

Um *Framework* Gamificado para Ensino e Aprendizagem de uma Disciplina de Algoritmos ou Equivalente

José Augusto de Sena Quaresma, Marianne Kogut Eliasquevici
Programa de Pós-Graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior, Universidade Federal do Pará
Belém, Pará, Brasil
{augustoquaresma, mariane}@ufpa.br

Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Pará
Belém, Pará, Brasil
srbo@ufpa.br

ABSTRACT

The subject of Algorithms or equivalent is an important curricular component in the Information Technology courses, since it bases the student and professional future on the knowledge of software development. However, a high level of disapproval can be observed from the literature and from a University of Northern Brazil. This study aims to present a framework using game elements for the teaching and learning of Algorithms in particular the content of Homogeneous Data Structure, with the intention of stimulating and engaging a graduation group in said subject. From this context, the study proposes the following question-focus: How to teach algorithms for undergraduate students in the Information Technology area using gamification as a strategy to support teaching and learning? Anchored in the question-focus, it has as general goal the conception of a gamified framework for the subject of Algorithms or equivalent. Therefore, it is possible to infer that the product can attend in an adjusted manner to the process of teaching and learning of the curricular component in relation to the content.

Author Keywords

Algorithms; gamification; teaching; learning.

ACM Classification Keywords

- Social and professional topics~Computer science education
- Theory of computation~Programming logic

INTRODUÇÃO

A disciplina Algoritmos é um componente curricular básico pertencente ao núcleo Fundamentos de Computação para cursos de graduação em Tecnologia da Informação [13]. Muitos são os nomes atribuídos a esta disciplina, tais como Introdução à Programação, Introdução à Ciência da Computação, Introdução à Programação de Computadores, Lógica de Programação, entre outros. Neste artigo, será empregado o nome Algoritmos ou equivalente.

O objetivo desta disciplina é desenvolver no aluno a capacidade de elaborar soluções lógicas mediante problemas genéricos em uma sequência de passos [5]. Segundo o documento da SBC [14], suas competências e

habilidades são bases para a formação dos futuros profissionais nas áreas de Tecnologia da Informação, em especial no eixo de desenvolvimento de software.

Sabe-se que desenvolver habilidades de construção de algoritmos é importante para a formação dos novos profissionais, pois atua como subsídio na continuidade do curso. Entretanto, é alto o índice de reprovação e evasão na disciplina. Essa situação é observada nos estudos de Bosse e Gerosa [1] e Girrafa e Mora [3]. Vieira *et al.* [15] elencam alguns pontos de dificuldades na visão do aluno para o aprendizado da disciplina, como: conhecimento de lógica, dificuldade para entender o problema, bem como o conteúdo de estrutura de dados homogêneos.

Os autores Bosse e Gerosa [1] e Girrafa e Mora [3] apresentam, ainda, um panorama de problemas que ocorrem na disciplina Algoritmos. Ainda assim, é possível identificar redução das reprovações e evasões, com base na revisão da literatura realizada por Vieira *et al.* [15] sobre artigos que propõem intervenções de ensino na disciplina. Uma das possíveis intervenções é apontada pelos autores a partir da aplicação da gamificação.

Neste contexto, este trabalho objetiva apresentar um *framework* gamificado para o processo de ensino e aprendizagem na disciplina Algoritmos ou equivalente em uma universidade do Norte do Brasil com foco em promover um engajamento maior dos alunos a partir de colaborações e competições promovidas pela aplicação dos elementos de jogos. Este *framework* é parte do produto de uma dissertação de mestrado em Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior.

Além desta seção introdutória, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados que serviram como base para a concepção desta pesquisa; a Seção 3 apresenta o *framework* gamificado, descrevendo cada um dos passos a serem realizados pelos professores da disciplina de Algoritmos ou equivalente; a Seção 4 descreve uma avaliação deste *framework* a partir da condução de uma revisão por pares com especialistas; e a Seção 5 tece as conclusões e expõe alguns trabalhos futuros sobre o *framework* gamificado.

TRABALHOS RELACIONADOS

Em relação ao uso de gamificação na aprendizagem, no trabalho de Freitas *et al.* [8] há a aplicação da técnica em um contexto mais específico, onde é realizada a aplicação dessa metodologia em uma disciplina chamada Fundamentos de Arquitetura de Computadores, que se utilizou da sala da aula, de um espaço virtual e do jogo desenvolvido. A aplicação teve como principal objetivo realizar duelos de conhecimento entre os alunos, onde um conjunto de duelos constituía uma batalha, sempre relacionada a um ou mais tópicos da disciplina. Como resultado houve maior interesse e motivação dos envolvidos no jogo, além de uma melhoria em relação à aprendizagem e à absorção de conhecimento por parte dos alunos.

Na pesquisa realizada por Medeiros e Figueiredo [12], há a apresentação de uma ferramenta que é utilizada para a criação de disciplinas gamificadas, que é intitulada de “Game in Class”, direcionada para professores do ensino superior, que tinham como interesse diversificar o ensino das suas disciplinas, e que também quisessem ministrá-las de uma forma diferenciada e inédita por meio da gamificação. A ferramenta tem como principal função planejar e construir disciplinas utilizando técnicas e elementos de jogos.

Monteiro *et al.* [10] estudam a possibilidade do ensino de programação por meio da utilização de elementos da gamificação, associando a técnica ao ensino à distância. As tarefas que foram executadas no curso foram divididas em quatro fases, onde foram apresentados os conceitos iniciais acerca da construção de algoritmos, e após cada fase, assim como em um jogo, o aluno avançaria de nível até chegar na missão final, onde todo o conhecimento adquirido seria utilizado para resolver o desafio. Com isso, notou-se que a metodologia utilizada de fato contribuiu e favoreceu o engajamento, e melhorou o nível de aprendizagem dos alunos.

O trabalho de Falcão *et al.* [7] objetivou o desenvolvimento de uma ferramenta para apoiar o ensino presencial, utilizando a gamificação e o *design* de jogos. Este estudo propôs o desenvolvimento de uma plataforma para dar suporte para os alunos, visando a implementação de um ambiente que estimulasse o interesse e a atenção do aluno fora da sala de aula com o objetivo de incentivá-los a aprender mais, levando em consideração a grande demanda de ferramentas de apoio como essa nas instituições de ensino.

No estudo de Gonçalves *et al.* [4] é apresentado um modelo conceitual com o objetivo de apoiar o planejamento da gamificação, onde são levados em consideração o contexto em que a técnica deverá ser implementada, os objetivos educacionais, as habilidades que serão necessárias, os comportamentos e as interações que são esperados. Além disso, as etapas e o processo que são fundamentais no

processo da gamificação no contexto da educação são descritos, para que seja realizada da forma correta.

Os trabalhos relacionados à gamificação são bem recentes, pois a utilização desta técnica voltada para o ensino na área da computação ainda é algo relativamente novo, onde por exemplo não foram encontradas pesquisas de vinte ou trinta anos atrás. Em algumas das abordagens que foram citadas nesse artigo, os autores optaram pelo desenvolvimento de ferramentas ou protótipos para a aplicação dos elementos da gamificação, já em outros são utilizados apenas os conceitos referentes às dinâmicas e à mecânica dos jogos. Neste estudo foram utilizados os conceitos presentes nesta metodologia para realizar o ensino da técnica de algoritmos e equivalentes.

O FRAMEWORK GAMIFICADO

O *framework* gamificado para apoio ao processo de ensino e aprendizagem na disciplina Algoritmos ou equivalente teve como base os resultados de um *survey* identificados por Quaresma *et al.* [11], uma observação participante realizada na disciplina ofertada pela universidade dos pesquisadores, uma revisão sistemática da literatura para identificar as principais abordagens adotadas para o ensino da disciplina e a estrutura de gamificação definida por Elgrably e Oliveira [6], triangulados em uma lista de requisitos presente na Tabela 1. Este *framework* é composto de um Plano de Ensino e uma Planilha de Gamificação, detalhados a seguir, que foram concebidos à medida que os resultados foram coletados e analisados.

Requisitos	Origem
Característica de Jogos: <i>feedback</i> .	Estrutura de Gamificação de Elgrably e Oliveira (2018), <i>Survey</i> e Observação participante
Dinâmica: aula teórica e prática.	<i>Survey</i> e Observação participante
Dinâmica: Dojo Randori, LAB, Teste teórico, aula de <i>feedback</i> .	Estrutura de Gamificação de Elgrably e Oliveira (2018)
Elementos de jogos: <i>ranking</i> e pontuação.	Estrutura de Gamificação de Elgrably e Oliveira (2018)
Elemento de jogo: Avatar. Este elemento é atribuído via pontuações alcançadas pelos alunos no decorrer das dinâmicas. como: analista, programador, aprendiz e amador.	<i>Survey</i>
Elemento de jogo: medalha.	Estrutura de Gamificação de Elgrably e Oliveira (2018) e <i>Survey</i>
Elemento de jogo: gerência de recursos (estrela). Este elemento é atribuído via bonificações por comportamento adquirido pelos alunos no decorrer das dinâmicas, como: presença, participação, sugestão, pergunta e colaboração. Este elemento pode ser retirado	Revisão Sistemática da Literatura, <i>Survey</i> e Observação participante

via penalidades sofridas pelos alunos no decorrer das dinâmicas, como: falta, atraso de 10 minutos, uso do celular e uso do computador.	
Conteúdo para ser gamificado: Estrutura de dados homogêneas.	Survey e Observação participante

Tabela 1. Lista de requisitos preliminares.

O conteúdo da disciplina para o qual se planejou o *framework* gamificado foi identificado por meio do *survey* citado anteriormente, em que foi possível observar que o conteúdo considerado mais difícil é o de Recursividade, tanto na visão docente quanto discente. Porém, no contexto da universidade onde o *framework* foi aplicado, este conteúdo não costuma ser visto na disciplina. Desta forma, adotou-se como conteúdo a Estrutura de Dados Homogêneos, considerado no *survey* como o segundo mais difícil.

Plano de Ensino

O plano de ensino gamificado é o documento base para todas as atividades referentes aos conteúdos trabalhados e as regras da gamificação. Nele estão descritos: a identificação da disciplina; os conteúdos que serão trabalhados; os objetivos de ensino e de aprendizagem; as habilidades e competências desejadas; e o planejamento e descrição do processo gamificado. O plano de ensino gamificado está disponível na íntegra na URL: <https://bit.ly/2MMq2UJ>.

No plano de ensino gamificado foram utilizados alguns núcleos propostos no *framework* de Chou [2], a saber: (i) **Significado Épico e Chamado**, núcleo responsável por fazer com que os participantes acreditem estar realizando algo superior ou que foram escolhidos para executar aquela ação, no caso a construção da estrutura de dados e colaboração com os colegas de sala; (ii) **Desenvolvimento e Realização**, núcleo responsável por conduzir os progressos e desenvolver as habilidades, materializada na gamificação proposta a partir da aquisição de pontos e a compreensão do conteúdo trabalhado; (iii) **Empoderamento da Criatividade e Feedback**, expresso quando o usuário está engajado em um processo criativo em que ele repetidamente descobre novas coisas e combinações, no contexto da pesquisa foi trabalhado com o *ranking* para os alunos e a aula de *feedback* coletando informações sobre o processo de gamificação; (iv) **Propriedade e Posse**, quando o usuário sente-se motivado a ter ou controlar algo, esse núcleo age quando o usuário conseguia resolver um dos desafios propostos; e (v) **Influência Social e Pertencimento**, são elementos sociais que buscam motivar os participantes, no caso da pesquisa as bonificações atribuídas e os prêmios ao final da gamificação do conteúdo.

Além disso, o plano de ensino contém o cronograma de aulas, a descrição das atividades realizadas em sala de aula,

as regras para pontuação, concessão de avatar, bonificação, penalidades, aquisição de recurso estrela, conversão dos pontos e a atribuição de estrelas para nota na disciplina.

Durante o processo de gamificação da sala de aula, foram planejadas as seguintes atividades:

- **Conversa Inicial**, momento explicativo de todas as metas e regras da gamificação, bem como a identificação dos personagens do jogo;
- **Aula Teórica e Prática**, onde primeiro é feita uma apresentação do conteúdo de estrutura de dados homogêneos (vetor e matriz) para os alunos, seguindo a ordem lógica de metáfora, conceito, implementação na linguagem e exercício exemplo, e em seguida os alunos possuem uma lista de exercício para resolver em sala de aula;
- **Dojo Randori**, dinâmica para ensino de programação em ambiente seguro, onde o aluno aprende por tentativa e erro, com o auxílio de seus pares [9], possuindo os papéis de (i) piloto, responsável pelo desenvolvimento do código, (ii) copiloto, com a função de narrar e auxiliar no planejamento e codificação do programa e (iii) plateia, que interage entre si com a intenção de cooperar com o piloto e copiloto durante o desenvolvimento;
- **Laboratório de Programação (LAB)**, momento em que os alunos são desafiados com problemas computacionais para a construção de soluções algorítmicas em duplas [6];
- **Teste Teórico**: onde é requerido o conhecimento individual dos alunos em relação aos conteúdos apresentados em sala para a resolução de questões objetivas e subjetivas;
- **Aula de feedback**, onde o professor faz questionamentos para os alunos sobre o processo de gamificação, com a intenção de encontrar melhorias a serem implementadas.

Planilha de Gamificação

A planilha de gamificação é descrita no plano de ensino como sendo o instrumento empregado no decorrer das aulas para coletar informações sobre o aluno referente tanto ao desempenho quanto ao seu comportamento. À medida que os valores são inseridos, a planilha está programada para conceder de forma automática o recurso estrela para comportamento (vide Fig. 1), e pontuação e avatar quando da resolução de questões (vide Fig. 2). A planilha na íntegra pode ser consultada na URL: <https://tinyurl.com/ydbro7qv>.

As regras de jogos, presentes no plano de ensino, detalham o valor destinado a cada elemento do jogo pontuado na planilha. O elemento **pontos** é coletado a partir do desempenho do aluno em relação ao conteúdo. Assim, à medida que o aluno resolve uma questão ou desafio, ele pontua. O elemento **estrela** é coletado com base no comportamento do aluno. Assim, quando o aluno torna-se

participativo, assíduo ou presente nas aulas, ele pode ganhar estrelas. O **avatar** diário e geral da gamificação é recebido pelo aluno à medida que vai ganhando pontos, conforme as regras estabelecidas no plano de ensino e materializadas na planilha de gamificação. Já a falta, o atraso, o uso do celular e o uso do computador para outras finalidades retiram o elemento **bônus** dos alunos.

Membro	Presença	Participações	Sugestão	Pergunta	Colaboração	Falta	Atraso	Use Cel	Use PC	TOTAL BÔNUS	TOTAL ESTRELAS
Aluno 1	10	4	5	0	0	0	2	2	2	13,00	1
Aluno 2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 4	10	6	6	6	6	0	0	0	0	34,00	3
Aluno 5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	-10,00	0
Aluno 11	0	0	0	0	0	10	0	0	0	-10,00	0
Aluno 12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 13	10	0	0	0	0	0	2	4	2	2,00	1
Aluno 14	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 16	0	0	0	0	0	10	0	0	0	-10,00	0
Aluno 17	0	0	0	0	0	10	0	0	0	-10,00	0
Aluno 18	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 19	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1
Aluno 20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	1

Figura 1. Tabela de aquisição do recurso estrela diário

Membro	Lista Exercício 01	Lista Exercício 02	Lista Exercício Casa	Dojo	LAB	Prova Teórica	TOTAL	AVATAR FINAL
Aluno 1	100	100	100	200	200	300	1000	ANALISTA
Aluno 2	100	100	100	200	200	100	800	PROGRAMADOR
Aluno 3	100	100	100	200	100	200	800	PROGRAMADOR
Aluno 4	100	75	25	200	100	100	600	APRENDIZ
Aluno 5	75	25	100	200	125	225	750	PROGRAMADOR
Aluno 6	25	25	100	200	100	0	450	AMADOR
Aluno 7	50	25	0	200	200	0	475	AMADOR
Aluno 8	75	50	0	200	200	0	525	APRENDIZ
Aluno 9	25	25	0	200	200	0	450	AMADOR
Aluno 10	50	50	0	175	200	0	475	AMADOR
Aluno 11	100	100	0	125	75	0	400	AMADOR
Aluno 12	100	100	0	200	75	0	475	AMADOR
Aluno 13	100	100	0	100	125	0	425	AMADOR
Aluno 14	100	75	50	100	0	0	325	AMADOR
Aluno 15	25	0	0	0	0	0	25	AMADOR
Aluno 16	25	0	0	0	0	0	25	AMADOR
Aluno 17	75	0	0	0	0	0	75	AMADOR
Aluno 18	100	0	0	0	0	0	100	AMADOR
Aluno 19	0	0	0	0	0	0	0	AMADOR
Aluno 20	100	0	0	0	0	0	100	AMADOR

Figura 2. Score de pontuação com a atribuição de avatar para o aluno.

A aplicação bem sucedida do plano de ensino e da planilha de gamificação ocorreu durante a ministração da disciplina no primeiro semestre de 2018, como forma de avaliar as definições propostas no *framework* gamificado. Os dados resultantes desta aplicação encontram-se em análise pelos autores.

AVALIAÇÃO DO FRAMEWORK

Como forma de avaliar o *framework*, foi usada a técnica da Revisão por Pares com especialistas, que pode ser considerada como o mecanismo mais efetivo e eficaz para garantir a qualidade, confiabilidade, integridade e consistência da literatura acadêmica. Desta forma, foi definido um instrumento em que os revisores tiveram uma visão geral sobre o que é o *framework* e o como eles irão conduzir a revisão. Este instrumento encontra-se disponível em: <http://twixar.me/ln13>. Além disso, o documento solicitava a identificação pessoal e a relação deste especialista/revisor com a área estudada, com a finalidade de averiguar o grau de especialidade na temática. Foram selecionados revisores com duas distintas especialidades:

afinidade com a disciplina de Algoritmos; e experiência com a gamificação em sala de aula.

Os revisores/especialistas em algoritmos foram 3 professores da Faculdade de Computação da UFPA, os quais atualmente ministram a disciplina Algoritmos, com mais de 5 anos de experiência em docência. Para avaliar os elementos gamificados foram selecionados 2 pesquisadores do projeto de pesquisa SPIDER (<http://www.spider.ufpa.br>), os quais estavam envolvidos em suas pesquisas de Doutorado com gamificação, com mais de 3 anos de atuação com esta linha de pesquisa.

Durante a revisão, os especialistas/revisores identificaram pontos de melhorias a partir das seguintes categorias:

- TA (Técnico Alto), indicando que foi encontrado um problema em um item que, se não for alterado, comprometerá as considerações;
- TB (Técnico Baixo), indicando que foi encontrado um problema em um item que seria conveniente alterar;
- E (Editorial), indicando que foi encontrado um erro de português ou que o texto pode ser melhorado;
- Q (Questionamento), indicando que houve dúvidas quanto ao conteúdo das considerações;
- G (Geral), indicando que o comentário é geral em relação às considerações.
- S (Sugestão), indica uma sugestão para a proposta.

A revisão por pares foi realizada num período de 4 horas contando com a presença de todos os revisores/especialistas, onde o pesquisador responsável pelo trabalho apresentou detalhadamente em 1 hora o *framework* gamificado, removendo possíveis dúvidas e fornecendo esclarecimentos. No restante do período (3 horas), os especialistas/revisores discutiam entre si e teciam seus comentários/achados sobre o objetivo de avaliação.

Após a finalização da revisão, os dados coletados foram sintetizados pelo pesquisador do trabalho no Tabela 2, onde está presente o ID, a categoria, o item no *framework* que é solicitado ajuste, o comentário com a justificativa, a sugestão para melhoria e o parecer dos pesquisadores sobre a resolução dos pontos recomendados.

ID	Categoria	Item	Comentário	Sugestão	Situação (Parecer)
1	T A	Penalidade	Aluno não é penalizado por atrapalhar a aula	Colocar nova penalidade para essa punição	Adicionado ao <i>framework</i>
2	T B	Planilha	Adicionar observação	Para melhorar o preenchimento da planilha	Adicionado ao <i>framework</i>
3	Q	Elementos	O experimento tem mais	Yu-kai-Chou	Será adicionado ao relato

ID	Categoria	Item	Comentário	Sugestão	Situação (Parecer)
			elementos de jogos		sobre o <i>framework</i>
4	T A	DOJO	Avaliar refatoração e Dojo	Retirar refatoração	Foi retirado do <i>framework</i> , sendo que sua pontuação foi transferida para o quesito programar-testar
5	T B	Planilha	Adicionar Tempo real	Planilha em tempo real, google Drive	Adicionado ao <i>framework</i>
6	T B	Personagem	Nomes mais lúdicos	Trocar (professora) por outro nome	Adicionado ao <i>framework</i> , foi alterado de professora para mentora.
7	T A	Tabela de definição de Avatares	Avatares são insígnias	Substituir o termo avatar por insígnia ou conquista	Não adicionado ao <i>framework</i> , pois entendemos que o avatar diário dará a noção para o participante da sua atuação dentro das atividades propostas.
8	G	Tipos de Questões	Questões (Certo ou errado)	Mais flexibilidade na correção da conquista	Não adicionado ao <i>framework</i> , pois a carga de trabalho inviabilizaria o <i>feedback</i> automatizado para os jogadores, característica básica de jogos.
9	T B	Planilha	Falta <i>Ranking</i>	Devido ao <i>Feedback</i> instantâneo, torna-se interessante o uso de técnicas de visualização, como gráfico de barras.	Adicionado ao <i>framework</i> a partir de uma aba na planilha para que os alunos pudessem visualizar um gráfico sobre suas

ID	Categoria	Item	Comentário	Sugestão	Situação (Parecer)
					pontuações.
10	T B	Planilha	Seria bom o uso de visualização para acompanhar o progresso diário em todas as dimensões.		Adicionado ao <i>framework</i> , a partir de duas abas colocadas na planilha, uma para o <i>ranking</i> de pontuação e uma para ver a quantidade de estrela diária.
11	S	Geral	Aplicar a experimento na turma noturna de Algoritmos no curso de Sistema de Informação	Comparativo ao Experimento na turma de Algoritmos do curso de Ciência da Computação.	Não será possível realizar, pois para essa situação teríamos que ter a aprovação da professora da disciplina. Além do que o pesquisador está em sua primeira execução de uma proposta gamificada.

Tabela 2. Síntese dos dados da revisão por pares.

Melhorias no *Framework*

O *framework* gamificado foi aprimorado a partir das sugestões de melhoria apontadas pelos especialistas/revisores na execução da revisão por pares realizada, e a respectiva estratégia de implementação está descrita a seguir.

O item 1 foi identificado como uma possibilidade para penalizar os alunos caso tenha atrapalhado a aula. A situação apresentada foi adicionada no *framework* como o quesito de penalidade por atrapalhar aula e o aluno que for enquadrado nesse quesito perderá dois (2) bônus.

O item 2 incorporou-se ao *framework* a partir de uma instrução ao personagem *scoreplay*, onde a partir das observações da aula era adicionado na planilha as informações em duas colunas de observação. Alguns exemplos de observação que poderiam ser adicionados: maior tempo de duração de aula; as bonificações e as penalidades atribuídas; mudança de regras de pontuações para auxiliar a turma; e observações importantes para o experimento.