 alunos **discordam** ou **discordam fortemente**.

Com essa análise, pode-se considerar que: i) que a maioria dos alunos sentiu-se estimulada com o ganho dos balões; ii) a maioria não se sentiu frustrada quanto ao ganho de balões de outras equipes, mas uma considerável parcela mostrou-se neutra quanto a isso;

Ver as outras equipes acumulando balões me incentivou a querer responder mais exercícios para ganhar mais balões.

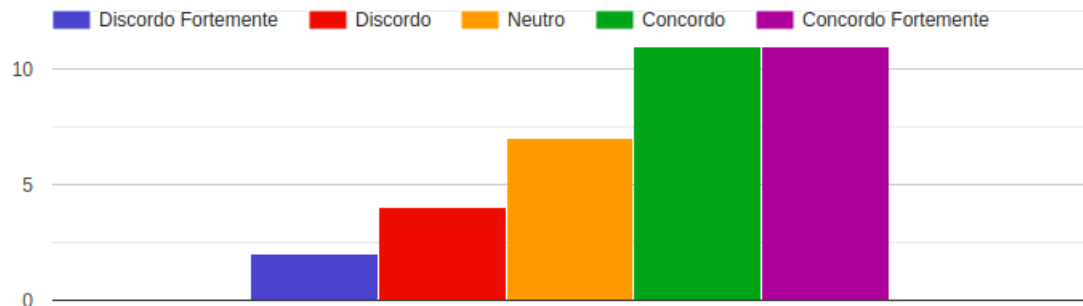


Figura 48: Item 6 do Questionário.

e iii) a maioria dos alunos afirmou ter se incentivado a responder as questões ao ver as outras equipes acumulando os balões.

Buscando avaliar a confiabilidade e consistência das respostas dos itens do questionário apresentados nesta QP, foi utilizado o Alfa de Cronbach que é calculado a partir das variâncias de cada itens e das suas covariâncias (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). Em outras palavras, este teste busca avaliar a magnitude em que os itens de um questionário estão correlacionados (HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010).

O coeficiente alfa é calculado a partir da seguinte equação:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^{k-1} s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (5.1)$$

sendo:

$k$  corresponde ao número de itens do questionário;

$s_i^2$  corresponde a variância de cada item;

$s_t^2$  corresponde a variância total do questionário, determinada como a soma de todas as variâncias.

O alfa foi calculado para as respostas dos itens I1, I3, I4, I5 e I6, no qual o resultado obtido pelo coeficiente foi de **0.96**, considerado um nível muito alto de confiabilidade. O valor máximo esperado é de 0.90, acima disto pode-se considerar que há redundância ou duplicação. Possivelmente, o valor do alfa apresentado como resultado se deu alto pelo

fato de alguns itens avaliarem um mesmo aspecto, porém em perspectivas diferentes.

A partir dos resultados das respostas e do alfa de Cronbach, pode-se tomar a hipótese nula ( $H_0$ ) como rejeitada para esta amostra, e afirmar que os elementos de jogos têm influência sobre a motivação dos alunos.

**QP2: Há diferença na corretude das classes de equivalência definidas na atividade gamificada e na atividade sem gamificação?**

Todas as classes de equivalência definidas pelos alunos foram analisadas e corrigidas manualmente. Visando auxiliar o processo de análise, foram definidas 3 classificações: i) totalmente correta; ii) parcialmente correta; e iii) errada.

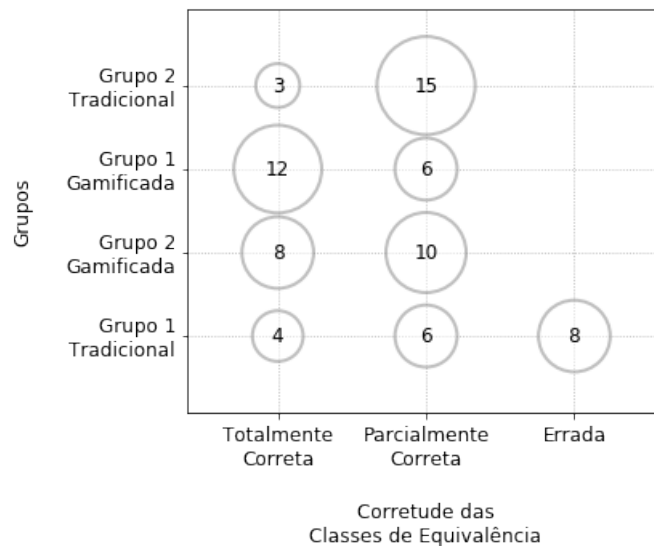


Figura 49: Bubble Plot com a Corretude das Classes de Equivalência por Grupo.

A Figura 49 apresenta o resultado da análise por grupo, na qual pode ser observado que 8 alunos do Grupo 1 (quando realizaram a atividade tradicional) submeteram classes de equivalência erradas. No entanto, foi o grupo cujos alunos apresentaram mais classes de equivalência totalmente corretas quando realizaram a atividade gamificada, totalizando 12 alunos.

Os alunos do Grupo 2, por sua vez, não apresentaram nenhuma classe de equivalência errada, mas foi o grupo que mais submeteu classes de equivalência parcialmente corretas em ambas atividades, sendo 15 alunos na tradicional e 10 alunos na gamificada. Além disso, também foi o grupo que menos apresentou classes de equivalência totalmente corretas durante a atividade tradicional, um total de apenas 3 alunos.

A Tabela 16 sumariza as informações presentes na Figura 49 ao mostrar a quantidade

Tabela 16: Comparação entre Abordagem e Corretude das Classes de Equivalência.

<b>Abordagem</b>	<b>Totalmente Corretas</b>	<b>Parcialmente Corretas</b>	<b>Erradas</b>
Tradicional (Grupo 1 + Grupo 2)	7 alunos	21 alunos	8 alunos
Gamificada (Grupo 1 + Grupo 2)	20 alunos	16 alunos	0 alunos

de alunos por classificação de corretude em relação às atividades tradicional e gamificada. A partir destas informações, pode-se observar que os alunos quando submetidos à atividade gamificada apresentaram mais classes de equivalência totalmente corretas que os alunos submetidos à atividade tradicional. Logo, por consequência, menos alunos submetidos à atividade gamificada apresentaram classes de equivalência parcialmente corretas e nenhuma aluno apresentou classes de equivalência erradas.

A partir desta análise, para esta amostra, pode-se considerar a hipótese nula ( $H_0$ ) como rejeitada e afirmar que as classes de equivalência definidas durante a atividade gamificada foram melhores.

**QP3: Há diferença na cobertura e na efetividade (quantidade de defeitos/*bugs* identificados) dos casos de teste definidos durante a execução da abordagem gamificada e durante a atividade sem gamificação?**

Para responder esta questão de pesquisa, foram calculadas duas métricas: i) a cobertura de linhas de código dos programas referentes aos testes unitários enviados pelos alunos com o auxílio da ferramenta elemma<sup>1</sup>; e ii) o *score* de mutação<sup>2</sup> para verificar a efetividade dos casos de teste. O dataset com os dados dos alunos utilizados na realização da análise encontra-se no Apêndice F.

O gráfico de caixa, apresentado na Figura 50, mostra distribuição do percentual de cobertura dos programas em relação aos testes unitários dos alunos. Analisando este gráfico pode-se observar que o percentual de cobertura dos testes dos participantes da atividade gamificada é maior que o percentual de cobertura dos testes dos participantes da atividade tradicional. A mediana e o desvio padrão são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17: Mediana e Desvio Padrão do Percentual de Cobertura dos Testes.

<b>Abordagem</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Tradicional	97.85	36.15
Gamificada	99.5	31.09

<sup>1</sup><https://www.elemma.org/>

<sup>2</sup>Percentual calculado a partir da diferença ente o número de defeitos encontrados pelo número de defeitos injetados



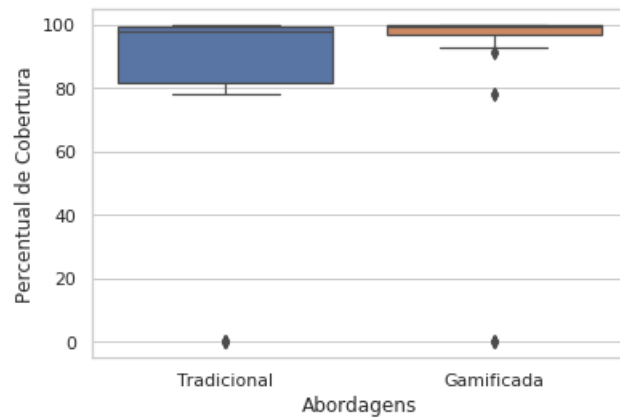


Figura 50: Box Plot do Percentual de Cobertura dos Testes Unitários.

Além das médias e desvio padrão, foi realizada a comparação dos resultados obtidos por cada sujeito em ambas atividades tradicional e gamificada. A Figura 51 apresenta a distribuição dos dados de cada sujeito referente aos percentuais de cobertura obtidos em cada exercício.

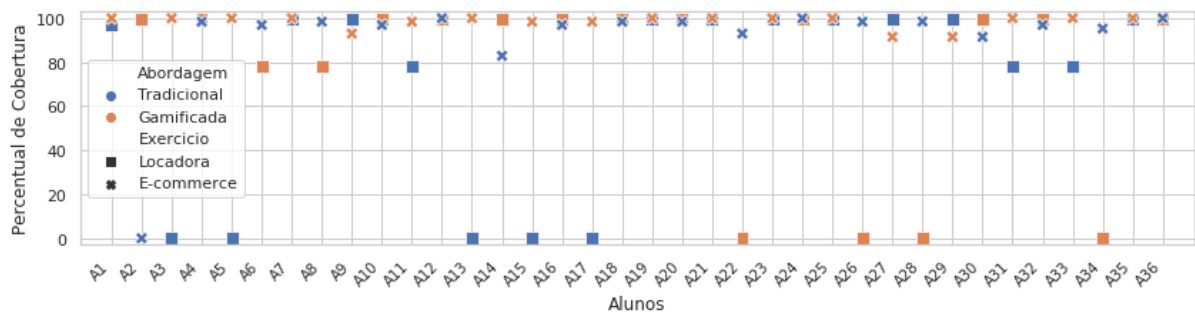


Figura 51: Distribuição dos dados do percentual de cobertura.

Considerando que as causas controladas (tratamento, linhas e colunas) e as causas não controladas (erro ou resíduo) exercem influência sobre os dados das unidades experimentais, faz-se necessário a realização de uma análise de variabilidade (análise de variância). Porém, antes disto, deve-se verificar se os dados seguem uma distribuição normal, sendo assim, foi desenvolvido um histograma para verificar a dispersão dos dados, que é apresentado na Figura 52.

A partir da apresentação do histograma, pode-se observar uma disposição assimétrica dos dados, destoando de uma curva normal. A assimetria indica que os dados podem não ser normais, o que inviabiliza a utilização de métodos estatísticos como a ANOVA (análise de variância), regressão linear e intervalos de confiança.

Como os dados não seguiram uma distribuição normal, foi utilizado como alternativa o

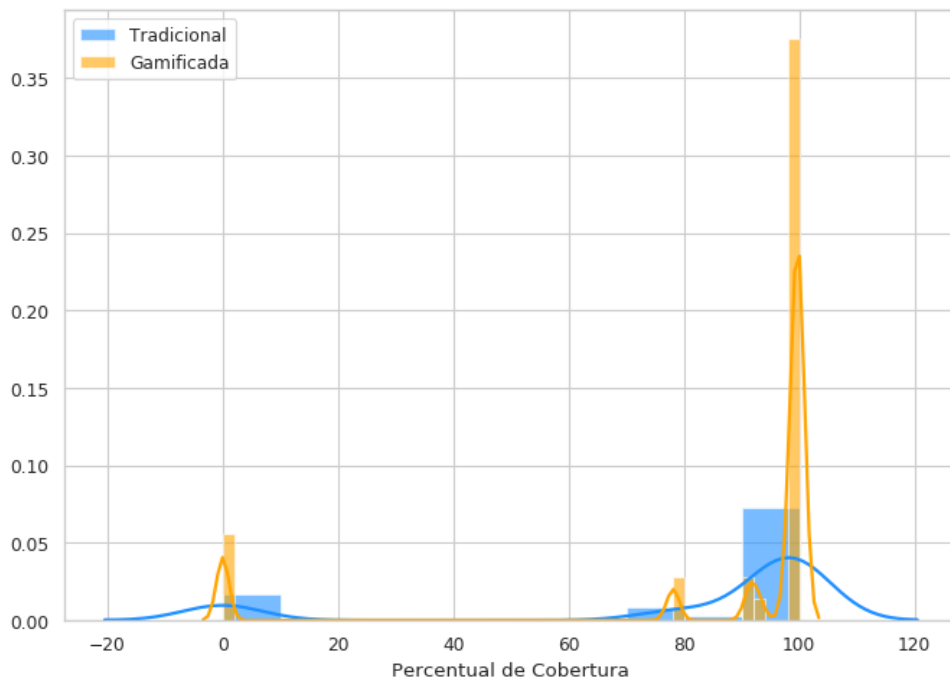


Figura 52: Histograma com os dados do percentual de cobertura.

teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (WOHLIN, 2014), assumindo nível de significância estatística de **0,05**. Ao realizar o teste sobre os dados dos percentuais de cobertura dos sujeitos, foi obtido um *valor p* de **0,007**, que é menor que o nível de significância definido.

Para verificar a efetividade dos casos de teste, foram semeados 3 defeitos em cada programa e foi calculado score de mutação dos testes unitários de cada aluno. Os recortes de tela com trechos de código dos programas com os defeitos encontram-se no Apêndice D.

A Figura 53 apresenta o gráfico de caixa com o score de mutação dos testes unitários dos alunos. Este gráfico mostra que o score de mutação dos participantes da atividade gamificada é maior que o score de mutação dos participantes da atividade tradicional, visto que o segundo quartil é inexistente e a mediana equivale a 100%. A mediana e o desvio padrão são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18: Mediana e Desvio Padrão do Score de Mutação dos Testes Unitários.

<b>Abordagem</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Tradicional	66.66	38.07
Gamificada	100.0	39.14

Para a métrica do score de mutação, também foi realizada a comparação dos resultados obtidos por cada sujeito em ambas atividades tradicional e gamificada. A Figura 54

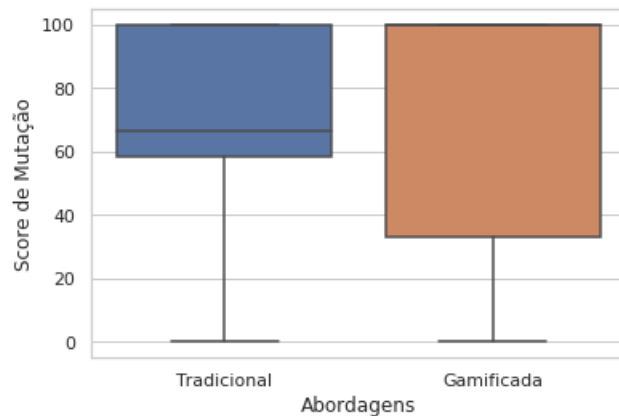


Figura 53: Box Plot do Score de Mutação dos Testes Unitários.

apresenta a distribuição dos dados de cada sujeito referente aos valores do score de mutação obtidos em cada exercício.

Também foi gerado um histograma que apresentou uma distribuição multimodal, indicando também anormalidade nos dados, como é mostrado na Figura 55.

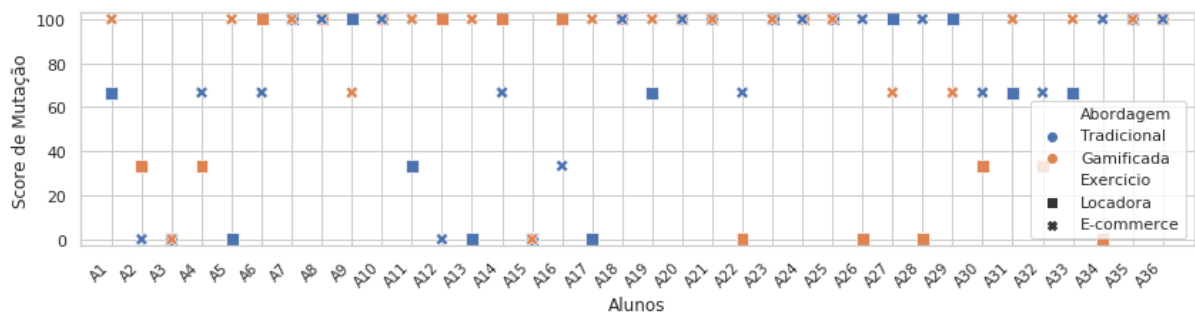


Figura 54: Distribuição dos dados do score de mutação.

O teste de Kruskal-Wallis também foi realizado sobre este conjunto de dados, assumindo o mesmo nível de significância de **0,05**, e o resultado obtido foi um *valor p* de **0,32**, que é maior que o nível de significância definido.

Considerando o resultado da significância estatística de ambas as métricas (percentual de cobertura = 0,007 e score de mutação = 0,32), pode-se observar que apenas uma métrica do percentual de cobertura apresentou significância estatística, enquanto a métrica do score de mutação, que tem uma considerável parcela de importância, não apresentou significância estatística.

Sendo assim, decidiu-se verificar o tamanho do efeito, o qual mede a magnitude da diferença entre dois grupos considerando suas médias e ou suas variâncias. Na ausência de significância estatística, o tamanho do efeito é útil para indicar a falta de poder, ou seja,

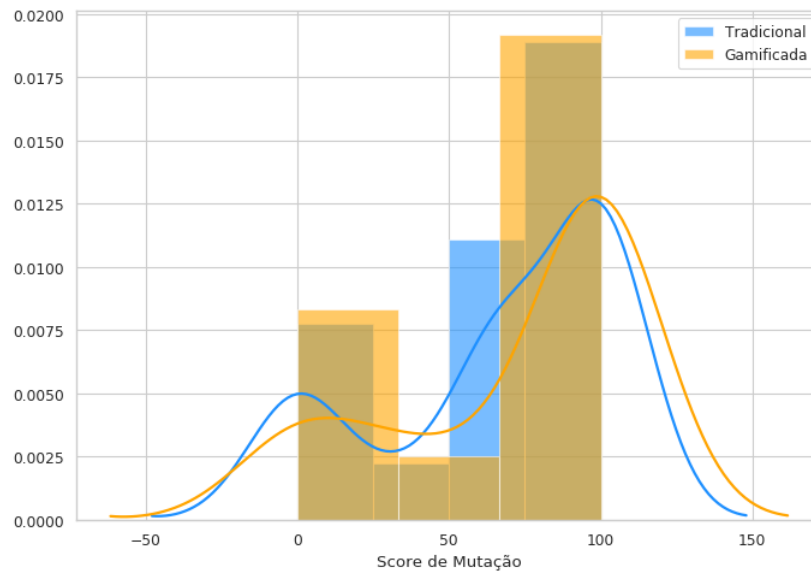


Figura 55: Histograma com os dados do score de mutação.

que faltou observações suficientes para que a significância estatística fosse alcançada.

Para calcular o tamanho do efeito das métricas apresentadas nesta QP foi utilizado o "d de Cohen" (COHEN, 1992), que considera as médias de dois grupos e o desvio padrão para a realização do cálculo. O teste "d de Cohen" classifica o tamanho do efeito em uma escala de 3 categorias: Pequeno, onde 'd' varia de 0.20 - 0.30; Médio, onde 'd' varia de 0.40 - 0.70; e Grande, onde 'd'  $\leq$  0.80.

Tabela 19: Resultado do "d de Cohen" para as métricas.

Métrica	d
Percentual de Cobertura	0.20
Score de Mutação	0.14

Os resultados obtidos indicam um tamanho do efeito pequeno para a métrica do percentual de cobertura e um 'd' inexistente na escala de Cohen para a métrica do score de mutação. Após analisar estes resultados, a hipótese nula para esta QP não poderá ser rejeitada.

#### **QP4: Como os alunos se posicionaram em relação à abordagem gamificada e tradicional, no que diz respeito à satisfação?**

Para responder esta questão, serão utilizados quatro itens restantes do questionário. Todos os itens são afirmativas relacionadas com aspectos de satisfação das abordagens. Iniciando com a afirmativa referente à preferência de participação, a Figura 56 mostra que 94,3% dos alunos gostaram de participar mais da atividade gamificada do que participar

da atividade tradicional.

### Eu gostei mais de participar da:

35 respostas

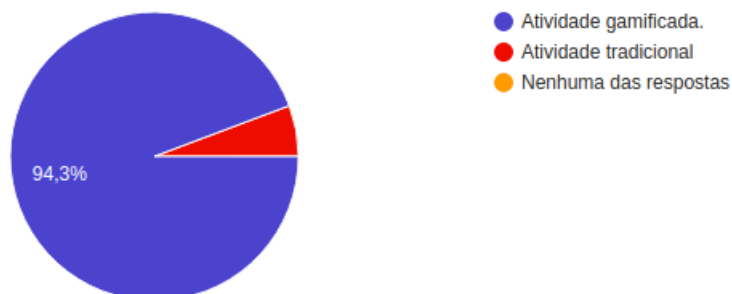


Figura 56: Item 8 do questionário.

A Figura 57 apresenta o gráfico no qual os alunos afirmaram ter se divertido mais durante a atividade gamificada, 94,3% dos alunos, do que durante a atividade tradicional. Apenas 1 aluno afirmou ter se divertido mais durante a atividade tradicional e 1 aluno que assinalou a opção "nenhuma das respostas".

### Eu me diverti mais durante:

35 respostas

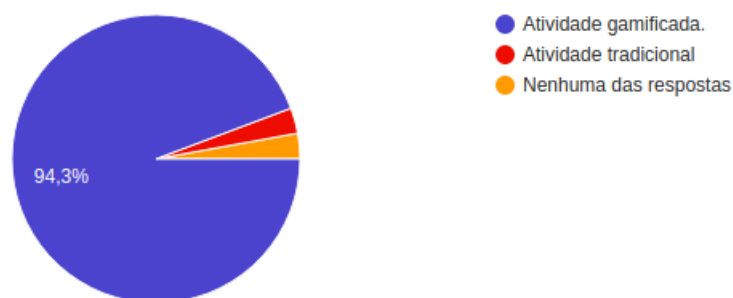


Figura 57: Item 9 do Questionário.

A Figura 58 mostra o item do questionário destinado a verificar a preferência dos alunos quanto a definição as classes de equivalência e casos de teste. De acordo com o gráfico, 85,7% dos alunos afirmaram ter preferido elaborar as classes de equivalência e casos de teste durante a atividade gamificada. Apenas 8,6% dos alunos afirmaram ter preferência à atividade tradicional e 5,7% dos alunos à nenhuma das duas.

Por fim, há o gráfico referente à correção automática e feedback imediato. A Figura 59 mostra que 19 alunos **concordaram fortemente**, 9 alunos **concordaram** e 7 alunos

### Eu preferi definir as classes de equivalência e casos de teste durante:

35 respostas

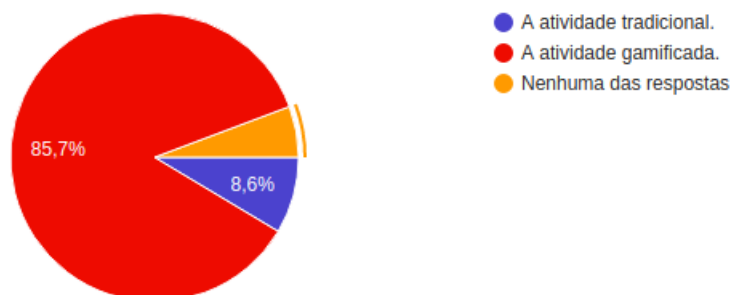


Figura 58: Item 7 do Questionário.

permaneceram neutros quanto a afirmação de ter gostado do feedback e correção terem sido realizados durante a atividade gamificada.

### Eu gostei da correção e feedback terem sido realizados durante a atividade gamificada.

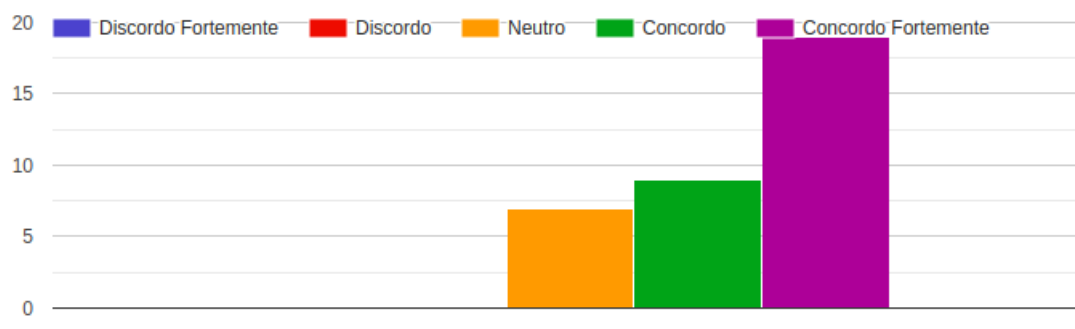


Figura 59: Item 10 do Questionário.

Para os itens do questionário referentes à esta QP também foi calculado o alfa de Cronbach, o qual obteve o valor de **0.53** como resultado. Este valor obtido pelo coeficiente alfa é considerado baixo, segundo a literatura que tem como mínimo aceitável o valor de 0.70.

Embora as respostas dos itens não apresentem nível de confiabilidade aceitável, pelas informações presentes nos gráficos, pode-se ter, considerando esta amostra, a hipótese nula( $H_0$ ) como rejeitada e afirmar que os alunos ficaram satisfeitos com a atividade gamificada.

## 5.2.5 Discussão

### 5.2.5.1 Observações das Atividades

Observações foram realizadas durante a aplicação de ambas atividades e durante a análise das respostas dos alunos. Além disso, alguns alunos externaram suas opiniões, as quais foram acolhidas e serão apresentadas a seguir.

No decorrer da atividade gamificada foi percebido que fixar as classes de equivalência e casos de teste em alternativas direciona o aluno a um formato de resposta desejado. Em contraste a isto, na atividade tradicional os alunos tiveram mais liberdade quanto a resolução do exercício, o que permitiu alguns alunos cometerem erros de interpretação e equívocos que poderiam ser evitados com um pouco mais de atenção.

Com isso, concluiu-se que a estruturação das classes de equivalência e casos de teste em alternativas na atividade gamificada induziu os alunos a não cometerem erros de interpretação, visto que permitiu aos alunos visualizar o padrão da resposta. No entanto, a completude das classes de equivalência e cobertura do domínio de entrada, através dos casos de teste, dependia do entendimento do aluno sobre o problema e domínio do conteúdo. Em outras palavras, o aluno poderia ver como deveria definir a classe ou casos de teste, mas a quantidade de classes e casos de teste necessários para cobrir a especificação dependia dele.

Quanto aos relatos dos alunos, um aluno externou que "*é interessante a apresentação dos casos de teste com input e output, pois serve como guia na atividade*". Este relato corrobora com a observação mencionada anteriormente. Outro aluno relatou sobre o fornecimento do arquivo .jar para teste do programa, pois o fato deles não terem acesso ao código interno do programa enfatiza o fundamento do teste caixa-preta.

### 5.2.5.2 Mecanismos da Atividade

Na experimentação do primeiro protótipo a correção e feedback foi realizada manualmente, tarefa que iria demandar de grande esforço ao aplicar a atividade gamificada em uma turma inteira. Para isso, foi elaborado um protótipo utilizando de ferramentas da Google que forneceram suporte à automatização desta tarefa. Estes mecanismos atenderam de maneira satisfatória tal necessidade, por possuir fácil configuração e manutenção.

Com isso, foi possível perceber o poderoso ferramental disponibilizado pelas aplicações da Google que podem ser utilizadas a favor do professor para a realização de atividades

lúdicas com os alunos. No caso da atividade gamificada, foram utilizados 4 ferramentas da Google:

- **Google Formulários:** para criação dos exercícios, coleta, correção e feedback das respostas;
- **Google Planilhas:** para apresentação da pontuação e exibição a todos os alunos;
- **Google Apps Script:** para manuseio e mediação entre as respostas dos exercícios (formulários) e a planilha de pontuação;
- **Google Sites:** para acesso dos exercícios e planilhas em um mesmo local;

### 5.2.5.3 Ameaças à Validade do Estudo de Caso

A Tabela 20 apresenta as ameaças à validade do experimento, o impacto causado por cada ameaça e uma alternativa de controle para as mesmas.

Tabela 20: Ameaças à validade, Impacto e Controle.

<b>Ameaças</b>	<b>Impacto</b>	<b>Controle</b>
Utilização das alternativas na atividade gamificada	Na atividade gamificada os alunos tinham acesso ao formato das respostas, diferentemente da atividade tradicional.	Exposição de ambos os grupos ao mesmo exercício.
Alunos da sessão anterior comentarem o exercício com alunos da sessão posterior	Alunos realizarem a atividade com um prévio conhecimento da mesma.	



## 6 Sistemas Relacionados

A validação realizada com a prototipação forneceu subsídios suficientes para a implementação de um sistema com as características da abordagem gamificada definida oferecendo suporte às atividades de teste.

Com a realização do mapeamento sistemático da literatura, alguns sistemas gamificados foram descobertos. Dentre estes, três sistemas web gamificados se enquadraram como sistemas relacionadas ao proposto neste trabalho e serão discutidos, separadamente, a seguir.

### 6.1 Code Defenders

O Code Defenders é um sistema gamificado para o ensino e prática da técnica de Teste de Mutação através de duelos e competições entre equipes. O mesmo, suporta apenas classes implementadas na linguagem de programação Java e testes unitários seguindo a estrutura de implementação do *framework* JUnit.

Quanto a utilização e dinâmica do sistema, ele possui dois tipos de usuários: **Attackers**) Os usuários que injetam o defeito no código, criando os mutantes; **Defenders**) Os usuários que criam os testes unitários para identificar os defeitos injetados e, assim, "matar" os mutantes.

A seguir serão apresentados recortes das telas do usuário Attacker, na Figura 60, e do usuário Defender, na Figura 61.

O Code Defenders também possui uma tabela de classificação composta por todos os usuários do sistema, a área de criação de duelos e batalhas, a área de exibição de batalhas e duelos (em que o usuário pode escolher participar como Defender ou Attacker) e o histórico dos combates que o usuário participou.

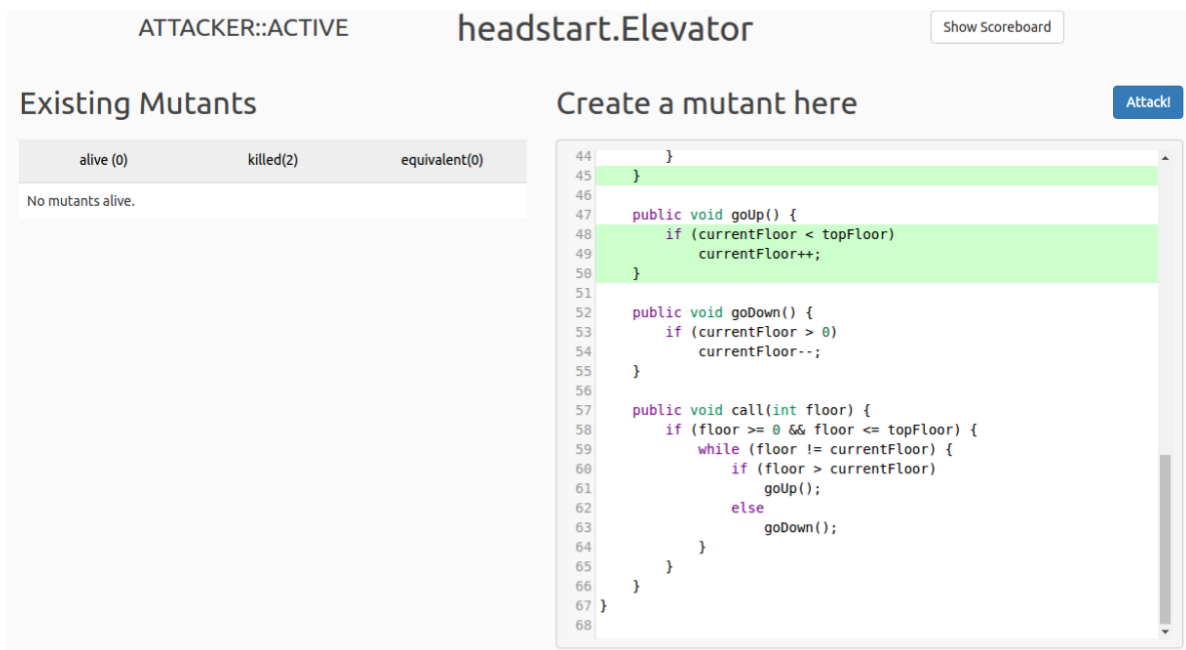


Figura 60: Tela do usuário Attacker para injeção de defeitos.

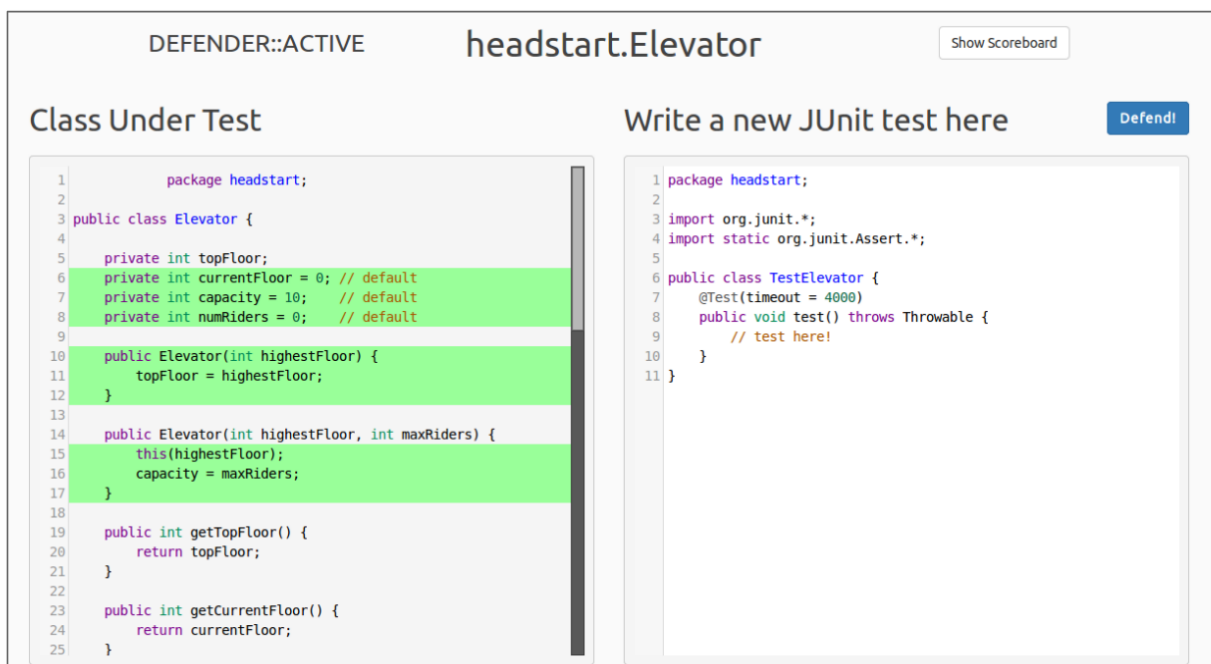


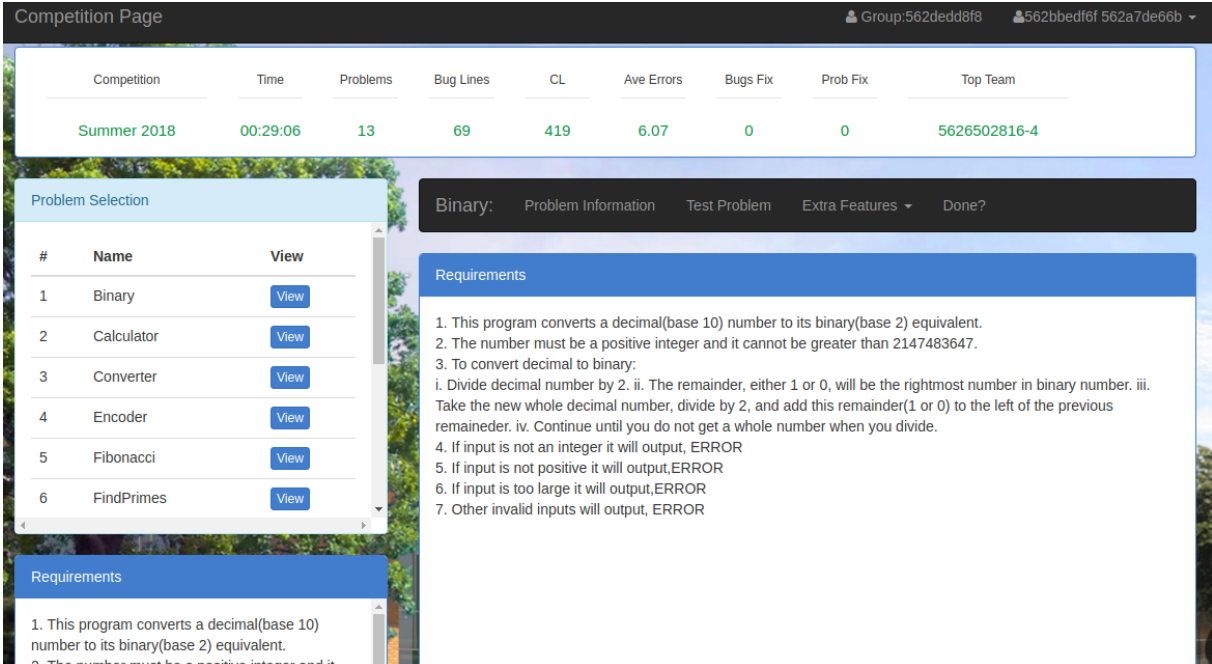
Figura 61: Tela do usuário Defender para criação do teste.

## 6.2 Bug Catcher

O Bug Catcher é um sistema utilizado para competição de Testes de Software entre estudantes. No sistema, programas defeituosos são apresentados aos alunos para que os mesmos encontrem os defeitos através da elaboração de casos de teste. O sistema fornece aos alunos os requisitos do programa e o código-fonte, implementado na linguagem de

programação Java. Quando o defeito é encontrado, a linha é destacada e o mesmo é armazenado em uma tabela, acessada todos os membros da equipe.

Como funcionalidades, o sistema apresenta a área de criação de casos de teste, o *chat* para comunicação da equipe, a barra de progresso com a quantidade de defeitos encontrados e a tabela de defeitos encontrados. A Figura 62 e a Figura 63 apresentam a área de exibição do requisito do programa e de criação de casos de teste, respectivamente.



The screenshot shows a 'Competition Page' with a header bar containing 'Group:562dedd8f8' and a user profile. Below the header is a table with the following data:

Competition	Time	Problems	Bug Lines	CL	Ave Errors	Bugs Fix	Prob Fix	Top Team
Summer 2018	00:29:06	13	69	419	6.07	0	0	5626502816-4

Below the table is a 'Problem Selection' menu with a list of problems:

#	Name	View
1	Binary	<a href="#">View</a>
2	Calculator	<a href="#">View</a>
3	Converter	<a href="#">View</a>
4	Encoder	<a href="#">View</a>
5	Fibonacci	<a href="#">View</a>
6	FindPrimes	<a href="#">View</a>

Below the menu is a 'Requirements' section for the 'Binary' problem:

**Binary:** Problem Information Test Problem Extra Features Done?

**Requirements**

1. This program converts a decimal(base 10) number to its binary(base 2) equivalent.
2. The number must be a positive integer and it cannot be greater than 2147483647.
3. To convert decimal to binary:
  - i. Divide decimal number by 2.
  - ii. The remainder, either 1 or 0, will be the rightmost number in binary number.
  - iii. Take the new whole decimal number, divide by 2, and add this remainder(1 or 0) to the left of the previous remainder.
  - iv. Continue until you do not get a whole number when you divide.
4. If input is not an integer it will output, ERROR
5. If input is not positive it will output,ERROR
6. If input is too large it will output,ERROR
7. Other invalid inputs will output, ERROR

Figura 62: Tela de exibição dos requisitos do programa.

## 6.3 Bug Hunt

O Bug Hunt reúne um conjunto de lições sobre Teste de Software, no qual são abordados conceitos básicos de Teste de Software e as técnicas de Teste Funcional e Teste Estrutural. Cada lição apresenta uma visão geral sobre o conteúdo que é abordado. Os alunos realizam exercícios, como definição casos de teste, reutilização e correção de testes unitários. O sistema também possui mecanismos de *feedback* para o professor e alunos.

Como funcionalidades, o sistema possui: requisitos de programas, campos de entrada e saída esperada para criação de casos de teste, apresenta a cobertura do caso de teste e gera o código JUnit a partir do caso de teste. A Figura 64 apresenta a tela com a lição que aborda conceitos básicos de Teste de Software e a Figura 65 apresenta a tela de exercício sobre Teste Estrutural.

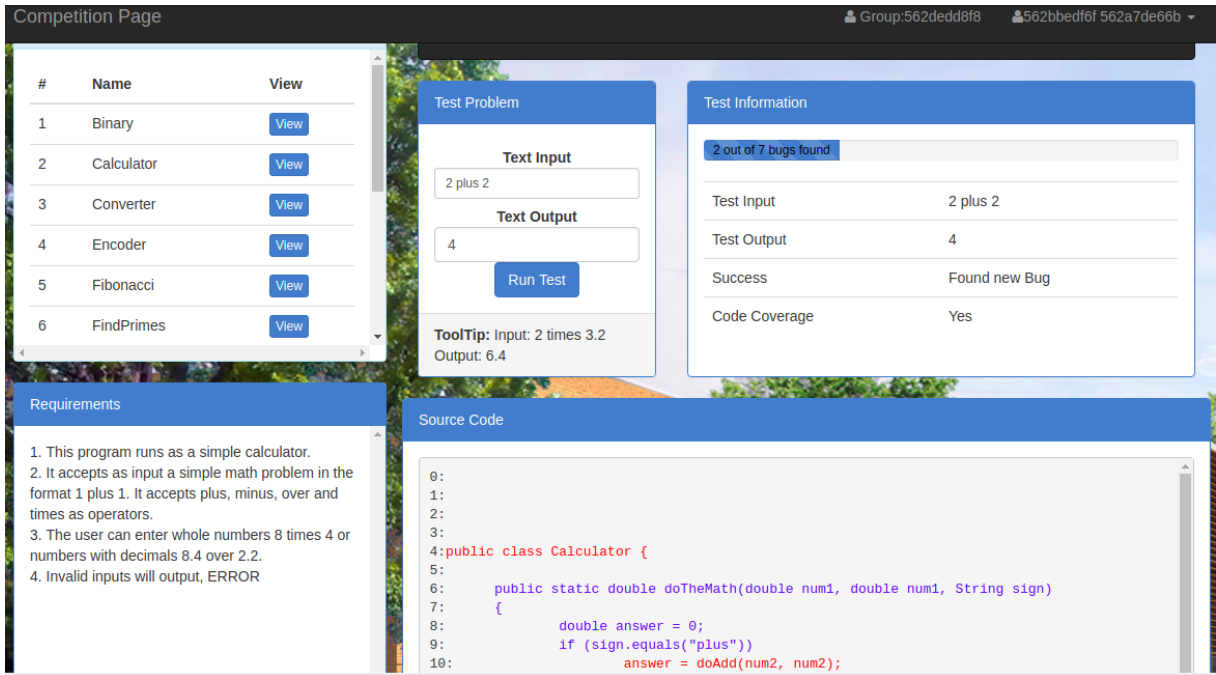


Figura 63: Tela de criação de casos de teste e feedback de defeitos encontrados.

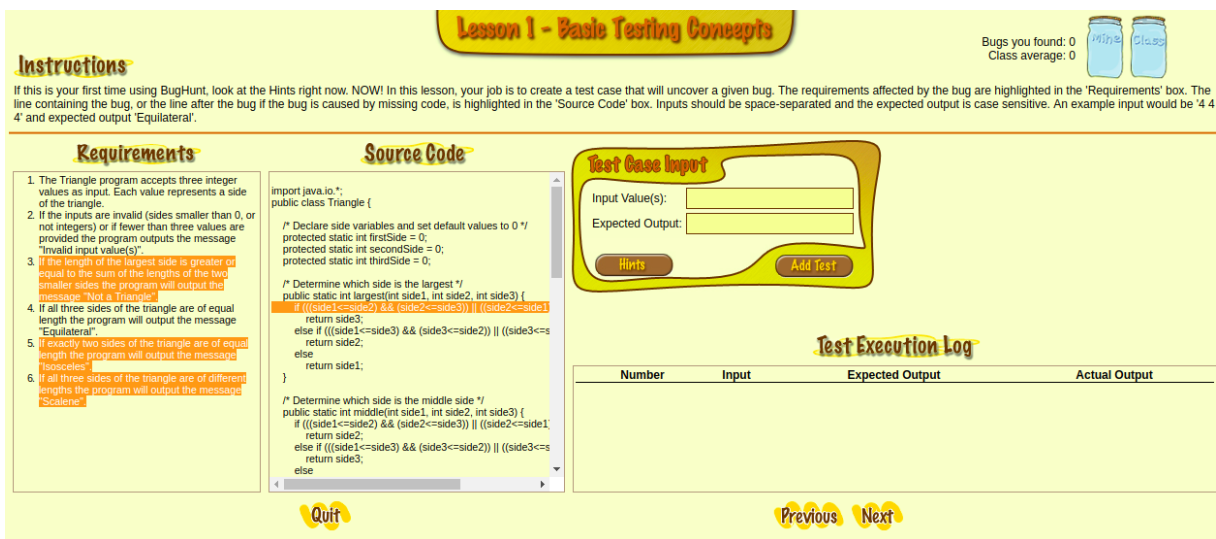


Figura 64: Tela do exercício sobre conceitos básicos de Teste de Software.

Lesson 3 - White Box Testing
Bugs you found: 0  
Class average: 0

**Instructions**

At the end of this lesson you should be able to create a test suite that exhaustively tests a program's functionality using a *White Box Testing* approach.

In this lesson you will create a test suite based on the program's source code. Since you are using a White Box Testing approach, you will **not** have access to the program's requirements specification. Your goal is to discover faults by creating a test suite that executes as many lines of code as is possible.

A prompt will pop up after when you have found all bugs associated with White Box Testing.

---

**Source Code**

```
import java.io.*;
public class Triangle {

    /* Declare side variables and set default values to 0 */
    protected static int firstSide = 0;
    protected static int secondSide = 0;
    protected static int thirdSide = 0;

    /* Determine which side is the largest */
    public static int largest(int side1, int side2, int side3) {
        if (((side1<=side2) && (side2<=side3)) || ((side2<=side1) && (side1<=side3)) || ((side1<=side3) && (side3<=side2))) {
            return side3;
        } else if (((side1<=side3) && (side3<=side2)) || ((side3<=side1) && (side1<=side2))) {
            return side2;
        } else {
            return side1;
        }
    }

    /* Determine which side is the middle side */
    public static int middle(int side1, int side2, int side3) {
        if (((side1<=side2) && (side2<=side3)) || ((side2<=side1) && (side1<=side3)) || ((side1<=side3) && (side3<=side2))) {
            return side2;
        } else if (((side1<=side3) && (side3<=side2)) || ((side3<=side1) && (side1<=side2))) {
            return side3;
        } else {
            return side1;
        }
    }
}
```

**Code Covered**

- Not covered
- Covered once
- Covered 2-5 times
- Covered 6-10 times
- Covered more than 10 times

You have reached 0% coverage.

**Test Case Input**

Input Value(s):

Expected Output:

[Hints](#) [Add Test](#)

**Test Execution Log**

Number	Input	Expected Output	Actual Output

[Quit](#)
[Previous](#) [Next](#)

Figura 65: Tela do exercício sobre Teste Estrutural.

## 7 Considerações Finais

### 7.1 Conclusões

Este trabalho partiu de uma problemática relacionada à desmotivação de alunos na realização de atividades de teste de software. Como alternativa para lidar com problemas desta natureza a literatura apresenta a gamificação. Trabalhos mostram que abordagens gamificadas são adequadas para motivar alunos e engajá-los em atividades de teste. Com isso, este trabalho buscou unir estratégias de gamificação ao critério de particionamento de equivalência e derivação de casos de teste objetivando aumentar a motivação dos alunos para a realização de tais atividades.

Para a realização deste trabalho, foram investigados estudos acerca da gamificação com o intuito de reunir informações que fornecessem um entendimento geral sobre o tema. Além disso, foi utilizada uma metodologia de gamificação para auxiliar no planejamento e desenvolvimento de uma abordagem gamificada. Esta metodologia compreende desde a fase de ideação até a fase de avaliação de abordagens gamificadas, fornecendo um processo com etapas bem definidas.

Conforme os resultados obtidos com o mapeamento sistemático da literatura apresentado no Capítulo 3, foi possível obter algumas conclusões como, a ausência de estudos sobre gamificação que explorem as técnicas de Teste Funcional, a qual tornou-se um dos motivadores para a realização deste trabalho. Além de mostrar também os elementos mais utilizados no contexto educacional em Teste de Software, tais como Pontos e Times, que foram utilizados no atividade gamificada proposta neste trabalho.

A definição de uma abordagem gamificada adequada, que atenda um público diversificado, é um desafio para quem pretende utilizar a gamificação como alternativa para solução de problemas motivacionais. A primeira prototipação da abordagem e sua aplicação junto com alguns alunos serviu para constatar que é possível aplicar gamificação sem a utilização de softwares específicos, como também, permitiu perceber o quão benéfica

é a gamificação quanto ao ensino de Teste de Software. Mesmo que tenha sido definida uma abordagem gamificada com poucos elementos de jogos, os resultados obtidos com sua aplicação foram satisfatórios e de importante contribuição para este trabalho.

Para o estudo de caso, foi realizada a evolução da abordagem gamificada e foi desenvolvido um protótipo com o intuito de automatizar o processo de correção e feedback do exercício. A partir das informações oriundas da aplicação deste estudo de caso, foi possível verificar o potencial da atividade gamificada no que diz respeito ao aumento da motivação dos alunos. Além disso, algumas métricas mostraram que a abordagem gamificada apresentou um maior efeito sobre as atividades de teste em relação à atividade tradicional.

## 7.2 Contribuições

Como contribuições, este trabalho trás:

1. O Mapeamento Sistemático da Literatura, que teve como objetivo reunir e analisar estudos sobre gamificação e jogos em Teste de Software. Este mapeamento buscou elucidar as oportunidades de pesquisa e lacunas identificadas nos estudos, investigando os tópicos de Teste de Software abordados, elementos de jogos utilizados, os objetivos que motivaram a construção das soluções gamificadas e dos jogos, e os métodos avaliativos executados.
2. Elaboração de uma abordagem gamificada, que neste trabalho esteve voltada para auxiliar o ensino de particionamento de equivalência, mas que pode ser utilizada com outros tópicos de teste.
3. Avaliação da abordagem gamificada proposta, realizada em dois momentos: 1) avaliação preliminar de um protótipo não automatizado com um grupo reduzido de alunos; e 2) Avaliação de um segundo protótipo, desta vez contendo uma estrutura automatizada, com uma turma de alunos;
4. Levantamento dos requisitos necessários para o desenvolvimento de um sistema gamificado, previamente validados por meio da experimentação de protótipos, e levantamento de sistemas gamificados relacionadas.

### 7.3 Limitações e Ameaças à Validade

Nesta seção, serão apresentadas as limitações e ameaças à validade relacionadas à abordagem gamificada proposta neste trabalho. Iniciando com as limitações, tem-se:

- O mapeamento da disciplina com o modelo Octalysis utilizando dos 8 ativadores motivacionais durante a etapa de seleção dos elementos de jogos do processo Level Up. Esta atividade despendeu uma considerável parcela de tempo para que se chegasse à uma configuração aproximada à disciplina. O modelo Octalysis possui 8 ativadores motivacionais os quais tiveram que ser analisados minuciosamente verificando quais eram compreendidos pela disciplina e qual a sua frequência;
- O *feedback* é um fator importante a ser considerado tanto em um ambiente gamificado como em uma sala de aula. Para a primeira experimentação da atividade gamificada foi elaborada uma estratégia de *feedback* que exigia do auxílio humano para verificação e correção de respostas. Durante a atividade, a estratégia de *feedback* foi efetuada com êxito, pois a atividade foi executada com apenas dois grupos de estudantes. No entanto, à medida que a quantidade de grupos aumenta, consequentemente, o esforço humano para correção e *feedback* também aumenta. Sendo assim, para realizar a atividade com uma turma completa seria necessário o auxílio de uma estratégia automatizada de *feedback*;
- A aplicação de um questionário para coleta de informações inerentes aos alunos para caracterização da turma a qual foi aplicado o estudo de caso. É importante realizar um estudo prévio identificando e mapeando as características de cada aluno sujeito ao estudo de caso, de modo a ter conhecimento de especificidades que possam exercer influência ou impacto sobre mesmo.

As ameaças à validade relacionadas à proposta foram:

- Os exercícios utilizados na primeira experimentação terem apresentado níveis de dificuldade diferentes pode ser considerado como ameaça. No entanto, isso permitiu identificar a necessidade da atividade lidar com programas em que as condições de entrada exercem efeito sobre ações realizadas. Como alternativa, têm-se o critério gráfico causa-efeito que é adequado para programas que apresentem condições de entrada com tais características;



- As perguntas do questionário de avaliação da primeira execução da atividade gamificada não foram previamente validadas com especialistas, apenas foram considerados aspectos de satisfação e aceitação tratados pela literatura. Isto, de certa forma, pode impactar na qualidade e precisão das respostas.

## 7.4 Trabalhos Futuros

### 7.4.1 Desenvolvimento de um Sistema Gamificado

O processo de prototipação serviu para mostrar que pode ser montada uma estrutura que suporte uma abordagem gamificada com mecanismos já existentes e massivamente utilizados. No entanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema gamificado que consolide o que foi proposto e validado neste trabalho de pesquisa.

É ideal um sistema que contemple as atividades de particionamento de equivalência e de elaboração dos casos de teste, justamente com os elementos de jogos definidos e validados com o protótipo. Com o desenvolvimento de um sistema haveria mais liberdade para explorar as potencialidades de cada elemento, sem a necessidade da realização de adaptações e/ou enfrentamento das restrições de mecanismos de terceiros.

O sistema deve assemelhar-se ao segundo protótipo desenvolvido, considerando os seguintes requisitos:

- Um conjunto de problemas elaborados pelo professor;
- Área para realização do particionamento de equivalência;
- Área para elaboração dos casos de teste;
- Feedback (imediate ou semi-imediato) ao aluno de possíveis erros ou equívocos cometidos sobre as classes de equivalência;
- Pontuação percentual do aluno em relação à turma, tanto das classes de equivalência quanto dos casos de teste;
- Possibilidade de pelo menos 1 reenvio das respostas;
- Suporte à realização da atividade em dupla;
- Premiação com balões virtuais acumulativos, com cores conforme o percentual de acerto ou correte das classes de equivalência e casos de teste.

# Referências

- ALABBADI, A. A.; QURESHI, R. J. The proposed methods to improve teaching of software engineering. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, Modern Education and Computer Science Press, v. 8, n. 7, p. 13, 2016.
- ALHAMMAD, M. M.; MORENO, A. M. Gamification in software engineering education: A systematic mapping. *Journal of Systems and Software*, Elsevier, v. 141, p. 131–150, 2018.
- AMMANN, P.; OFFUTT, J. *Introduction to software testing*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2016.
- AMPATZOGLOU, A.; STAMELOS, I. Software engineering research for computer games: A systematic review. *Information and Software Technology*, Elsevier, v. 52, n. 9, p. 888–901, 2010.
- BOX, G. E.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. Statistics for experimenters: design, discovery and innovation. *Hoboken: Wiley-Interscience*, v. 639, 2005.
- BRITO, A. L. d. S. *Level up: uma proposta de processo gamificado para a educacao*. Dissertação (Mestrado) — Brasil, 2017.
- BROWN, T. *Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. [S.l.]: Alta Books Editora, 2018.
- BUDGEN, D. et al. Using mapping studies in software engineering. *Proceedings of PPIG 2008*, p. 195–204, 2008. Cited By 108.
- CALDIERA, V. R. B. G.; ROMBACH, H. D. The goal question metric approach. *Encyclopedia of software engineering*, p. 528–532, 1994.
- CHOU, Y.-K. Octalysis: Complete gamification framework. *Yu-Kai Chou & Gamification*, 2013.
- CHOU, Y.-k. Actionable gamification. *Beyond points, badges, and leaderboards*, 2015.
- CLARK, M. C.; ROSSITER, M. Narrative learning in adulthood. *New directions for adult and continuing education*, Wiley Online Library, v. 2008, n. 119, p. 61–70, 2008.
- CLEGG, B. S.; ROJAS, J. M.; FRASER, G. Teaching software testing concepts using a mutation testing game. In: IEEE. *Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track (ICSE-SEET), 2017 IEEE/ACM 39th International Conference on*. [S.l.], 2017. p. 33–36.
- COHEN, J. A power primer. *Psychological bulletin*, American Psychological Association, v. 112, n. 1, p. 155, 1992.

- CRAIG, R. D.; JASKIEL, S. P. *Systematic software testing*. [S.l.]: Artech house, 2002.
- DECI, E. L.; RYAN, R. M. Intrinsic motivation. *The corsini encyclopedia of psychology*, Wiley Online Library, p. 1–2, 2010.
- DELAMARO, M.; JINO, M.; MALDONADO, J. *Introdução ao teste de software*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017.
- DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: ACM. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*. [S.l.], 2011. p. 9–15.
- DIJKSTRA, E. W. *Notes on structured programming*. [S.l.]: Technological University, Department of Mathematics, 1970.
- ELLIS, H. et al. Unlimited learning: Computer and video games in the learning landscape. *London: Entertainment and Leisure Software Publishers Association*, v. 66, 2006.
- FITZ-WALTER, Z.; TJONDRONEGORO, D.; WYETH, P. A gamified mobile application for engaging new students at university orientation. In: ACM. *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*. [S.l.], 2012. p. 138–141.
- FRASER, G. Gamification of software testing. In: IEEE PRESS. *Proceedings of the 12th International Workshop on Automation of Software Testing*. [S.l.], 2017. p. 2–7.
- HANUS, M. D.; FOX, J. Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, Elsevier, v. 80, p. 152–161, 2015.
- HORA, H. R. M. da; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de cronbach. *Produto & Produção*, v. 11, n. 2, p. 85–103, 2010.
- HUGOS, M. *Enterprise games: using game mechanics to build a better business*. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2012.
- IYENGAR, P.; KARAMOUZIS, F. Offshore application testing drives greater business value. *Gartner Research*, n. G00150394, 2007.
- KAPP, K. M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.
- KIRRIEMUIR, J.; MCFARLANE, A. Literature review in games and learning. 2004.
- KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, O. P. Using mapping studies as the basis for further research—a participant-observer case study. *Information and Software Technology*, Elsevier, v. 53, n. 6, p. 638–651, 2011.
- LEE, J. J.; HAMMER, J. Gamification in education: What, how, why bother. *Academic exchange quarterly*, v. 15, n. 2, p. 146, 2011.

- LEPPER, M. R.; GREENE, D.; NISBETT, R. E. Undermining children's intrinsic interest with extrinsic reward: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, American Psychological Association, v. 28, n. 1, p. 129, 1973.
- MARCOS, L. de; GARCIA-LOPEZ, E.; GARCIA-CABOT, A. On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification & social networking. *Computers & Education*, Elsevier, v. 95, p. 99–113, 2016.
- MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de cronbach? questões antigas e soluções modernas? *Laboratório de psicologia*, Instituto Superior de Psicologia Aplicada, p. 65–90, 2006.
- MYERS, G. J.; SANDLER, C.; BADGETT, T. *The art of software testing*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- NETO, A. Introdução a teste de software. *Engenharia de Software Magazine*, v. 1, p. 22, 2007.
- PEDREIRA, O. et al. Gamification in software engineering—a systematic mapping. *Information and Software Technology*, Elsevier, v. 57, p. 157–168, 2015.
- PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, Elsevier, v. 64, p. 1–18, 2015.
- PETTICHORD, B.; BACH, J.; KANER, C. *Lessons Learned in Software Testing: A Context-Driven Approach*. [S.l.]: Wiley, 2013.
- PRESSMAN, R. S. *Software engineering: a practitioner's approach*. [S.l.]: Palgrave Macmillan, 2005.
- ROCHA, A. R. C. d. et al. *Qualidade de software: teoria e prática*. [S.l.]: São Paulo: Prentice Hall, 2001.
- ROJAS, J. M.; FRASER, G. Code defenders: A mutation testing game. In: IEEE. *Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), 2016 IEEE Ninth International Conference on*. [S.l.], 2016. p. 162–167.
- RUBIN, H. J.; RUBIN, I. S. *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. [S.l.]: Sage, 2011.
- SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *RENOTE*, v. 6, n. 1, 2008.
- SAVI, R.; WANGENHEIM, C.; BORGATTO, A. Um modelo de avaliação de jogos educacionais na engenharia de software. *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2011), São Paulo*, 2011.
- SEIXAS, L. da R.; GOMES, A. S.; FILHO, I. J. de M. Effectiveness of gamification in the engagement of students. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 58, p. 48–63, 2016.

- SIMÕES, J.; REDONDO, R. D.; VILAS, A. F. A social gamification framework for a k-6 learning platform. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 29, n. 2, p. 345–353, 2013.
- SOMMERVILLE, I. *Software Engineering. 10th.* [S.l.]: Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2015.
- SQUIRE, K. D. Video games and education: Designing learning systems for an interactive age. *Educational Technology*, v. 48, n. 2, p. 17, 2008.
- TANG, S.-H.; HALL, V. C. The overjustification effect: A meta-analysis. *Applied Cognitive Psychology*, Wiley Online Library, v. 9, n. 5, p. 365–404, 1995.
- TASSEY, G. *The Economic Impacts of Inadequate Infrastructure for Software Testing.* 2002.
- THIRY, M.; ZOUCAS, A.; SILVA, A. C. da. Empirical study upon software testing learning with support from educational game. In: *SEKE*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 481–484.
- TRICENTIS. *Software Fail Watch 5th Edition.* 2018.
- VALLE, P. H. D. et al. Educational games: A contribution to software testing education. In: IEEE. *Frontiers in Education Conference (FIE)*. [S.l.], 2017. p. 1–8.
- VIANNA, Y. et al. Gamification, inc: como reinventar empresas a partir de jogos. *Rio de Janeiro: MJV*, 2013.
- WALZ, S. P.; DETERDING, S. *The gameful world: Approaches, issues, applications.* [S.l.]: Mit Press, 2015.
- WANGENHEIM, C. G. von; SILVA, D. Qual conhecimento de engenharia de software é importante para um profissional de software? *Anais: II Fórum De Educação Em Engenharia De Software (FEES)–SBES. Fortaleza*, 2009.
- WERBACH, K.; HUNTER, D. *The gamification toolkit: Dynamics, mechanics, and components for the win.* [S.l.]: Wharton Digital Press, 2015.
- WOHLIN, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: ACM. *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering.* [S.l.], 2014. p. 38.
- WONG, W. E. et al. Teaching software testing: Experiences, lessons learned and the path forward. IEEE, 2011.
- ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps.* [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2011.

## APÊNDICE A – Questionário de coleta de informações da turma

Por motivos de limitação do template utilizado, o questionário apresentado neste Apêndice inicia-se na próxima página.

# Questionário de Conhecimento da Turma

Agradecemos a sua disponibilidade e atenção para responder este questionário. Sua contribuição será de grande valia para nosso estudo. São perguntas de resposta rápida e você levará pouco mais de 3 minutos para responder todas.

**\*Obrigatório**

**1. Endereço de e-mail \***

---

**2. Nome \***

Ex.: José da Silva

---

**3. Matrícula \***

---

**4. Qual seu curso? \***

Ex.: Bacharelado em Tecnologia da Informação

---

**5. Que ciclo você está cursando? \***

*Marcar apenas uma oval.*

Primeiro Ciclo

Segundo Ciclo

Outro:

---

**6. Qual o semestre que você ingressou no curso? \***

*Marcar apenas uma oval.*

2012.1

2012.2

2013.1

2013.2

2014.1

2014.2

2015.1

2015.2

2016.1

2016.2

2017.1

7. **Que período da grade curricular você se encontra? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- P2
- P3
- P4
- P5
- P6
- P7
- P8
- P9
- P10
- P11
- P12

8. **Com exceção do semestre atual, qual a última vez que teve contato com a linguagem de programação Java? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- 2017.2
- 2017.1
- 2016.2
- 2016.1
- 2015.2
- 2015.1
- 2014.2
- 2014.1
- 2013.2
- 2013.1
- Estou em frequente contato.

9. **Cite as disciplinas em que você trabalhou com a linguagem Java e o período em que você às cursou. \***

Ex.: Linguagem de Programação II, 2017.1.

---

---

---

---

---



10. **Você gosta de programar em Java? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Não gosto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gosto muito

11. **Você sente dificuldade ao programar em Java? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

12. **Caso sua resposta seja afirmativa, liste uma ou mais dificuldades.**

---

---

---

---

---

13. **Qual sua experiência prévia com Teste de Software? \***

DESCONSidere a QUARTA opção, caso esteja CURSANDO a disciplina de Teste de Software.

*Marcar apenas uma oval.*

- Nenhuma  
 Leitura de materiais  
 Cursos online ou presencial  
 Cursei a disciplina de Teste de Software  
 Trabalho com Teste de Software  
 Exerço atividades de Teste de Software em laboratório de pesquisa

14. **Sobre suas atividades, marque a opção em que você se enquadra. \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo Java no TRABALHO  
 Utilizo outra linguagem no TRABALHO  
 Não exerço atividades de programação no TRABALHO  
 Utilizo Java no ESTÁGIO  
 Utilizo outra linguagem no ESTÁGIO  
 Não exerço atividades de programação no ESTÁGIO  
 Utilizo Java no LABORATÓRIO DE PESQUISA  
 Utilizo outra linguagem no LABORATÓRIO DE PESQUISA  
 Não exerço atividades de programação no LABORATÓRIO DE PESQUISA  
 Apenas estudo e utilizo Java nas disciplinas  
 Apenas estudo e NÃO utilizo Java nas disciplinas

15. **Você prefere estudar: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Grupo de estudo
- Sozinho

16. **Quanto tempo você dedica diariamente aos estudos fora da sala de aula? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 1 hora
- Entre 1 e 2 horas
- Entre 2 e 3 horas
- Entre 3 e 4 horas
- Acima de 4 horas

17. **Você mora: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Com pais ou parentes
- Em moradia compartilhada (República, pensionato, Divide apt./casa com amigos)
- Com esposa
- Sozinho

18. **Quanto tempo você despende da sua casa até a universidade? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 15 minutos
- Entre 15 min. e 30 min.
- Entre 30 min. e 45 min.
- Entre 45 min. e 60 min.
- Mais de 60 min.

19. **Qual o seu MC? \***

O MC é a Média de Conclusão. Ela pode ser consultada em seu histórico acadêmico.

---

---

Powered by

 Google Forms

## APÊNDICE B – Questionário da atividade gamificada

Por motivos de limitação do template utilizado, o questionário apresentado neste Apêndice inicia-se na próxima página.

# Questionário Atividade Gamificada

Este questionário é anônimo e visa coletar informações inerentes à atividade, como também sugestões de melhorias.

Sinta-se a vontade para expressar sua opinião e propôr sugestões.

**\*Obrigatório**

## 1. Na escala de 1 à 7, quão divertida foi a atividade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Poderia ter sido melhor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Foi muito divertida

## 2. O que você achou da abordagem utilizada para particionar o domínio? Na escala abaixo, indique o quão você ficou satisfeito. \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Pouco satisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

## 3. Você gostou da forma como foi abordada a criação dos casos de teste? Na escala abaixo, indique o quão você ficou satisfeito. \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Pouco satisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

## 4. Na escala de 1 à 7, indique o quão suficientes foram as informações apresentadas na questão? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Poderiam haver mais detalhes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	As informações foram suficientes

5. O que achou da correção ter sido realizada durante a atividade? Deixe a sua opinião. \*

---

---

---

---

---

6. Utilize o espaço abaixo para comentários ou sugestões de melhorias relacionados ao que foi trabalhado na atividade e mencionado acima. \*

---

---

---

---

---

## APÊNDICE C – Especificação dos programas utilizados no Estudo de Caso

### **Especificação do programa locadora de carros.**

Você faz parte da equipe de teste de uma empresa que está desenvolvendo um novo sistema para uma concessionária de aluguel de carros de luxo. Você ficou encarregado de testar o módulo de devolução. O preço diário de locação de qualquer veículo é de R\$ 110. Se o carro for devolvido sem atraso, o cliente não pagará multa por isso. Caso o carro seja entregue após a data de devolução, o cliente deverá pagar uma multa que é calculada por cada dia de atraso com taxa de 40% do preço de locação ao dia até o 3o dia de atraso. Após o 3o dia de atraso, o percentual da taxa da multa sobe para 65% ao dia. Caso o atraso exceda 10 dias, o cliente deverá pagar uma multa equivalente aos 10 dias de atraso acrescentado o valor do veículo. Todos os veículos tem valor de R\$ 230.000. De acordo com a especificação e o método abaixo, defina as classes de equivalência e os casos de teste para satisfazê-las.

Método:

calcularMulta(String dataDevolucao, String dataEntrega) output(double valor)

### **Especificação do programa E-commerce**

Assuma que você faz parte de uma empresa terceirizada de testes que irá prestar serviços em um sistema de e-commerce de uma outra empresa. Sua função será testar o módulo de pagamento do sistema, o qual apresenta os seguintes detalhes: os clientes cadastrados no programa de cashback recebem 5% de descontos em compras abaixo de R\$ 100. Em compras de R\$ 100 à R\$ 250, o cashback é de 8%. Caso o cliente realize uma compra acima de R\$ 250, mas que seja inferior à R\$ 800, o cashback é de 12%. Para compras maiores, a partir de R\$ 800, o cliente receberá 15% de cashback da loja. É importante ressaltar, que o programa de cashback só é válido para compras a partir de R\$ 50. Há também os clientes que optam pela compra normal e não estão cadastrados no

programa de cashback. Estes cliente podem realizar pagamentos com o cartão de crédito da loja, recebendo 10% de desconto em compras a partir de R\$ 50. De acordo com a especificação dada e o método abaixo, defina as classes de equivalência e os casos de teste para satisfazê-las.

Método:

```
calcularPagamento( String tipoCliente, double precoCompra ) output( double preco-  
Pago )
```

## APÊNDICE D – Recorte do trecho de código dos programas com os bugs comentados

```

Ecommerce.java
36      */
37      public double calcularPagamento(String tipoCliente, double preco) {
38
39          //cashback
40          if(tipoCliente.toLowerCase().equals(this.cashback)) {
41              /*
42               * Bug #1: intervalo fechado em 100
43               * preco <= this.p100
44               */
45              if(preco >= this.p50 && preco < this.p100) {
46                  return preco - preco * this.d5;
47              } else if (preco >= p100 && preco <= this.p250) {
48                  return preco -preco * this.d8;
49              } else if (preco > this.p250 && preco < this.p800) {
50                  return preco -preco * this.d12;
51              }
52              /*
53               * Bug #2: intervalo aberto em 800, assim o 800 não entra em nenhuma condição
54               * preco > this.p800
55               */
56              else if (preco >= this.p800) {
57                  return preco - preco * this.d15;
58              } else {
59                  return preco;
60              }
61          }
62          // cartao
63          else if(tipoCliente.toLowerCase().equals(this.cartao)) {
64              /*
65               * Bug #3: intervalo aberto em 50
66               * preco >| this.p50
67               */
68              if(preco >= this.p50) {
69                  return preco - preco * this.d10;
70              } else {
71                  return preco;
72              }
73          } else{
74              return preco;
75          }
76
77      }
78  }

```

Figura 66: Trecho de código do programa E-commerce.



```

LocadoraDeCarros.java
54      /*
55      * Bug #1: intervalo aberto em 3 dias
56      * diff < this.dia3
57      */
58      if(diff > this.zero && diff <= this.dia3) {
59          for (int i = 1; i <= diff; i++) {
60              multa3dias *= juro40;
61          }
62          return multa3dias;
63      }
64      /*
65      * Bug #2: intervalo aberto em 10 dias
66      * diff < this.dia10
67      */
68      else if (diff >= this.dia3 && diff <= this.dia10) {
69          for (int i = 1; i <= diff; i++) {
70              if(i <= this.dia3) {
71                  multa10dias *= this.juro40;
72              } else if(i <= this.dia10) {
73                  multa10dias *= this.juro65;
74              }
75          }
76          return multa10dias;
77      }
78      /*
79      * Bug #3: não adiciona o preço do carro à multa após 10 dias
80      * retornando apenas o valor da multa
81      */
82      else if (diff > this.dia10){
83          for (int i = 1; i <= diff; i++) {
84              if(i <= this.dia3) {
85                  multa10dias *= this.juro40;
86              } else if(i <= this.dia10) {
87                  multa10dias *= this.juro65;
88              }
89          }
90          return multa10dias +=this.precoVeiculo;
91          //return multa10dias;
92      } else {
93          return 0;
94      }
95      }
96  }

```

Figura 67: Trecho de código do programa Locadora de Carros.

## APÊNDICE E – Questionário da segunda atividade gamificada

Por motivos de limitação do template utilizado, o questionário apresentado neste Apêndice inicia-se na próxima página.

# Divertimento e motivação

O objetivo das perguntas elencadas nesta seção é avaliar aspectos relacionados à motivação e divertimento provenientes das atividades realizadas. Como também avaliar aspectos relacionados aos elementos de jogos.

**\*Obrigatório**

**1. Eu gostei do trabalho e cooperação em equipe. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**2. Em relação às tentativas da atividade gamificada, o que achou da possibilidade de enviar uma nova resposta? \***

---

---

---

---

---

**3. Devem ser premiados apenas as equipes que obtiverem altos índices. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**4. Me senti estimulado com o ganho dos balões após a conclusão de cada questão. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**5. Me senti frustrado ao ver as outras equipes com mais balões ou com balões melhores que a minha equipe. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**6. Ver as outras equipes acumulando balões me incentivou a querer responder mais questões para ganhar mais balões. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**7. Eu preferi definir as classes de equivalência e casos de teste durante: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- A atividade tradicional.
- A atividade gamificada.
- Nenhuma das respostas

**8. No espaço abaixo, justifique a resposta da pergunta anterior. \***

---

---

---

---

---

## Satisfação

Nesta seção, o objetivo é avaliar o nível de satisfação para com as atividades.

**9. Eu gostei mais de participar da: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Atividade gamificada.
- Atividade tradicional
- Nenhuma das respostas

**10. Eu me diverti mais durante: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Atividade gamificada.
- Atividade tradicional
- Nenhuma das respostas

**11. Eu gostei da correção e feedback terem sido realizados durante a atividade gamificada. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**12. Eu gostei de utilizar o questionário do Google para responder os exercícios da atividade gamificada. \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## APÊNDICE F – Dataset com as informações dos alunos

Por motivos de limitação do template utilizado, o questionário apresentado neste Apêndice inicia-se na próxima página.

								Legenda: X - Bug encontrado O - Bug não encontrado		
replica	codigo	sujeito	cobertura	score	bug1	bug2	bug3	corretude	Abordagem	Exercicio
1	A1	1	97.3	66.66	X	O	X	2	Tradicional	Locadora
1	A1	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
1	A2	2	99.5	33.33	O	O	X	2	Gamificada	Locadora
1	A2	1	0	0	O	O	O	2	Tradicional	E-commerce
2	A3	1	0	0	O	O	O	2	Tradicional	Locadora
2	A3	2	100	0	O	O	O	2	Gamificada	E-commerce
2	A4	2	99.5	33.33	O	O	X	2	Gamificada	Locadora
2	A4	1	98.4	66.66	X	X	O	2	Tradicional	E-commerce
3	A5	1	0	0	O	O	O	3	Tradicional	Locadora
3	A5	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
3	A6	2	78.1	100	X	X	X	2	Gamificada	Locadora
3	A6	1	96.9	66.66	O	X	X	2	Tradicional	E-commerce
4	A7	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
4	A7	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
4	A8	2	78.1	100	X	X	X	2	Gamificada	Locadora
4	A8	1	98.4	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
5	A9	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
5	A9	2	93	66.66	X	X	O	1	Gamificada	E-commerce
5	A10	2	99.5	100	X	X	X	1	Gamificada	Locadora
5	A10	1	96.9	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
6	A11	1	78.1	33.33	O	X	O	2	Tradicional	Locadora
6	A11	2	98.4	100	X	X	X	2	Gamificada	E-commerce
6	A12	2	99.5	100	X	X	X	1	Gamificada	Locadora
6	A12	1	100	0	O	O	O	1	Tradicional	E-commerce
7	A13	1	0	0	O	O	O	3	Tradicional	Locadora
7	A13	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
7	A14	2	99.6	100	X	X	X	1	Gamificada	Locadora
7	A14	1	82.9	66.66	X	X	O	2	Tradicional	E-commerce
8	A15	1	0	0	O	O	O	3	Tradicional	Locadora
8	A15	2	98.4	0	O	O	O	2	Gamificada	E-commerce
8	A16	2	99.7	100	X	X	X	1	Gamificada	Locadora
8	A16	1	96.9	33.33	O	O	X	2	Tradicional	E-commerce
9	A17	1	0	0	O	O	O	3	Tradicional	Locadora
9	A17	2	98.4	100	X	X	X	2	Gamificada	E-commerce
9	A18	2	99.5	100	X	X	X	2	Gamificada	Locadora
9	A18	1	98.4	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
10	A19	1	99.5	66.66	X	O	X	2	Tradicional	Locadora
10	A19	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
10	A20	2	99.4	100	X	X	X	2	Gamificada	Locadora
10	A20	1	98.4	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
11	A21	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
11	A21	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
11	A22	2	0	0	O	O	O	3	Gamificada	Locadora

11	A22	1	93	66.66	X	X	O	2	Tradicional	E-commerce
12	A23	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
12	A23	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
12	A24	2	99.5	100	X	X	X	2	Gamificada	Locadora
12	A24	1	100	100	X	X	X	1	Tradicional	E-commerce
13	A25	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
13	A25	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
13	A26	2	0	0	O	O	O	2	Gamificada	Locadora
13	A26	1	98.4	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
14	A27	1	99.5	100	X	X	X	2	Tradicional	Locadora
14	A27	2	91.5	66.66	X	X	O	2	Gamificada	E-commerce
14	A28	2	0	0	O	O	O	3	Gamificada	Locadora
14	A28	1	98.5	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
15	A29	1	99.5	100	X	X	X	2	Tradicional	Locadora
15	A29	2	91.5	66.66	X	X	O	2	Gamificada	E-commerce
15	A30	2	99.5	33.33	X	O	O	3	Gamificada	Locadora
15	A30	1	91.5	66.66	X	X	O	2	Tradicional	E-commerce
16	A31	1	78.1	66.66	X	X	O	2	Tradicional	Locadora
16	A31	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
16	A32	2	99.5	33.33	O	O	X	1	Gamificada	Locadora
16	A32	1	96.9	66.66	X	X	O	2	Tradicional	E-commerce
17	A33	1	78.1	66.66	X	X	O	2	Tradicional	Locadora
17	A33	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
17	A34	2	0	0	O	O	O	3	Gamificada	Locadora
17	A34	1	95.3	100	X	X	X	2	Tradicional	E-commerce
18	A35	1	99.5	100	X	X	X	1	Tradicional	Locadora
18	A35	2	100	100	X	X	X	1	Gamificada	E-commerce
18	A36	2	99.5	100	X	X	X	1	Gamificada	Locadora
18	A36	1	100	100	X	X	X	1	Tradicional	E-commerce