



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ
CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

João Marcos Costa Ferreira

**COSMONAUTA: UMA PROPOSTA DE ARQUITETURA
CONCEITUAL PARA UM SISTEMA EDUCACIONAL
MOBILE COM GAMIFICAÇÃO E REPETIÇÃO
ESPAÇADA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA E
ASTRONÁUTICA**

TERESINA

2025

João Marcos Costa Ferreira

**COSMONAUTA: UMA PROPOSTA DE ARQUITETURA
CONCEITUAL PARA UM SISTEMA EDUCACIONAL
MOBILE COM GAMIFICAÇÃO E REPETIÇÃO
ESPAÇADA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA E
ASTRONÁUTICA**

Monografia de Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado na Universidade Esta-
dual do Piauí – UESPI como parte dos re-
quisitos para conclusão do Curso de Bacha-
relado em Ciência da Computação.

Orientador: Constantino Augusto Dias Neto

TERESINA
2025

F383c Ferreira, João Marcos Costa.

Cosmonauta: uma proposta de arquitetura conceitual para um sistema educacional mobile com gamificação e repetição espaçada para o ensino de Astronomia e Astronáutica / João Marcos Costa Ferreira. - 2025.

64f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Campus Poeta Torquato Neto, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Bacharelado em Ciência da Computação, 2025.

"Orientador: Prof. Dr. Constantino Augusto Dias Neto".

1. Astronomia. 2. Gamificação. 3. Astronáutica. I. Neto, Constantino Augusto Dias . II. Título.

CDD 371.334

COSMONAUTA: UMA PROPOSTA DE ARQUITETURA CONCEITUAL PARA UM SISTEMA EDUCACIONAL MOBILE COM GAMIFICAÇÃO E REPETIÇÃO ESPAÇADA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

João Marcos Costa Ferreira

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual do Piauí – UESPI como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação.

Documento assinado digitalmente
gov.br CONSTANTINO AUGUSTO DIAS NETO
Data: 07/07/2025 19:35:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Constantino Augusto Dias Neto.
Orientador

Nota da Banca Examinadora: 9,0

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br CONSTANTINO AUGUSTO DIAS NETO
Data: 07/07/2025 19:34:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Constantino Augusto Dias Neto.
Presidente

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCUS VINICIUS RIBEIRO DE CARVALHO
Data: 08/07/2025 10:00:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcus Vinicius Ribeiro de Carvalho.
Membro

Documento assinado digitalmente
gov.br THIAGO CARVALHO DE SOUSA
Data: 08/07/2025 11:54:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Thiago Carvalho de Sousa.
Membro

*Dedico este trabalho aos meus pais, que sob muito sol fizeram-me chegar até aqui,
na sombra.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão por todo o apoio e incentivo ao longo deste processo. Sou especialmente grato ao meu orientador, o Professor Constantino Augusto Dias Neto, pela orientação valiosa.

À minha família, que sempre acreditou em mim, e aos meus amigos, pelo constante encorajamento, meu muito obrigado.

“...há sempre uma forma de se fazer o que desejamos.”
(Allende, Isabel; A Casa dos Espíritos, 1982)

RESUMO

Ao longo do tempo, o ser humano tem se beneficiado da influência de conhecimentos em astronomia e astronáutica, para impulsionar o progresso em diversas áreas de atuação. Essa influência não se limita à área astronômica e se estende aos fenômenos do dia a dia. São campos de estudos multidisciplinares com aplicações em diversas áreas do conhecimento. Eles estimulam o aprendizado e promovem o desenvolvimento do pensamento científico. Nesse sentido, o ensino desses temas é essencial desde o início da formação acadêmica. No entanto, a inclusão desses tópicos no currículo escolar ainda não é generalizada, muitas vezes eles são abordados superficialmente ou negligenciados em alguns sistemas educacionais devido à insuficiência de capacitação do professor encarregado de transmitir esses conhecimentos. O presente trabalho tem como objetivo propor uma arquitetura conceitual para um sistema educacional gamificado, denominado “Cosmonauta”, que incorpore elementos de jogos e faça uso da técnica de repetição espaçada para facilitar o aprendizado de astronomia e astronáutica. Essa abordagem visa oferecer uma plataforma que possa ser utilizada por usuários com diferentes níveis de conhecimento sobre astronomia e astronáutica. Conforme a utilização ocorra, eles poderão adquirir novos conhecimentos sobre os eventos astronômicos do nosso universo.

Palavras-chaves: Astronomia. Astronáutica. Gamificação.

ABSTRACT

Over time, human beings have benefited from the influence of knowledge in astronomy and astronautics to drive progress in various fields of activity. This influence is not limited to the astronomical area but extends to everyday phenomena. These are multidisciplinary fields of study with applications in diverse areas of knowledge. They stimulate learning and promote the development of scientific thinking. In this sense, teaching these topics is essential from the beginning of academic education. However, the inclusion of these topics in school curricula is still not widespread; often, they are addressed superficially or neglected in some educational systems due to insufficient training of the teachers responsible for transmitting this knowledge. This work aims to propose a conceptual architecture for a gamified educational system, named “Cosmonauta”, which incorporates game elements and utilizes the spaced repetition technique to facilitate the learning of astronomy and astronautics. This approach seeks to offer a platform that can be used by users with different levels of knowledge about astronomy and astronautics. As they use it, they will be able to acquire new knowledge about the astronomical events in our universe.

Keywords: Astronomy. Astronautics. Gamification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O ciclo de envolvimento social, projetado para maximizar o engajamento e reengajamento do jogador através do design central do produto.	22
Figura 2 – Curva do esquecimento segundo Ebbinghaus	26
Figura 3 – A curva do esquecimento de Ebbinghaus e o ciclo de revisão.	27
Figura 4 – Algoritmo para o Cálculo do Intervalo de Revisão no SuperMemo SM-2.	28
Figura 5 – Fórmula de Atualização do Fator de Facilidade (EF) no SuperMemo SM-2.	28
Figura 6 – Diagrama de caso de uso	39
Figura 7 – Diagrama de módulos de alto nível	41
Figura 8 – Diagrama de classe	43
Figura 9 – Tela de Cadastro/Login	47
Figura 10 – Tela de Inicial	48
Figura 11 – Tela de Módulos	48
Figura 12 – Telas de Desafios Gamificados	49
Figura 13 – Telas de Perfil	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
ATAM	<i>Architecture Tradeoff Analysis Method</i>
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EF	Fator de Facilidade
MEC	Ministério da Educação
MVP	Mínimo Produto Viável
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
PvP	<i>Player vs. Player</i>
RA	Realidade Aumentada
RPG	<i>Role Playing Game</i>
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira
SM-2	<i>SuperMemo 2.0</i>
SRS	<i>Spaced Repetition System</i>
UI	Interface do Usuário
UX	Experiência do Usuário

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis das provas da OBA	20
Tabela 2 – Técnicas Utilizadas em aplicações gamificadas.	23
Tabela 3 – Arquétipos de Bartle.	24
Tabela 4 – Palavras-chaves e sinônimos	30
Tabela 5 – String de busca	30
Tabela 6 – Grupo de pesquisas com uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais digitais.	32
Tabela 7 – Grupo de pesquisas com uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais analógicos.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa e Motivação	16
1.2	Objetivos	17
1.3	Geral	17
1.4	Específico	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Astronomia e Astronáutica	19
2.1.1	O ensino de astronomia e astronáutica	19
2.1.2	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica	20
2.2	Gamificação	22
2.2.1	Definição e Propósito da Gamificação	22
2.2.2	Elementos e Mecânicas de Gamificação	23
2.2.3	Taxonomias e Perfis de Jogadores	24
2.3	Curva de Esquecimento	25
2.3.1	Sistema Repetição Espaçada	26
3	REVISÃO DE LITERATURA	29
3.1	Questões de Pesquisa	29
3.2	Fontes de Pesquisa	29
3.3	Palavras-chave e Sinônimos	30
3.4	String de Busca	30
3.5	Seleção de Estudos	31
3.6	Disseminação dos resultados	31
4	COSMONAUTA	38
4.1	Recordação do Problema	38
4.2	Escopo Funcional e Casos de Uso	39
4.3	Princípios de <i>Design</i> e Visão Educacional	40
4.4	Arquitetura Conceitual da Plataforma “Cosmonauta”	41
4.4.1	Mecanismos de Aprendizagem e Dinâmicas da Plataforma	44
4.4.1.1	Estrutura de Conteúdo e Progressão de Aprendizagem	44
4.4.1.2	Método de Estudo Principal: <i>Flashcards</i> com Repetição Espaçada	44
4.4.1.3	Atividades Gamificadas e Sociais	45
4.4.1.4	Funcionalidades do Usuário e seus Fluxos no Sistema	46
4.4.2	Apresentação das Telas Prototipadas	46

5	AVALIAÇÃO DA ARQUITETURA PROPOSTA	51
5.1	Introdução à Avaliação	51
5.2	Metodologia de Avaliação	51
5.2.1	O Método de Avaliação de Arquitetura ATAM e sua Adaptação	51
5.3	Cenários de Avaliação e Análise dos Atributos de Qualidade	53
5.3.1	Cenários de Casos de Uso	53
5.3.2	Cenários de Crescimento	55
5.3.3	Cenários Exploratórios	56
5.4	Conclusão da Avaliação	56
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6.1	Contribuições do Trabalho	58
6.2	Limitações do Estudo e Trabalhos Futuros	59
6.3	Conclusão Final	59
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Neves (2011), a astronomia é uma das ciências naturais mais antigas, onde teve um papel fundamental na história da humanidade. Desde o princípio, o homem utilizou conhecimentos astronômicos para uma variedade de propósitos, como a navegação marítima, a agricultura, a previsão de fenômenos, além da elaboração do calendário. Esse campo da ciência não apenas nos proporciona uma compreensão sobre o universo, como também influência na maneira como vivemos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

A astronáutica, vista como uma extensão da astronomia, representa uma das disciplinas mais recentes e desempenha um papel de igual importância em nossa compreensão do cosmos. De acordo com Nogueira e Canalle (2010), ela se apresenta como uma maneira de desafiar os limites humanos e fornecer respostas para as questões mais intrigantes propostas pela astronomia, incluindo a nossa própria origem. Nesse contexto, a astronomia e a astronáutica se complementam mutuamente, evoluindo em paralelo. É crucial reconhecer que os avanços e contribuições provenientes desses campos de estudo são essenciais para a existência humana, sendo praticamente inimaginável a vida sem eles.

Dada a importância da astronomia e astronáutica, seu ensino se torna um elemento fundamental na formação acadêmica de um indivíduo desde os primeiros estágios do aprendizado. No entanto, conforme evidenciado em estudos anteriores, existe uma dificuldade na realização desse ensino, em grande parte devido à falta de domínio do tema por parte dos próprios professores, tornando-os incapazes de transmiti-lo aos alunos (Santana; Valente; Freitas, 2019).

Neste contexto, torna-se essencial buscar abordagens alternativas, selecionando metodologias que tornem o ensino da astronomia e astronáutica envolvente e prazeroso. Ao adotar estratégias inovadoras, como a utilização de recursos tecnológicos, simulações interativas e atividades práticas, é possível criar um ambiente educacional mais dinâmico e participativo. Uma estratégia promissora é a aplicação da gamificação, que consiste em incorporar elementos característicos de jogos no processo de aprendizagem. Segundo Behla et al. (2021), essa técnica quando planejada e implementada de maneira adequada, apresenta um grande potencial para estimular aprendizagem de forma significativa.

Este trabalho tem como principal objetivo a proposição de um modelo teórico para um sistema educacional autônomo, denominado Cosmonauta, com foco no estudo independente de astronomia e astronáutica. Reconhecendo que tal modelo não

se destina necessariamente ao ambiente tradicional de sala de aula, mas sim para uso autônomo em contextos de estudo individual, busca-se desenhar uma arquitetura conceitual que promova uma experiência educacional envolvente e enriquecedora para os aprendizes.

1.1 Justificativa e Motivação

Astronomia, apesar de ser uma ciência tão antiga quanto o próprio conceito de tempo para a humanidade, continua envolta em mistérios que geram mais questionamentos do que soluções (Tyson, 2017). Estes questionamentos não se restringem apenas aos domínios astronômicos. Conforme Nogueira e Canalle (2010) aponta, a influência da astronomia permeia inúmeros fenômenos cotidianos. Assim, o estudo desta ciência não se limita a um campo específico, mas se configura como uma disciplina multidisciplinar com aplicações em diversas áreas do conhecimento geral.

A astronáutica, por sua vez, também se destaca como um campo multidisciplinar. Conforme Cruz, Pereira e Rodrigues (2018) destacam, ela possui a capacidade de estimular o aprendizado em conteúdos do ensino médio, com ênfase especial na física. Dessa forma, o ensino dessas disciplinas tem o potencial de proporcionar ao aluno uma compreensão mais aprofundada do mundo ao seu redor, além de promover o desenvolvimento do pensamento científico, incluindo habilidades como observação, classificação, registro, análise, síntese e aplicação (Langhi, 2009). Esta perspectiva é também defendida por Queiroz, que apresenta:

“O Ensino de Astronomia pode ser usado como um fio condutor para a Ciência, capaz de ampliar, viabilizar e colaborar para a apresentação e compreensão de conhecimentos científicos possibilitando uma formação crítica e reflexiva para a plena participação do cidadão, na sociedade em que vive. Motivações e curiosidades, geradas pelo desenvolvimento de conteúdos de Astronomia, são prazerosas e importantes, quando se trata dos fenômenos da natureza, ou seja, auxilia na construção do seu próprio conhecimento e na compreensão do mundo que o cerca (Queiroz, 2008).”

Diante da abrangência e do impacto educacional proporcionado pela astronáutica e pela astronomia, torna-se evidente a importância de sua inclusão no currículo escolar. O ensino dessas disciplinas não apenas fomenta a compreensão do universo e dos fenômenos celestes, mas também promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a capacidade de aplicar o método científico. No entanto, é importante ressaltar que, na prática, a inclusão da astronáutica e da astronomia no currículo escolar ainda não está ocorrendo de maneira generalizada. Muitas vezes, esses temas são abordados de forma superficial ou até mesmo negligenciados em alguns sistemas educacionais.

Segundo Langhi e Nardi (2014), “Nem mesmo o professor brasileiro do ensino fundamental e médio, na maioria dos casos, aprende conteúdos de Astronomia durante a sua formação inicial. Como consequência, os professores, em geral, optam por duas alternativas: preferem não ensinar Astronomia ou buscam outras fontes de informações”. Essa lacuna na formação dos educadores acaba por refletir diretamente na qualidade do ensino de Astronomia nas escolas brasileiras. A falta de domínio sobre o tema pode resultar em aulas superficiais e pouco envolventes, o que, por sua vez, impacta o interesse e a compreensão dos alunos sobre essa ciência fascinante (Costa; Euzébio; Damasio, 2016).

Diante dos desafios encontrados no ensino da Astronomia no Brasil, é fundamental buscar soluções inovadoras que vão além do ambiente tradicional da sala de aula. Uma abordagem promissora consiste em incorporar a gamificação como parte integrante do processo educacional. É essencial que a pessoa que busca conhecimento seja o principal condutor desse processo, e é importante destacar que a gamificação não funciona apenas para impulsionar metas sem a consciência dos objetivos individuais. O participante deve perceber o ganho pessoal e ter uma motivação interior para participar da atividade (Teixeira, 2017).

Neste capítulo, foi evidenciada a urgência de reformular a abordagem convencional no ensino de Astronomia, especialmente diante das deficiências identificadas na formação de educadores e no estímulo aos alunos. A gamificação surge, portanto, como um paradigma de *design instrucional* promissor, capaz de proporcionar um ambiente de aprendizado mais dinâmico e envolvente. Com essa perspectiva em mente, a proposição de um modelo ou arquitetura conceitual para um sistema educacional gamificado se apresenta como uma alternativa teoricamente relevante e viável. Ao integrar elementos lúdicos e interativos, tal modelo visa não apenas facilitar a apreensão de conceitos astronômicos, mas também inspirar uma apreciação mais profunda e duradoura pela ciência do universo.

1.2 Objetivos

Diante da contextualização apresentada, e com base na justificativa e motivação expostas, esta seção tem por finalidade apresentar os objetivos que nortearam o desenvolvimento deste trabalho.

1.3 Geral

O presente trabalho tem como objetivo propor uma arquitetura conceitual para um sistema educacional gamificado, com foco no ensino de astronomia e astronáutica,

analisando a integração teórica de elementos de gamificação e princípios cognitivos para potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento.

1.4 Específico

- Analisar os principais elementos de gamificação empregados em ambientes educacionais digitais, a fim de identificar quais deles comprovadamente estimulam a aprendizagem.
- Definir a arquitetura conceitual de uma plataforma educacional gamificada para astronomia e astronáutica, apresentando seus principais componentes e o fluxo de informações que suporta as funcionalidades didáticas e de gamificação.
- Propor os componentes conceituais e as interações lógicas que comporiam a interface de usuário de uma plataforma educacional gamificada para astronomia e astronáutica, independentemente das tecnologias de implementação.
- Avaliar a arquitetura conceitual proposta por meio da análise de cenários, a fim de verificar sua robustez, flexibilidade e alinhamento com os atributos de qualidade e requisitos educacionais do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Astronomia e Astronáutica

A Astronomia vai além da simples observação dos astros, dedicando-se à exploração dos corpos celestes e ao estudo do espaço que os separa. Além disso, engloba a investigação das características distintivas desses corpos celestes e a compreensão de sua essência e funcionamento, onde Soares (2016) afirma que “estuda as origens, evolução e propriedades físicas e químicas de todos os objetos que podem ser observados no espaço além da Terra, bem como todos os processos que os envolve”.

Dessa forma, a exploração do universo naturalmente se relaciona com outra disciplina fascinante conhecida como astronáutica (Nogueira; Canalle, 2010). Enquanto a astronomia se concentra na observação e compreensão dos fenômenos a partir da Terra, a astronáutica busca expandir nossos horizontes, permitindo-nos estender nossos limites até os confins do universo.

Astronáutica é a ciência e tecnologia associada ao voo espacial e à exploração do espaço (Nogueira; Canalle, 2010; Walter, 2018). Ainda segundo Nogueira e Canalle (2010), ela envolve não apenas o desenvolvimento de veículos espaciais e sistemas de suporte à vida, mas também a pesquisa em propulsão e sistemas de comunicação, bem como a formação e treinamento de astronautas. Seu propósito é possibilitar o deslocamento de humanos e equipamentos para além da atmosfera terrestre, viabilizando a pesquisa, a exploração e, eventualmente, o estabelecimento de presença humana em outros corpos celestes.

2.1.1 O ensino de astronomia e astronáutica

Em 2017, o Ministério da Educação (MEC) apresentou a proposta da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que tinha como principal propósito fornecer diretrizes para a elaboração de currículos em todas as redes de ensino, visando estabelecer as habilidades e conhecimentos fundamentais que todos os estudantes devem adquirir ao longo de cada fase da educação. (Gomes, 2019; Brasil. Ministério da Educação, 2018).

A BNCC engloba os elementos da Astronomia em sua estruturação, sendo delineada pela temática “Terra e Universo”. Esses elementos devem ser abordados em todos os estágios da educação fundamental. De acordo com Brasil (2018), essa unidade é caracterizada por:

“Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes.” (BRASIL, 2018, p. 328).

Em relação ao ensino de Astronomia no âmbito do ensino médio, a BNCC (2018) atribui essa responsabilidade à temática “Vida, Terra e Cosmos” na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Neste contexto, é definido que o estudante deve analisar a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida (especialmente dos seres humanos), do planeta, das estrelas e do Cosmos, assim como compreender a dinâmica das suas interações, além de explorar a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente.

2.1.2 Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) foi criada em 1998 com o objetivo de despertar o interesse dos jovens pela Astronomia, Astronáutica e áreas científicas afins (Menezes; Albrecht, 2018; Gomes, 2019; Canalle et al., 2020). De acordo com o regulamento mais recente da Olimpíada (2023), sua missão é disseminar conhecimentos básicos de maneira envolvente e colaborativa, mobilizando participantes em todo o país através de atividades educativas adaptadas para diversos níveis de escolaridade, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Níveis das provas da OBA

Níveis	Descrição
Nível 1	Destinada aos alunos do ensino fundamental, regularmente matriculados do 1º ao 3º ano.
Nível 2	Destinada aos alunos do ensino fundamental, regularmente matriculados do 4º ao 5º ano.
Nível 3	Destinada aos alunos do ensino fundamental, regularmente matriculados do 6º ao 9º ano.
Nível 4	Destinada aos alunos do ensino médio, regularmente matriculados em qualquer série/ano.

Fonte: Adaptado de regulamento da 26ª Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica.

Cada nível da prova da OBA apresenta suas próprias especialidades, desafiando os estudantes de acordo com seu grau de escolaridade. Conforme regulamento da OBA 2023, as avaliações estão alinhadas com os temas abordados na maioria dos

livros didáticos do ensino fundamental e médio. Os tópicos abordados nas provas para cada nível podem ser descritos em:

- **Nível 1:**

Astronomia: Introdução à Terra (forma, atmosfera, movimentos). Fases da Lua, eclipses e movimento solar. Objetos no Sistema Solar e constelações básicas.

Astronáutica: Exploração espacial, aviões, foguetes, satélites e importância da atmosfera.

- **Nível 2:**

Astronomia: Detalhes sobre a Terra, movimentos celestes, origem do Universo, galáxias, estrelas e outros corpos celestes.

Astronáutica: Aborda missões espaciais, veículos espaciais, satélites brasileiros e instituições no campo.

- **Nível 3:**

Astronomia: Expande os tópicos do Nível 2, incluindo leis de Kepler, gravitação, elementos químicos, entre outros.

Astronáutica: Exploração de Marte, questões ambientais e foguetes.

- **Nível 4:**

Astronomia: Aborda temas avançados como leis fundamentais, espectro eletromagnético, evolução estelar, e origens do Sistema Solar.

Astronáutica: Tópicos complexos incluindo órbitas, comunicação no espaço e propulsão de foguetes.

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica ocorre anualmente em colaboração entre a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e a Agência Espacial Brasileira (AEB). Menezes e Albrecht (2018) afirmam que apesar do nome Olimpíada, a OBA não se comporta exatamente como uma olimpíada tradicional, devido ao fato de que, de acordo com a regulamentação, ela é composta por uma única prova, dispensando etapas regionais. Segundo o regulamento da OBA (2023), todos os participantes recebem certificados em reconhecimento à sua participação, enquanto os que se destacam com os melhores desempenhos são agraciados com medalhas. Além disso, alguns são escolhidos para participar de atividades adicionais e receber treinamento especializado, preparando-os para competições de natureza internacional (Menezes; Albrecht, 2018).

Além disso, Gomes (2019) em conjunto com Canalle et al. (2020) ressaltam que a OBA funciona como um instrumento de aprimoramento e aprofundamento no ensino

da Astronomia nas escolas. Ao ser aplicada como recurso pedagógico, a OBA pode desempenhar um papel crucial na motivação dos estudantes pela ciência astronômica. Essa competição proporciona um ambiente dinâmico e desafiador, estimulando o interesse e a curiosidade dos jovens em relação ao universo que nos cerca. Dessa forma, contribui significativamente para a formação de futuros cientistas e entusiastas da Astronomia (Gomes, 2019; Menezes; Albrecht, 2018; Nogueira; Canalle, 2010).

2.2 Gamificação

2.2.1 Definição e Propósito da Gamificação

Apesar da ausência de um termo universalmente aceito para descrever gamificação, a maioria dos conceitos compartilha algumas características comuns (Kalogianakis et al., 2021). Nesse sentido, podemos apresentar a gamificação como a aplicação de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos, visando a motivação dos alunos (Karl, 2012; DOMÍNGUEZ et al., 2013; Deterding, 2011).

A gamificação, contudo, transcende os limites do ambiente educacional. Ela se estende a vários setores, sendo adotada como uma estratégia para aprimorar o desempenho dos funcionários em seus afazeres diários no trabalho, como apontado por Pedreira et al. (2015). Essa abordagem inovadora impulsiona não apenas a produtividade, mas também promove um ambiente de trabalho mais colaborativo e inovador. Fundamentalmente, a gamificação trabalha em envolver as pessoas em um nível emocional e incentivá-las a atingir objetivos predefinidos (Burke, 2014).

Figura 1 – O ciclo de envolvimento social, projetado para maximizar o engajamento e reengajamento do jogador através do design central do produto.



Fonte: Adaptado Zichermann e Cunningham (2011)

Uma das principais razões pelas quais a gamificação é uma estratégia poderosa para a motivação, segundo Busarello (2016), é porque ela está diretamente alinhada aos desejos humanos. Ao concluir uma tarefa, o elemento lúdico introduzido pela gamificação ativa os centros de recompensa no cérebro, essa conexão emocional impulsiona a persistência e o empenho, levando a um maior engajamento e produtividade. Zichermann e Cunningham (2011) compartilham uma visão semelhante. Os autores descrevem como a combinação dos elementos lúdicos com a interação social dentro de uma aplicação pode manter o jogador motivado, gerando assim um ciclo social de motivação, conforme ilustrado na figura 1.

De acordo com Foncubierta e Rodríguez (2014), destaca-se a importância de um design cuidadoso para a atividade gamificada, uma vez que esta é a ação central a ser executada e pode influenciar significativamente o resultado da atividade, seja positiva ou negativamente. Assim, é crucial selecionar os componentes do jogo com base em critérios pedagógicos que possibilitem a análise prática de todos os recursos a serem desenvolvidos ou utilizados.

2.2.2 Elementos e Mecânicas de Gamificação

A gamificação transcende a mera criação de um jogo, configurando-se como a aplicação estratégica de sistemas de recompensa e elementos lúdicos para otimizar o engajamento do usuário (Romero-Rodríguez; Ángel; Ignacio, 2016; Fardo, 2013). Como demonstrado pelas técnicas apresentadas na Tabela 2, a gamificação incorpora mecanismos convencionais de incentivo, em conjunto com componentes dinâmicos e visuais, com o objetivo de construir uma experiência imersiva que sustente o interesse e a participação do usuário ao longo de todo o processo de aprendizagem (Zichermann; Cunningham, 2011).

Tabela 2 – Técnicas Utilizadas em aplicações gamificadas.

Técnica	Descrição
Pontos	Refere-se a medidas quantitativas de avanço ou realização, possibilitando a aplicação de diversos tipos de sistemas de pontuação, de acordo com o objetivo proposto.
Medalhas	Representação de objetivos específicos conquistados, representando uma forma mais robusta de pontuação.
Níveis	Os níveis representam o avanço do usuário dentro do sistema.

Tabela 2

Técnica	Descrição
<i>Rankings</i>	Seu principal propósito é realizar uma comparação entre os jogadores/usuários envolvidos, proporcionando uma maneira de visualizar a evolução dos usuários dentro do ambiente e criando um senso de competição entre eles.
Missões e Desafios	Os desafios e missões são os elementos que direcionam os usuários sobre as atividades que devem ser realizadas dentro de um sistema.
<i>Loops de Engajamento</i>	Refere-se às estratégias motivacionais que auxiliam o usuário a permanecer motivado e engajado na utilização do ambiente não apenas no momento atual, mas também o incentivam a retornar posteriormente.
Reforço e <i>Feedback</i>	São elementos utilizados para disponibilizar ao usuário informações cruciais, indicando sua posição no ambiente e os resultados das ações executadas por ele no sistema.

Fonte: Adaptado de Klock et al. (2014), Deterding (2011)

2.2.3 Taxonomias e Perfis de Jogadores

A compreensão dos diferentes perfis de jogadores é crucial para o *design* eficaz de sistemas gamificados, especialmente no contexto educacional. Diversos autores propuseram taxonomias que buscam categorizar os comportamentos e as motivações dos usuários em ambientes de jogo. Uma das mais influentes é a taxonomia de Bartle (1996), que classifica os jogadores de jogos multiusuário em quatro tipos principais conforme a Tabela 3:

Tabela 3 – Arquétipos de Bartle.

Arquétipo	Descrição
Socializadores (<i>Socializers</i>)	São motivados pela interação com outros jogadores, buscando formar laços, participar de comunidades e comunicar-se. A experiência social é o principal motor.
Exploradores (<i>Explorers</i>)	Impulsionados pela curiosidade e desejo de descobrir. Buscam novos conteúdos, áreas ocultas, funcionalidades e aprofundam-se nas mecânicas e no <i>lore</i> do ambiente.

Tabela 3

Arquétipo	Descrição
Realizadores (<i>Achievers</i>)	Focados em alcançar objetivos, acumular pontos, subir de nível, completar missões e demonstrar maestria. A progressão e o reconhecimento são fundamentais para eles.
Assassinos (<i>Killers</i>)	Motivados por competir e impactar o jogo de outros jogadores, muitas vezes de forma agressiva. Buscam o poder e a dominância sobre os demais.

Fonte: Elaborado pelo autor

Embora amplamente adotada e adaptada para contextos gamificados, o próprio Bartle (2003) reconheceu as limitações de seu modelo bidimensional original. Ele observou que, apesar da popularidade, a taxonomia inicial não era totalmente abrangente, pois existia subdivisões de comportamento dentro de cada um dos quatro grupos. Essa percepção levou a um aprofundamento na compreensão das nuances dos perfis de jogadores, buscando uma representação mais completa das motivações e interações dos usuários.

2.3 Curva de Esquecimento

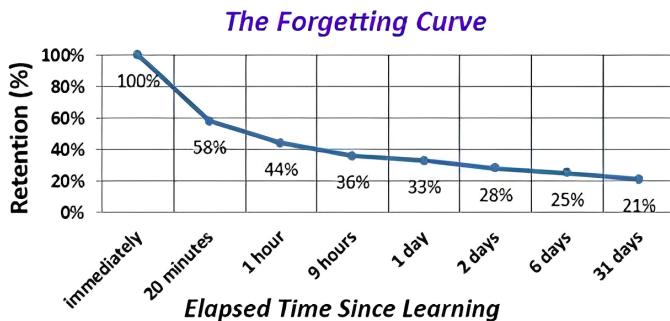
De acordo com Santos e Barros (2018), o esquecimento é um processo natural e essencial para a otimização da memória. O cérebro tem a capacidade de filtrar o que é relevante e descartar o que é considerado irrelevante. É perfeitamente normal esquecer informações que não são frequentemente utilizadas. Esse mecanismo permite que o cérebro substitua continuamente memórias irrelevantes por novas, enquanto mantém a fixação daquilo que é considerado importante por longos períodos de tempo. Portanto, o esquecimento é parte fundamental do funcionamento saudável da memória.

Os primeiros passos na pesquisa sistemática sobre o fenômeno do esquecimento foram dados nos estudos inovadores conduzidos por Hermann Ebbinghaus no final do século XIX. Ao explorar a curva do esquecimento por meio de diversos testes, Ebbinghaus procurou compreender a temporalidade do esquecimento em relação a um assunto estudado. Utilizando sílabas sem sentido, ele iniciou experimentos para verificar o intervalo de tempo pelo qual essas sílabas desapareciam da memória (Pergher; Stein, 2003; Santos; Barros, 2018).

A pesquisa de Ebbinghaus foi pioneira ao destacar a importância do tempo na retenção da informação. A curva do esquecimento, representada na figura 2, ilustra a

taxa pela qual as informações são esquecidas ao longo do tempo, revelando padrões que formam a base para muitas teorias subsequentes sobre o processo de memória (Kang, 2016).

Figura 2 – Curva do esquecimento segundo Ebbinghaus



Fonte: Adaptado de Olesea (2019)

Segundo Santos e Barros (2018), uma das teorias subsequentes que se desenvolveram a partir dos estudos de Ebbinghaus é a teoria da repetição espaçada. Essa abordagem propõe que a prática de revisar informações em intervalos crescentes ao longo do tempo pode fortalecer significativamente a retenção na memória. A pesquisa nesse campo, influenciada pelos fundamentos estabelecidos por Ebbinghaus, contribuiu para o desenvolvimento de técnicas modernas de aprendizado e memorização, destacando a importância da temporalidade na consolidação de conhecimento.

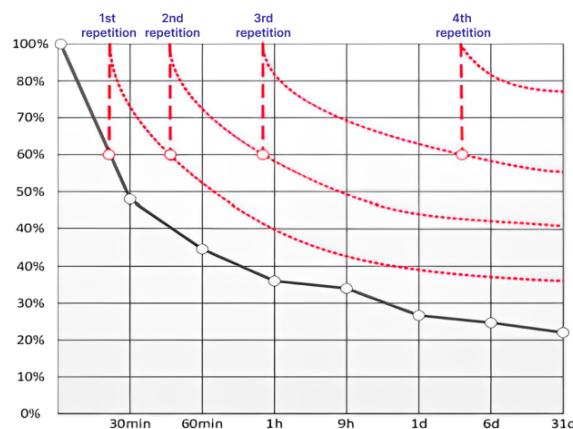
2.3.1 Sistema Repetição Espaçada

De acordo com Coelho (2016), a técnica de repetição espaçada, do inglês *Spaced Repetition System* (SRS), é uma maneira inteligente de aprender. Ela usa a ideia de que tendemos a esquecer as coisas ao longo do tempo. Assim, em vez de estudar algo apenas uma vez, a SRS sugere revisar o material em intervalos regulares. Por exemplo, você pode dar uma olhada no que aprendeu logo após estudar pela primeira vez. Isso ajuda a fixar melhor a informação e torna o aprendizado mais eficiente.

Os progressos nas investigações sobre Repetição Espaçada resultaram no desenvolvimento de algoritmos mais sofisticados, oferecendo diversas opções para testar e validar as melhores estratégias de memorização. Nesse contexto, alguns desses algoritmos foram criados para ajustar o intervalo de revisão do conteúdo de aprendizagem. Essa adaptação visa priorizar a revisão mais frequente dos tópicos que têm uma probabilidade maior de serem esquecidos, proporcionando uma abordagem dinâmica que favorece a consolidação dessas informações na memória de longo prazo (Santos; Barros, 2018).

Conforme Chaves et al. (2020), a técnica de SRS destaca um momento crítico nas primeiras 24 horas após a obtenção de conhecimento, período de maior esquecimento. O método sugere revisões iniciais de 10 minutos por hora/aula, assegurando uma retenção de 100%. Após uma semana, o intervalo é ajustado para 5 minutos por hora/aula, e após um mês, reduz-se para 2 a 4 minutos por hora/aula, adaptando-se às diferentes fases de consolidação da memória e mantendo a eficácia do aprendizado. A figura 3 ilustra a curva de esquecimento associada à técnica SRS, solidificando e prolongando a retenção do conhecimento ao longo do tempo com cada revisão.

Figura 3 – A curva do esquecimento de Ebbinghaus e o ciclo de revisão.



Fonte: Adaptado de Olesea (2019)

A partir da compreensão da curva do esquecimento e da eficácia da repetição espaçada como estratégia pedagógica, diversos algoritmos e programas que exploraram as possibilidades dos sistemas de repetição espaçada foram desenvolvidos, e dentre elas destaca-se um segmento chamado *SuperMemo 2.0* (SM-2) (Almeida; Patrício; Silva, 2023).

Segundo Santos et al. (2019), o algoritmo SM-2 foi desenvolvido para determinar o intervalo de tempo entre repetições no processo de aprendizado, representado pelas variáveis I e n , respectivamente. Para isso, ele utiliza a função Fator de Facilidade (EF), que ajusta o espaçamento temporal entre as revisões. A Figura 4 ilustra o algoritmo responsável pelo cálculo desses intervalos.

Figura 4 – Algoritmo para o Cálculo do Intervalo de Revisão no SuperMemo SM-2.

```

 $I(1) \leftarrow 1$ 
 $I(2) \leftarrow 6$ 

if  $n > 2$  then
     $I(n) \leftarrow I(n - 1) * EF$ 
end

```

Fonte: Adaptado de Wozniak (1990)

Enquanto a Figura 5 detalha como o Fator de Facilidade (EF) é dinamicamente atualizado com base no desempenho do usuário, Almeida, Patrício e Silva (2023) afirmam que, por padrão, o algoritmo SM-2 inicia o intervalo de tempo das duas primeiras revisões em 1 e 6 dias, respectivamente. Esse valor é reavaliado e ajustado após cada interação do usuário, com base na sua avaliação do item revisado.

Figura 5 – Fórmula de Atualização do Fator de Facilidade (EF) no SuperMemo SM-2.

$$EF' \leftarrow EF + (0.1 - (5 - q) * (0.08 + (5 - q) * 0.02))$$

Fonte: Adaptado de Wozniak (1990)

Essa avaliação é realizada em uma escala de 0 a 5, onde cada número representa o grau de recordação do usuário sobre o item. A partir dessa pontuação, o algoritmo recalcula o Fator de Facilidade e, consequentemente, o próximo intervalo de revisão, otimizando o processo de aprendizagem e memorização (Wozniak, 1990).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo abordará uma revisão da literatura sobre as pesquisas acadêmicas realizadas sobre a integração de jogos no contexto do ensino da Astronomia e Astronáutica.

3.1 Questões de Pesquisa

1. Quais são as principais abordagens e tecnologias utilizadas no desenvolvimento de aplicativos educacionais voltados para o ensino de astronomia e astronáutica?

Esta pergunta é crucial para entender o estado da arte e as tendências tecnológicas na área de aplicativos educacionais. Ao identificar as principais abordagens e tecnologias é possível determinar quais são as abordagens mais eficazes e inovadoras para promover o aprendizado de astronomia e astronáutica

2. Quais são os benefícios e desafios encontrados no uso de elementos de jogos para facilitar o aprendizado desses temas?

Com essa questão podemos identificar como os elementos de jogos têm o potencial de tornar o aprendizado mais envolvente, motivador e eficaz. Compreender os benefícios desses elementos permite nos projetar estratégias de ensino mais eficazes.

3. Qual é a eficácia comparativa entre diferentes métodos de ensino, como aulas tradicionais e aprendizado baseado em aplicativos móveis, no contexto do ensino de astronomia e astronáutica?

Esta pergunta tem como objetivo avaliar a eficácia dos aplicativos educacionais em comparação com métodos tradicionais de ensino. Compreender a eficácia relativa dos diferentes métodos permite tomar decisões sobre a integração e o uso dessas tecnologias no ensino.

3.2 Fontes de Pesquisa

O processo de busca será conduzido pela seleção de artigos, anais, periódicos, monografias e dissertações. As bibliotecas digitais escolhidas incluem:

- Springer (<https://www.springerlink.com/>)

- ACM (<https://dl.acm.org/>)
- Elsevier-Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>)
- Google Scholar (<https://scholar.google.com.br>)
- Fontes como Repositórios Institucionais das Universidades Federais, Estaduais e Privadas

3.3 Palavras-chave e Sinônimos

Para a construção da string de busca, foram definidas as palavras-chave centrais da pesquisa, bem como seus sinônimos em português e inglês, conforme detalhado na Tabela 4.

Tabela 4 – Palavras-chaves e sinônimos

Palavra-Chave	Sinônimo
Astronomia	Cosmologia, ciência espacial, estudo dos astros.
Astronáutica	Exploração espacial, viagens espaciais, ciência espacial aplicada.
Gamificação	Ludificação, jogos educacionais, uso de elementos de jogo.
Ensino	Educação, aprendizado, instrução.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 String de Busca

Para encontrar esses trabalhos, utilizou-se a string de busca apresentada na Tabela 5:

Tabela 5 – String de busca

(Astronomia <i>OR</i> Astronomy)
AND
(Astronáutica <i>OR</i> Astronautics)
AND
(Gamificação <i>OR</i> Ludificação <i>OR</i> Gamification)
AND
(Ensino <i>OR</i> Educação <i>OR</i> Learning <i>OR</i> Teaching)

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 Seleção de Estudos

Para a seleção dos estudos, foram adotados os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- Critérios de Inclusão
 1. Trabalhos que tratem de gamificação no meio digital.
 2. Trabalhos que tratem de gamificação para o ensino de Astronomia e Astronáutica.
 3. Trabalhos que tratem de ensino de Astronomia e Astronáutica.
 4. Artigos, teses, monografias ou dissertações.
 5. Trabalhos que possuem texto completo disponível na web.
- Critérios de Exclusão
 1. Trabalhos que não estão em português ou inglês.
 2. Trabalhos duplicados ou versões desatualizadas.

3.6 Disseminação dos resultados

A partir da revisão da literatura, identificaram-se trabalhos relacionados aos tópicos de interesse. Após essa análise, realizou-se uma categorização dos trabalhos selecionados com o objetivo de apresentar um quadro geral sobre o estado da arte nesse campo de pesquisa.

Para essa categorização, utilizou-se como base as questões de pesquisa apresentadas anteriormente. Dessa forma, os trabalhos foram divididos em 2 grupos:

1. Uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais digitais.
2. Uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais analógicos.

Para o grupo “Uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais digitais”, foram selecionados por fim sete trabalhos, os quais estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Grupo de pesquisas com uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais digitais.

ANO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
2022	Caelestia - Uma Aplicação Gamificada que Auxilia no Ensino de Astronomia	Caelestia é um aplicativo de gamificação de perguntas e respostas, um quiz. A monografia apresenta uma comparação entre várias plataformas de ensino com gamificação, incluindo Duolingo, Kahoot, entre outras, utilizando a metodologia da ciência do design. A estratégia de ensino adotada é dividida em dois tipos de módulos: teóricos e práticos. O módulo teórico oferece uma grande quantidade de informações para o usuário ler, enquanto o módulo prático se divide em lições individuais ou maratonas de lições.
2022	Uso da Gamificação como Estratégia de Engajamento e Motivação no Ensino da Astronomia e Astronáutica	O projeto aborda o desenvolvimento de um aplicativo móvel inspirado na mecânica de jogabilidade do Duolingo. Ele utiliza uma abordagem de gamificação dividida em módulos, onde cada módulo apresenta ao jogador perguntas de múltipla escolha.
2022	OrbitAndo: Uma Plataforma para Ensino de Astronomia de Outro Mundo	O trabalho apresenta um conjunto de aplicações que podem ser utilizadas para aprimorar o aprendizado. Uma dessas aplicações inclui um jogo "runner", onde o jogador controla um foguete espacial e deve desviar de asteroides que podem danificar a nave. O projeto também apresenta uma aplicação de Realidade Aumentada (RA), que consiste em um conjunto de cartas dos planetas e objetos celestes do nosso Sistema Solar. Por meio da aplicação desenvolvida, utilizando a câmera do dispositivo, é possível visualizar uma representação holográfica do objeto em questão.

Tabela 6

ANO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
2022	A Gamificação Aplicada em Aulas de Astronomia em uma Turma do Ensino Fundamental de uma Escola Privada no Estado de Pernambuco	O projeto apresenta uma gamificação no estilo de sala de escape virtual, onde os jogadores devem descobrir a senha para desbloquear um cadeado e avançar para o próximo nível, usando pistas distribuídas na tela.
2020	<i>A Gamification Experience and Virtual Reality in Teaching Astronomy in Basic Education</i>	O trabalho apresenta uma aplicação móvel dividida em módulos, cada módulo explorando um assunto diferente. O autor utiliza uma combinação de elementos, incluindo a utilização de Realidade Aumentada (RA), para o ensino do conteúdo escolhido.
2020	Ensino de Astronomia com Aprendizagem Baseada em Game: O Caso Bendegó	O projeto incorpora um jogo de RPG como uma forma de gamificação, onde o jogador precisa compreender conceitos de astronomia para desvendar segredos e derrotar inimigos.
2019	Mediação de um Game como Instrumento em uma Metodologia Construtivista para o Ensino de Astronomia	O trabalho aborda o desenvolvimento do jogo de RPG AstroTíbia como uma ferramenta de aprendizagem. A gamificação tem como objetivo ensinar aos jogadores sobre a teoria da evolução do universo de acordo com o Big Bang, além da ordem dos planetas no Sistema Solar.
2016	Construção de um jogo didático digital ligado à divulgação científica da Astronomia	A dissertação apresentou a análise e desenvolvimento de um jogo digital de perguntas e respostas, incluindo características típicas como rankings ao final das rodadas.
2014	O Guia Do Físico Das Galáxias: Um Jogo Virtual Para O Ensino De Física Por Meio De Conceitos De Astronomia	O trabalho descreve e analisa um jogo virtual com um fluxo de jogo semelhante a um RPG. A narrativa gira em torno de um mago com a capacidade de viajar no espaço-tempo. Após o jogador vivenciar um evento específico, o mago fará perguntas sobre o tema no qual se espera que o jogador já tenha conhecimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nesses trabalhos, é possível identificar um padrão na utilização de estratégias para potencializar o aprendizado em um ambiente digital, principalmente através da utilização de quizzes de múltipla escolha e da inserção de narrativas com contexto em Astronomia, como é o caso da utilização de *Role Playing Game* (RPG).

No grupo “Uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais analógicos”, os trabalhos selecionados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Grupo de pesquisas com uso de elementos de design de jogos em contextos educacionais analógicos.

ANO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
2020	Gamificação no Ensino de Astronomia	O artigo descreve um estudo realizado com alunos do ensino médio, onde a metodologia foi dividida em três intervenções didáticas: duas aulas sobre Astronomia e suas curiosidades, um jogo de cartas no estilo “passa ou repassa” e, por fim, um questionário para verificar se houve indícios de aprendizagem.
2020	O Uso de Jogos como Recurso no Processo Ensino-Aprendizagem de Astronomia no 5º Ano do Ensino Fundamental I	Neste trabalho dissertativo, é abordada a concepção de um jogo de tabuleiro com o propósito de melhorar o processo de ensino-aprendizagem de estudantes nos primeiros anos do Ensino Fundamental I, com foco especial na Astronomia. Para sua criação, foi realizado um estudo sobre os assuntos abordados pela BNCC, OBA e MOBFOG.
2020	Jogo de Cartas como Metodologia de Ensino de Astronomia para a Educação Básica	O projeto apresentou um jogo de cartas chamado ‘Super Trunfo de Astronomia’, com foco nos alunos dos anos finais do ensino fundamental e médio. Após a aplicação do jogo de cartas, foi realizada uma atividade de avaliação que, segundo os autores, teve resultados positivos ao observar que os alunos adquiriram conhecimentos introdutórios sobre astronomia.

Tabela 7

ANO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
2019	Uso do Jogo 'Marinheiros do Espaço' como Ferramenta Pedagógica nas Aulas de Astronomia do Ensino Médio	A dissertação apresentou a aplicação de um jogo no estilo de RPG em uma turma do Ensino Médio. O autor descreveu que o produto alcançou seus objetivos ao conseguir apresentar conceitos de física para os alunos.
2019	Gaming to Learn Astronomy, An Innovation Approach, Two Study Cases	O projeto apresenta um jogo de tabuleiro onde os jogadores colaboram para eliminar inimigos. O jogo utiliza o conceito das constelações, exigindo que os jogadores se familiarizem com essas constelações para avançar. Ele também inclui cartas que apresentam características e curiosidades sobre essas constelações.
2018	ASTROS: Gamificação e Astronomia	O trabalho apresenta a criação de um jogo de cartas para aprimorar os conhecimentos sobre Astronomia, com o objetivo de abranger a maior parte dos conceitos apresentados na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica.
2018	Ensino de Conceitos de Astrobiologia e Evolução Estelar por Meio de um Jogo de Tabuleiro	O trabalho acadêmico aborda a criação de um jogo de tabuleiro destinado a simplificar o ensino de Astronomia e Astrobiologia para estudantes do ensino médio. O autor acredita que esse recurso tem o potencial de se tornar uma ferramenta valiosa para auxiliar no processo de ensino e aprendizado.
2018	Top <i>Gregorian</i> : um Jogo para o Ensino do Calendário Gregoriano	No artigo mencionado, é apresentado um jogo de tabuleiro chamado Top <i>Gregorian</i> , desenvolvido com o objetivo de facilitar o ensino do Calendário Gregoriano de forma lúdica. Os autores concluem que o jogo despertou o interesse pelo conhecimento científico entre os alunos participantes.

Tabela 7

ANO	TÍTULO	DESCRÍÇÃO
2018	Jogo Didático: Análise da Proposta Didática na Aprendizagem de Astronomia no 6º Ano do Ensino Fundamental	O trabalho do usuário propõe desenvolver e aplicar um jogo de tabuleiro nas turmas do 6º ano do Ensino Fundamental. O tema surgiu da necessidade de aplicar os conhecimentos adquiridos nas aulas de ciências da natureza de forma dinâmica. Como resultado, foi descrito que a aplicação do trabalho auxiliou na socialização dos alunos e no desenvolvimento cognitivo.
2016	Jogos didáticos para o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental	O trabalho apresenta a ideia e desenvolvimento de três jogos com o objetivo de preparar alunos do Ensino Fundamental para a participação da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica.
2017	Conhecendo o Sistema Solar: Um Jogo para o Ensino de Astronomia	O trabalho apresenta a produção de um jogo de cartas chamado “Conhecendo o Sistema Solar”, que tem como objetivo abordar as principais características da estrutura do Sistema Solar. Os autores relatam que o projeto desenvolvido tem potencial como gerador de interesse e também como um recurso de apoio aos professores. Além disso, concluem que o jogo conseguiu alcançar seus objetivos e se tornou uma referência para o desenvolvimento de outros jogos.
2016	O Uso de Vídeo e Jogo Educativos como Instrumento de Ensino e Divulgação da Astronomia	O trabalho apresenta um vídeo que simula uma viagem pelo Sistema Solar e um jogo utilizados como instrumento de ensino. A gamificação desenvolvida refere-se a um jogo didático de tabuleiro e cartas, onde cada “caminho” do tabuleiro representa uma carta, e cada carta contém perguntas e respostas de múltipla escolha.
2014	O Desenvolvimento dos Conteúdos Atitudinais e Procedimentais Utilizando um Jogo no Ensino de Astronomia	O estudo apresenta o jogo 'Perfil Astronômico', um jogo de tabuleiro desenvolvido pela própria autora. O jogo foi aplicado em alunos matriculados no curso de licenciatura em Física. A autora oferece um resumo dos resultados obtidos e demonstra sucesso na contribuição para o desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos.

Tabela 7

ANO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
2011	A construção dos jogos didáticos de cartas colecionáveis como instrumento de divulgação científica no programa de extensão LabMóvel	O trabalho envolve o desenvolvimento de jogos de cartas colecionáveis educativos para alunos do ensino fundamental e médio. Foram criados dez jogos educativos com o intuito de ensinar ciência utilizando temas variados, incluindo astronomia. O projeto inicialmente se concentrou no desenvolvimento e na produção dos jogos para distribuição nas escolas, que será realizada em uma etapa futura.

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar o grupo de trabalhos relacionados à utilização de mecânicas de jogos em um ambiente analógico, percebe-se que os jogos proporcionam aprendizado sobre os temas abordados. Além disso, é possível identificar que uma das principais características presentes em todos os trabalhos é a colaboração entre os jogadores. Nesse sentido, é interessante que no âmbito digital se preserve a dinâmica entre jogadores, pois isso pode contribuir significativamente para o engajamento, a troca de conhecimento e a construção coletiva de aprendizado.

Os resultados dessa revisão evidenciam realmente a capacidade da gamificação como uma alternativa eficaz para o ensino de Astronomia e Astronáutica. Além disso, ressaltam a importância de soluções que possam despertar o interesse dos alunos nessas áreas da ciência, criando experiências educacionais mais envolventes e motivadoras. Essa abordagem pode contribuir significativamente para o aprendizado dos estudantes e para o desenvolvimento de habilidades relacionadas a esses campos do conhecimento.

4 COSMONAUTA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a arquitetura conceitual para o sistema educacional gamificado, com foco em astronomia e astronáutica. Esta seção é crucial para delinear a estrutura e as interações lógicas da plataforma, servindo como base para um futuro desenvolvimento. Ao longo deste capítulo, serão detalhados os componentes conceituais do sistema, suas interações lógicas e a interface de usuário, elementos que visam potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento, conforme os objetivos propostos.

Neste contexto, será apresentada a concepção da plataforma “Cosmonauta”, uma ideia que utiliza dos princípios de gamificação e técnicas de repetição espaçada para atender às necessidades educacionais abordadas nas seções anteriores.

4.1 Recordação do Problema

Retomando os problemas e motivações que levaram este projeto a ser desenvolvido, apresentados no Capítulo 1.1, um dos principais desafios no ensino de astronomia e astronáutica reside na lacuna de formação dos educadores. Muitos professores, por não terem tido acesso a conteúdos aprofundados nessas áreas durante sua própria formação, acabam por negligenciar ou abordar os temas de forma superficial, impactando diretamente a qualidade do ensino e o interesse dos alunos.

A carência na capacitação docente e a consequente ausência de abordagens pedagógicas inovadoras refletem-se na dificuldade em manter o engajamento e a motivação dos alunos. Essa lacuna transforma o aprendizado de astronomia e astronáutica em uma experiência frequentemente pouco interativa, o que impede a plena exploração do potencial dessas ciências para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico.

Embora iniciativas de grande sucesso como a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica sejam eficazes em despertar o interesse, elas não suprem a necessidade diária de ferramentas de estudo que transcendam os métodos tradicionais e que sejam, ao mesmo tempo, autônomas e cativantes. É precisamente para preencher essa lacuna que o “Cosmonauta” foi idealizado. A plataforma surge como uma abordagem que não apenas auxilia na compreensão de conceitos complexos, mas que também inspira e motiva os alunos, transformando o ensino de astronomia e astronáutica em uma jornada de descobertas e aprendizado contínuo.

Neste sentido, como um dos objetivos centrais deste trabalho, buscou-se:

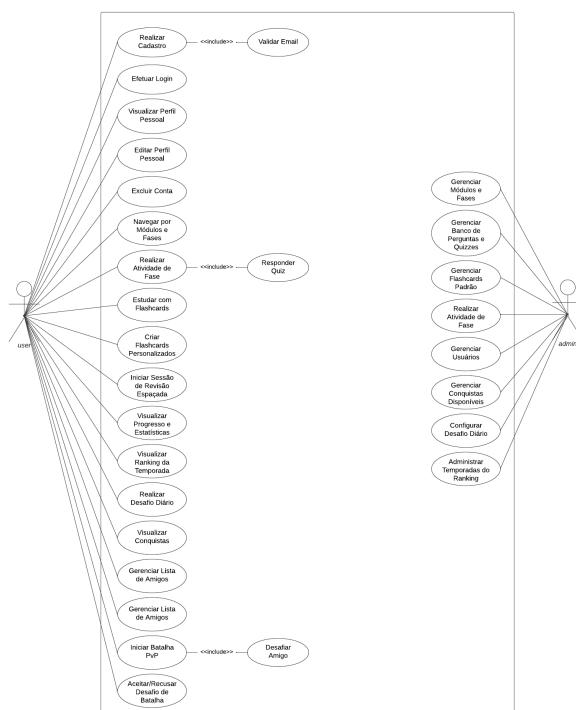
- Definir a arquitetura conceitual de uma plataforma educacional gamificada para astronomia e astronáutica, apresentando seus principais componentes e o fluxo de informações que suporta as funcionalidades didáticas e de gamificação.

A partir da análise detalhada dos problemas e da definição clara dos objetivos, o presente capítulo delineará a proposta de arquitetura da plataforma “Cosmonauta”, consolidando as bases para um futuro sistema que responda efetivamente aos desafios educacionais identificados.

4.2 Escopo Funcional e Casos de Uso

Apresentados os desafios e motivações que fundamentam o desenvolvimento da plataforma “Cosmonauta”, torna-se essencial agora demarcar claramente as funcionalidades que o sistema se propõe a entregar. Para tanto, um diagrama de casos de uso é empregado, visualizando as interações-chave entre os usuários, administradores e o próprio sistema. Ele serve como um mapa conciso do comportamento externo do “Cosmonauta”, ilustrando o que a plataforma permite que seus usuários realizem para atingir os objetivos de aprendizado e engajamento propostos.

Figura 6 – Diagrama de caso de uso



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 6 apresenta o diagrama de caso de uso, que ilustra os principais atores que interagem com o sistema, bem como o conjunto de ações que cada um pode executar. Os atores identificados são:

- **Usuário (User):** Representa o aluno, principal beneficiário da plataforma, cujo objetivo é promover o aprendizado gamificado de astronomia e astronáutica.
- **Administrador (Admin):** Responsável pela gestão e manutenção dos conteúdos e dos elementos centrais da plataforma, assegurando seu bom funcionamento e atualização contínua.

4.3 Princípios de *Design* e Visão Educacional

O desenvolvimento da arquitetura para o “Cosmonauta” é guiado por uma visão educacional que transcende o ensino tradicional, buscando estabelecer um ambiente de aprendizagem dinâmico e intrinsecamente motivador. Reconhecemos a importância da astronomia e astronáutica não apenas como campos de conhecimento específicos, mas como ferramentas poderosas para o desenvolvimento do pensamento científico, da curiosidade e da capacidade de análise crítica, conforme evidenciado por Langhi (2009) e Queiroz (2008). Nossos princípios de design são, portanto, diretamente derivados da necessidade de superar as lacunas observadas no ensino dessas disciplinas, especialmente a falta de engajamento e as limitações na formação de educadores.

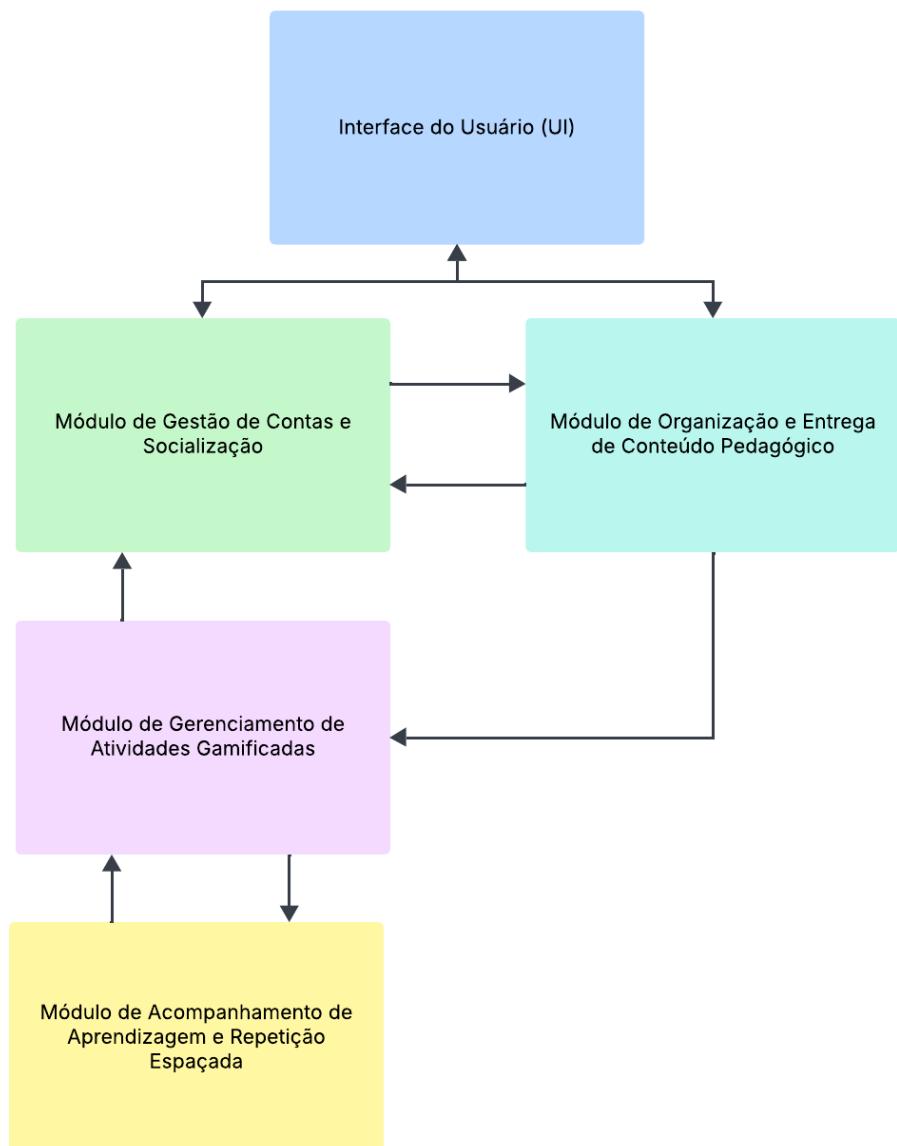
Nesse contexto, a gamificação emerge como o pilar central de nosso design instrucional. Mais do que meramente adicionar elementos lúdicos, a gamificação no “Cosmonauta” é pensada para engajar o aluno de forma significativa, incentivando-o a ser o principal condutor de seu próprio processo de descoberta. Alinhados com Teixeira (2017), defendemos que o participante deve perceber um ganho pessoal e desenvolver uma motivação interior para participar ativamente das atividades. Isso se traduz na criação de missões, desafios, recompensas e um sistema de progressão que não só mede o avanço, mas também estimula a persistência e a exploração.

Adicionalmente, a arquitetura do “Cosmonauta” incorpora técnicas de repetição espaçada, um princípio cognitivo comprovadamente eficaz para a retenção de conhecimento a longo prazo. A integração da gamificação com a repetição espaçada visa otimizar a assimilação de conceitos de astronomia e astronáutica, transformando o estudo em uma experiência contínua de reforço e aprofundamento. Esses princípios de design convergem para uma visão onde o aprendizado é uma jornada de exploração e conquista, capacitando o aluno a não apenas compreender o universo, mas também a desenvolver habilidades essenciais para a vida.

4.4 Arquitetura Conceitual da Plataforma “Cosmonauta”

A arquitetura conceitual da plataforma “Cosmonauta” foi concebida para integrar os princípios de *design* e a visão educacional previamente estabelecidos, proporcionando uma experiência de aprendizagem gamificada e eficaz no domínio da astronomia e astronáutica. Esta seção delineia a estrutura de alto nível do sistema, apresentando seus módulos principais e suas interconexões lógicas, que formam a base para o suporte às funcionalidades didáticas, de gamificação e de acompanhamento do conhecimento.

Figura 7 – Diagrama de módulos de alto nível



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme ilustrado na Figura 7, a arquitetura do “Cosmonauta” é organizada em módulos principais que interagem de forma sinérgica. Essa modularização permite uma gestão clara das responsabilidades do sistema e facilita o desenvolvimento futuro. Os componentes conceituais que definem a estrutura da plataforma são:

1. Módulo de Gestão de Contas e Socialização:

- **Responsabilidade:** Centraliza todas as operações relacionadas ao gerenciamento dos usuários. Inclui o ciclo de vida do usuário, a manutenção do perfil e a implementação de recursos sociais como a gestão de amigos. Este módulo também é responsável por consolidar e vincular o perfil do usuário aos seus progressos em *rankings* e conquistas gerais, atuando como um ponto central para o estado do usuário dentro do sistema.

2. Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico:

- **Responsabilidade:** Abriga e estrutura todo o material educacional de astronomia e astronáutica. Ele define a hierarquia do conteúdo em módulos e estágios de aprendizado, e gerencia as definições de questionários, desafios estruturados e desafios diários. É também o responsável por fornecer os itens de conhecimento essenciais para a metodologia de repetição espaçada.

3. Módulo de Gerenciamento de Atividades Gamificadas:

- **Responsabilidade:** Orquestra a lógica e o estado das atividades interativas que incorporam os elementos de jogo. Isso inclui a gestão de batalhas, o acompanhamento do progresso em desafios específicos e o controle da participação em desafios diários. Este módulo processa as regras do jogo e as ações do jogador dentro do contexto gamificado.

4. Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada:

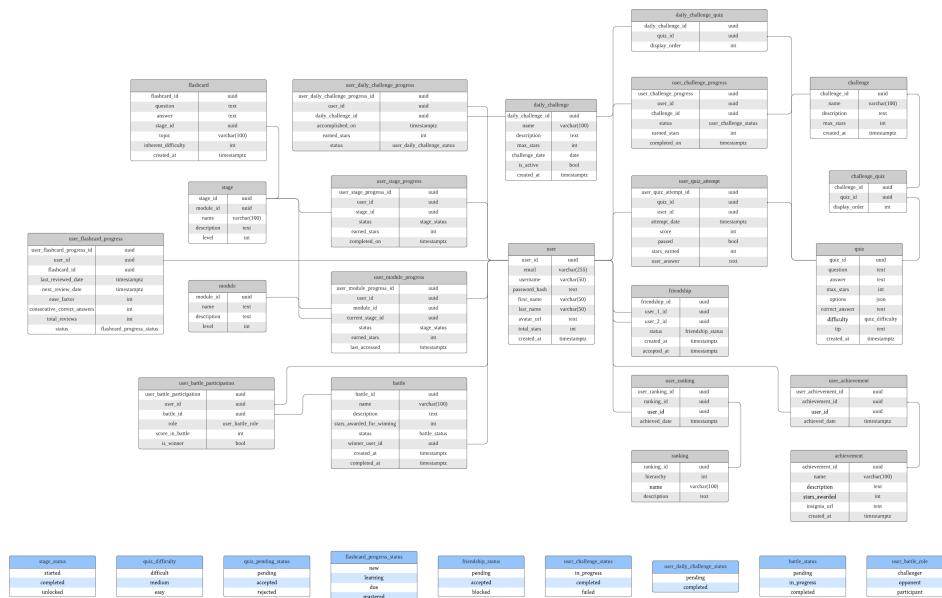
- **Responsabilidade:** Foca no monitoramento detalhado do desempenho do aluno e na aplicação de estratégias cognitivas para otimização do aprendizado. Ele registra o progresso em módulos e estágios, bem como as tentativas e resultados de atividades avaliativas. Crucialmente, este módulo gerencia o sistema de repetição espaçada através do acompanhamento do desempenho individual em itens de revisão, determinando o momento ideal para a releitura de conceitos

A Interface do Usuário (UI) atua como a camada de apresentação e interação direta com o aluno. Em consonância com a perspectiva de design adotada, a UI se

comunica primariamente com o Módulo de Gestão de Contas e Socialização para informações e ações relacionadas ao perfil do usuário, *rankings* e acesso geral ao sistema. Este módulo, por sua vez, orquestra as interações com o Módulo de Gerenciamento de Atividades Gamificada, para iniciar, controlar e obter resultados de batalhas e desafios, e com o Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada, para exibir o progresso do usuário e gerenciar a repetição espaçada. A UI também interage diretamente com o Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico para solicitar e apresentar os materiais didáticos.

Para sustentar a modularidade e as interações funcionais descritas, a arquitetura do “Cosmonauta” é fundamentada em um modelo de dados lógico robusto. Este modelo, detalhado no diagrama de classes a seguir, representa as entidades do sistema, seus atributos e os relacionamentos que garantem a integridade e a persistência de todas as informações. Ele é a representação concreta de como os dados são organizados e manipulados para suportar as funcionalidades de cada módulo, desde o gerenciamento de usuários até a aplicação da repetição espaçada.

Figura 8 – Diagrama de classe



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 8 oferece uma visão aprofundada da estrutura de dados do sistema, onde cada módulo conceitual é materializado por um conjunto coeso de entidades que trabalham em conjunto. A clareza nas relações entre essas entidades é fundamental para a correta operação do sistema, permitindo que informações sobre o usuário, o conteúdo, as atividades gamificadas e o progresso de aprendizagem sejam armazenadas, recuperadas e processadas de forma eficiente. Essa arquitetura integrada,

que abrange desde a visão funcional de alto nível até a organização granular dos dados, estabelece a base para o desenvolvimento e a implementação de uma plataforma “Cosmonauta” que atenda plenamente aos objetivos de potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento em astronomia e astronáutica.

4.4.1 Mecanismos de Aprendizagem e Dinâmicas da Plataforma

Esta seção explora a implementação dos elementos de gamificação e os fluxos lógicos que os governam na plataforma “Cosmonauta”. Mais do que meros adornos, esses elementos são concebidos como ferramentas estratégicas para dinamizar o processo de aprendizagem, transformando a aquisição de conhecimento em uma jornada interativa e recompensadora, alinhada com os princípios de *design* previamente discutidos.

4.4.1.1 Estrutura de Conteúdo e Progressão de Aprendizagem

A organização do conhecimento no “Cosmonauta” é fundamentada em uma estrutura modular sequencial, projetada para garantir uma progressão lógica e sólida do aprendizado. Inicialmente, o sistema será composto por 10 módulos, cada um dedicado a um tema específico de astronomia e astronáutica, assegurando escalabilidade para futuras expansões temáticas. O acesso a esses módulos é estritamente sequencial, exigindo que o usuário complete um módulo para desbloquear o próximo, estabelecendo uma base de conhecimento cumulativa.

Cada módulo, por sua vez, é subdividido em fases, cuja quantidade varia conforme a complexidade do tema abordado. O avanço dentro de um módulo também segue uma ordem sequencial obrigatória, garantindo que o aluno domine os conceitos de uma fase antes de prosseguir para a seguinte. Os desafios inerentes a cada fase são projetados para serem rejogáveis, incentivando a revisão e o aprimoramento contínuo da desempenho do aluno.

4.4.1.2 Método de Estudo Principal: *Flashcards* com Repetição Espaçada

O cerne do aprendizado em cada fase é centrado em *flashcards* interativos, que servem como a principal ferramenta para a fixação de conceitos. Além de uma vasta biblioteca de *flashcards* pré-definidos para cada fase, a plataforma permitirá que os próprios usuários criem seus *flashcards*, promovendo uma revisão altamente personalizada e adaptada às suas necessidades individuais.

Para otimizar a memorização e a retenção do conhecimento a longo prazo, um algoritmo de repetição espaçada será implementado. Este algoritmo ajusta o cronograma de revisão de cada flashcard com base no desempenho do usuário, priorizando

os itens nos quais ele demonstra maior dificuldade e apresentando-os novamente nos intervalos ideais para consolidação. A variação nos tipos de flashcards, incluindo texto, imagem, áudio e múltipla escolha, visa enriquecer a experiência de estudo e atender a diferentes estilos de aprendizado.

4.4.1.3 Atividades Gamificadas e Sociais

O engajamento é intensificado por meio de diversas atividades gamificadas e sociais, que integram a competição, a colaboração e o desafio contínuo:

- **Batalhas (*Player vs. Player (PvP)*):** Promovem a competição justa através de um nivelamento inteligente, onde os *quizzes* da batalha abordam apenas o conteúdo do módulo mais baixo alcançado entre os dois jogadores. Para desafiar, os jogadores devem ser amigos dentro do aplicativo, fomentando a construção de uma comunidade. As batalhas, que podem ser aceitas ou recusadas, não possuem limite de participação e são estruturadas em um formato de “melhor de 3” *rounds*. Cada *round*, por sua vez, consiste em uma “melhor de 7” perguntas. A pontuação por pergunta é baseada na prioridade e correção da resposta: o jogador que responder primeiro ganha a vez; se acertar, ganha o ponto, se errar, o ponto vai para o adversário; empates técnicos ocorrem se ninguém responder a tempo, concedendo um ponto a ambos.
- **Challenges (Quizzes Individuais):** São atividades com 7 perguntas e respostas, oferecendo *feedback* imediato após cada resposta para facilitar o aprendizado. Cada pergunta possui um nível de dificuldade, contribuindo para a pontuação total de estrelas do desafio. Além das estrelas por acerto, cada *challenge* possui uma quantidade de estrelas pré-definidas pela participação. Um sistema de penalidade por baixo desempenho é aplicado: se o jogador tiver mais erros do que acertos, apenas as estrelas pré-definidas do desafio serão consideradas, incentivando a precisão.
- **Desafio Diário:** Oferece uma atividade única por dia, com uma quantidade pré-definida de estrelas. Um bônus de sequência é aplicado, recompensando a consistência: quanto mais dias consecutivos de desafios diários o jogador completar, maior a quantidade de estrelas que ele receberá naquele dia, estimulando a participação diária.
- **Conquistas:** Uma lista pré-definida de conquistas pode ser desbloqueada pelo jogador. As conquistas são exclusivas e visíveis no perfil do usuário, funcionando como troféus que incentivam o engajamento e a exploração das diversas funcionalidades da plataforma.

- **Classificação (Ranking):** O *ranking* é organizado em temporadas mensais, definindo a classificação dos jogadores pela quantidade total de estrelas acumuladas. Ao final de cada temporada, um balanceamento é realizado para os jogadores nas posições mais altas, podendo envolver um reinicialização parcial ou total das estrelas e a atribuição de distintivos ou recompensas exclusivas que permanecem, marcando o início de uma nova fase competitiva.

4.4.1.4 Funcionalidades do Usuário e seus Fluxos no Sistema

As interações do usuário com a plataforma são suportadas por fluxos bem definidos que integram todas as funcionalidades:

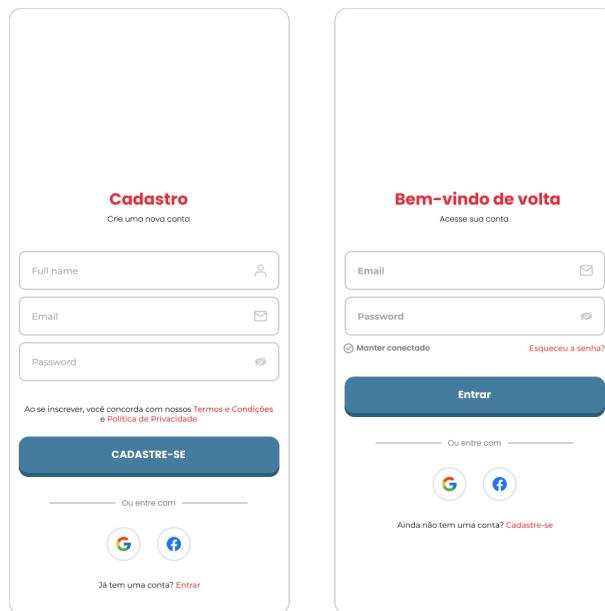
- **Cadastro e Gerenciamento de Perfil:** O usuário pode se cadastrar na plataforma e, posteriormente, atualizar seus dados básicos ou foto de perfil. O sistema também prevê a opção de exclusão de conta.
- **Progressão de Módulos:** O avanço do usuário é sequencial. Um módulo é desbloqueado e um usuário pode prosseguir para o módulo seguinte somente após a conclusão satisfatória de todas as fases e desafios do módulo atual.
- **Conquistas:** O sistema monitora constantemente as ações do usuário. Quando os critérios para uma conquista são atendidos, ela é automaticamente adicionada ao perfil do usuário, sem necessidade de ação manual.
- **Desafios Diários:** Os desafios diários são disponibilizados uma vez por dia e o sistema gerencia a participação e a aplicação do bônus de sequência.
- **Batalhas:** O usuário pode tanto iniciar uma batalha desafiando um amigo quanto aceitar um desafio recebido, e o sistema gerencia todo o fluxo da disputa e seus resultados.
- **Ranking:** A performance do usuário, medida pelas estrelas conquistadas em quizzes, desafios e batalhas, é automaticamente computada para atualizar sua posição no *ranking* da temporada vigente.

4.4.2 Apresentação das Telas Prototipadas

Esta seção tem como objetivo apresentar visualmente a proposta de interface do usuário para a plataforma “Cosmonauta”. É importante notar que nem todas as funcionalidades do sistema foram prototipadas; as telas a seguir representam apenas as essenciais para ilustrar a lógica da arquitetura e a experiência de interação do aluno com o sistema, demonstrando como as principais funcionalidades e os elementos de gamificação se manifestam na interface.

As telas de cadastro e *login* constituem o ponto de entrada do usuário na plataforma, oferecendo as opções necessárias para a criação de novas contas ou o acesso a perfis existentes, conforme ilustrado na Figura 9.

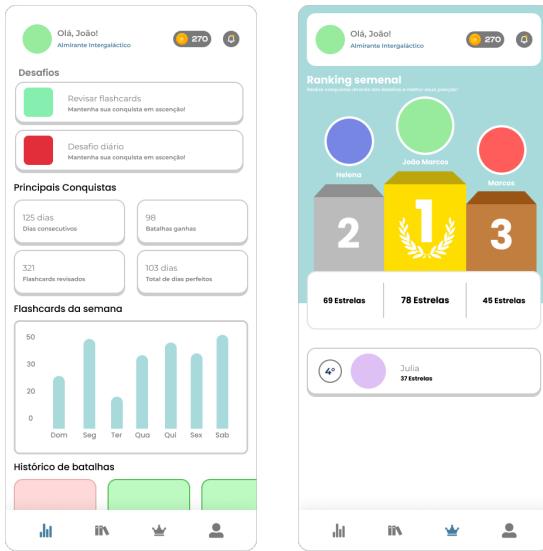
Figura 9 – Tela de Cadastro/Login



Fonte: Elaborado pelo autor

Após o processo de autenticação, o aluno é direcionado para a tela inicial, ou *dashboard* do usuário, que atua como uma central de controle. Nela, o progresso geral do aluno é sumarizado, destacam-se atividades pendentes como o desafio diário e são exibidas as conquistas mais recentes. A Figura 10 ilustra estas telas centrais, juntamente com a visualização de estatísticas detalhadas do usuário e sua posição no *ranking* geral, elementos cruciais para o acompanhamento do desempenho e a motivação.

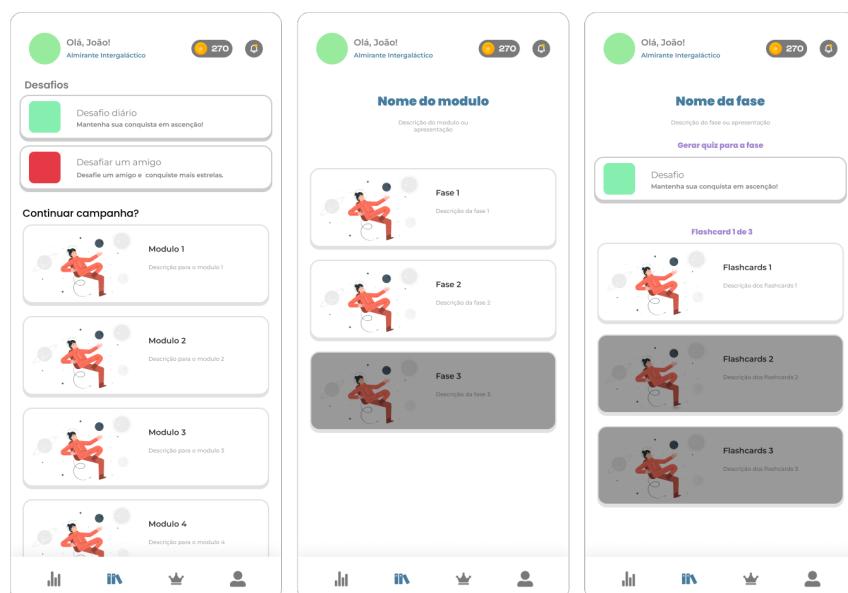
Figura 10 – Tela de Inicial



Fonte: Elaborado pelo autor

A navegação pelo conteúdo pedagógico é facilitada por um fluxo de telas que visualiza a estrutura hierárquica do conhecimento, mostrando desde a seleção dos módulos até o acesso a um estágio específico. A Figura 11 demonstra esta sequência, apresentando a tela inicial de módulos disponíveis, a tela com as fases de um módulo selecionado, e a tela de um estágio específico.

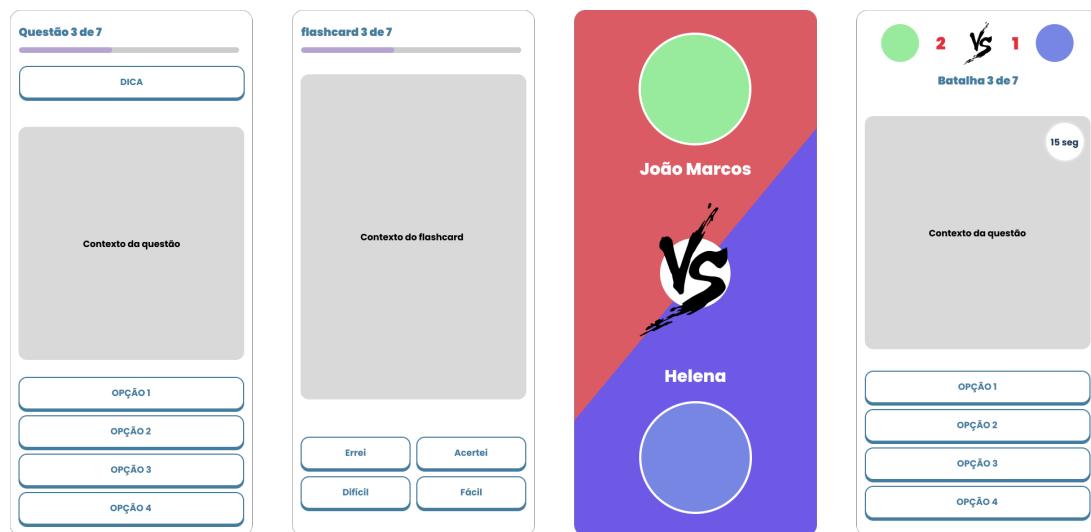
Figura 11 – Tela de Módulos



Fonte: Elaborado pelo autor

As telas que representam o núcleo do método de estudo e da repetição espaçada, como as de interação com *flashcards* e *quizzes*, são apresentadas junto às interfaces das atividades gamificadas mais dinâmicas, como batalhas e desafios diárias. Essa combinação, ilustrada na Figura 12, promove uma interação direta com o conteúdo, permitindo que o aluno responda a perguntas e receba *feedback* imediato, enquanto é estimulado por elementos de competição e engajamento, como placares, cronômetros e botões de ação destacados.

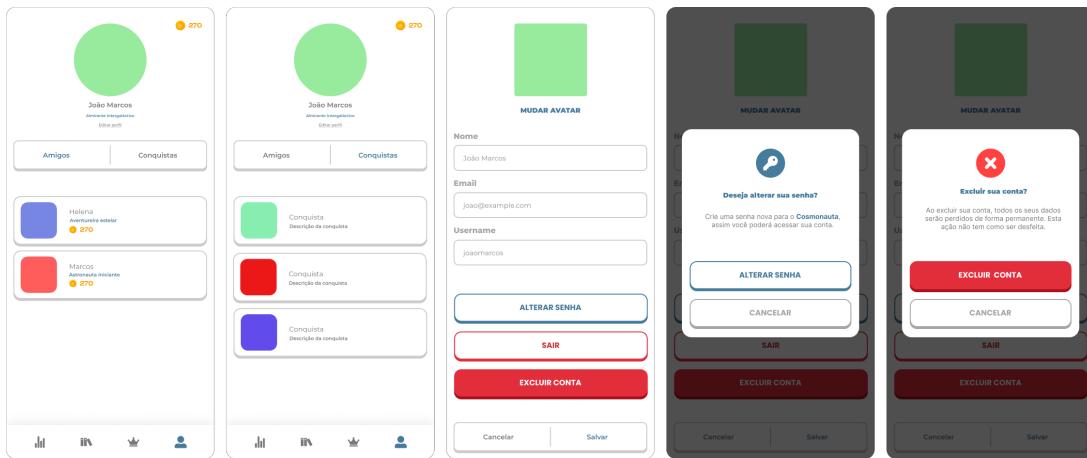
Figura 12 – Telas de Desafios Gamificados



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, as telas de perfil do usuário e conquistas, visualizadas na Figura 13, compõem uma área essencial para o gerenciamento das informações pessoais e o acompanhamento do progresso. Essas telas permitem ao aluno visualizar seus dados básicos, e através de abas dedicadas, acessar sua lista de amigos e suas conquistas alcançadas. Além disso, oferecem opções para configurações diversas, como a alteração de informações pessoais, a modificação da senha e, se necessário, a exclusão da conta. Essa interface, ao consolidar dados de desempenho e opções de controle, reforça a autonomia e a motivação do usuário na plataforma.

Figura 13 – Telas de Perfil



Fonte: Elaborado pelo autor

5 AVALIAÇÃO DA ARQUITETURA PROPOSTA

5.1 Introdução à Avaliação

Após a detalhada proposição da arquitetura conceitual da plataforma “Cosmonauta” no Capítulo 4, torna-se imperativo submetê-la a um processo de avaliação sistemático. Este capítulo tem como objetivo principal analisar a robustez, a coerência e o potencial da arquitetura concebida para atender aos requisitos e objetivos do presente trabalho. A avaliação de uma arquitetura em seu estágio conceitual é uma etapa crítica no ciclo de vida de desenvolvimento de *software*, pois permite a identificação precoce de pontos fortes, fragilidades e possíveis riscos de *design*, antes que recursos significativos sejam investidos na implementação.

A presente avaliação buscará verificar se as decisões arquitetônicas tomadas, fundamentadas nos princípios de *design* e na visão educacional apresentados, realmente oferecem uma base sólida para a construção de um sistema que seja eficaz em potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento em astronomia e astronáutica. Para tal, será empregada uma metodologia específica que permita uma análise aprofundada das capacidades e limites do modelo proposto.

5.2 Metodologia de Avaliação

Para garantir uma análise sistemática e abrangente da arquitetura conceitual da plataforma “Cosmonauta”, foi selecionada uma metodologia de avaliação que permite validar a adequação do *design* proposto aos requisitos funcionais e aos atributos de qualidade. A escolha da metodologia é crucial para assegurar que a avaliação seja rigorosa e que seus resultados possam informar futuras etapas de desenvolvimento.

5.2.1 O Método de Avaliação de Arquitetura ATAM e sua Adaptação

O *Architecture Tradeoff Analysis Method* (ATAM) é uma abordagem sistemática e orientada por cenários, amplamente reconhecida para a avaliação da arquitetura de *software* de um sistema (Hammer; Ionita, 2002). Seu propósito central é analisar como os estilos arquiteturais contribuem para a realização dos atributos de qualidade e, crucialmente, para os objetivos de negócio de uma organização. O ATAM é projetado para expor riscos arquiteturais que podem inibir a realização desses objetivos e para ajudar a equilibrar os *trade-offs* (perde-e-ganha) entre diferentes requisitos de qualidade.

O método ATAM baseia-se na análise de cenários que descrevem as principais interações entre as partes interessadas e o sistema para avaliação de atributos de qualidade como modificabilidade, portabilidade, extensibilidade e integralidade. Conforme Kazman, Klein e Clements (2000), ele utiliza três tipos de cenários: cenários de casos de uso que envolvem usos típicos do sistema , cenários de crescimento que abrangem as alterações previstas para o sistema e cenários exploratórios que cobrem alterações extremas de “estresse”. Estes cenários são empregados para mapear o sistema sob diferentes perspectivas, buscando identificar e mitigar riscos arquiteturais. Os resultados do ATAM incluem a identificação de pontos de sensibilidade e *trade-offs*. Os pontos de sensibilidade são as propriedades críticas para a obtenção de um resultado esperado de qualidade, enquanto os *trade-offs* são propriedades que afetam mais de um atributo, funcionando como um ponto de sensibilidade para cada um deles.

Para a avaliação da arquitetura conceitual do “Cosmonauta”, adaptou-se a esência do ATAM. Embora não se realize o processo completo com todas as suas nove etapas e a interação com todas as partes interessadas como em um projeto comercial real, os princípios fundamentais são aplicados:

- **Definição de Cenários:** Serão utilizados os três tipos de cenários propostos pelo ATAM: cenários de casos de uso, cenários de crescimento e cenários exploratórios, conforme será detalhado na Seção 5.3.
- **Análise do Fluxo na Arquitetura:** Para cada cenário, será traçado como a arquitetura conceitual e suas interações suportam o comportamento desejado.
- **Identificação de Atributos de Qualidade:** A análise buscará explicitar como as decisões arquitetônicas contribuem para os atributos de qualidade e para os objetivos pedagógicos da plataforma.
- **Avaliação de Riscos e Vantagens:** O processo identificará os pontos fortes da arquitetura em relação aos cenários e, implicitamente, potenciais áreas de atenção ou *trade-offs* que precisariam de maior detalhamento em fases futuras.

Esta adaptação do ATAM permite uma avaliação sistemática e conceitual da arquitetura proposta, verificando sua aderência aos requisitos e objetivos do “Cosmonauta” de forma estruturada e cientificamente embasada.

5.3 Cenários de Avaliação e Análise dos Atributos de Qualidade

Esta seção apresenta os cenários selecionados para a avaliação da arquitetura conceitual da plataforma “Cosmonauta”. Os cenários são divididos em categorias que abordam tanto as funcionalidades primárias do sistema quanto os seus atributos de qualidade cruciais, permitindo uma análise abrangente da capacidade do *design* proposto em atender aos requisitos do projeto. Para cada cenário, será detalhado o fluxo de interação entre os módulos e as decisões arquitetônicas que suportam a sua execução.

5.3.1 Cenários de Casos de Uso

Os Cenários de Casos de Uso, conforme o método ATAM, envolvem os usos típicos do sistema. Eles são derivados diretamente das funcionalidades identificadas no subtópico 4.2, focando em como a arquitetura conceitual suporta as interações-chave dos usuários com o sistema.

1. Cenário de Uso 1: Cadastro, *Login* e Acesso ao Primeiro Conteúdo

- **Descrição:** Um novo usuário realiza o cadastro na plataforma, efetua o *login* e, em seguida, acessa o primeiro módulo de aprendizado para iniciar seus estudos.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A Interface do Usuário coordena o cadastro e *login* com o Módulo de Gestão de Contas e Socialização, responsável por persistir e autenticar o usuário. Após o *login* bem-sucedido, a UI solicita ao Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico o acesso ao módulo inicial e suas fases.

2. Cenário de Uso 2: Participação em Batalha e Registro de Resultado

- **Descrição:** Um aluno desafia um amigo para uma batalha, ambos participam da disputa respondendo a perguntas, e o resultado é registrado, impactando seus *ranks*.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A UI inicia o desafio via Módulo de Gestão de Contas e Socialização, que se comunica com o Módulo de Gerenciamento de Atividades Gamificadas para orquestrar a batalha. Este módulo solicita o conteúdo ao Módulo de Organização e processa as respostas. Os resultados da batalha são então enviados ao Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada para registro de desempenho e ao Módulo de Gestão de Contas para atualização de *ranks* e conquistas.

3. Cenário de Uso 3: Estudo com *Flashcards* e Registro do Desempenho

- **Descrição:** O aluno inicia uma sessão de estudo com *flashcards* para uma fase específica, interage com as questões, e o sistema registra seu desempenho, ajustando o cronograma de revisão futura.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A UI requisita os *flashcards* ao Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico. A interação do usuário com os *flashcards* é enviada ao Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada. Este módulo, especialista no algoritmo de repetição espaçada, atualiza o progresso individual do *flashcard*, determinando a próxima revisão.

4. Cenário de Uso 4: Realização de Desafio Diário e Bônus de Sequência

- **Descrição:** O usuário acessa a plataforma em um novo dia, completa o desafio diário disponível e o sistema aplica um bônus de estrelas se ele mantiver uma sequência de dias participando.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A UI consulta o Módulo de Gerenciamento de Atividades Gamificadas para o desafio diário. Após a conclusão, este módulo processa o resultado e verifica a sequência de participação do usuário. Com base nisso, calcula o bônus de estrelas e instrui o Módulo de Gestão de Contas e Socialização a atualizar o *ranking* e conceder conquistas. A integração fluida entre os módulos de gamificação e gestão de contas reforça o engajamento através de recompensas consistentes.

5. Cenário de Uso 5: Gerenciamento de Amizades e Exibição de *Ranking*

- **Descrição:** Um usuário envia um pedido de amizade para outro usuário, o pedido é aceito, e ambos consultam o *ranking* geral para ver a classificação atual dos jogadores.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A UI facilita as ações de amizade e *ranking*, que são gerenciadas centralmente pelo Módulo de Gestão de Contas e Socialização. Este módulo é responsável por todas as operações de amizades e por fornecer os dados de *ranking* para exibição. Essa centralização garante a consistência e a integridade dos dados sociais e de classificação.

6. Cenário de Uso 6: Acesso e Gestão da Revisão de *Flashcards*

- **Descrição:** O aluno acessa a funcionalidade para revisar *flashcards* recomendados pelo sistema, interage com eles e o sistema atualiza seu histórico de aprendizado de acordo.

- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A UI solicita ao Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada os *flashcards* prioritários para revisão. Este módulo aplica a lógica de repetição espaçada para selecionar os *Flashcards* mais relevantes e os requisita ao Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico. Após a interação do usuário, o Módulo de Acompanhamento atualiza o progresso individual. Essa segmentação clara de responsabilidades garante a eficácia educacional da metodologia e a manutenibilidade do sistema de revisão.

5.3.2 Cenários de Crescimento

Os Cenários de Crescimento, conforme o método ATAM, abrangem as alterações previstas para o sistema. Eles avaliam a flexibilidade, a extensibilidade e a escalabilidade da arquitetura conceitual diante do aumento de demandas ou da evolução do negócio

1. Cenário de Crescimento 1: Introdução de Novo Tipo de Atividade Gamificada

- **Descrição:** A plataforma prevê a introdução de um tipo de atividade gamificada completamente nova, como “Missões Colaborativas”, que envolveria vários alunos trabalhando juntos para um objetivo comum.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** A inclusão de um novo tipo de desafio seria primariamente gerenciada pelo Módulo de Gerenciamento de Atividades Gamificadas, que seria estendido para incluir a lógica específica. As definições de conteúdo para essas missões seriam adicionadas ao Módulo de Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico, enquanto o progresso dos jogadores seria rastreado pelo Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada, e os resultados impactariam o perfil do usuário via Módulo de Gestão de Contas e Socialização. A arquitetura demonstra sua flexibilidade e extensibilidade ao permitir que novas funcionalidades sejam adicionadas com impacto mínimo nos módulos existentes.

2. Cenário de Crescimento 2: Integração com Nova Plataforma de Autenticação

- **Descrição:** Por demanda dos usuários, a plataforma precisa integrar um novo método de autenticação, como um serviço de *login* com uma rede social diferente.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** Esta alteração seria isolada principalmente no Módulo de Gestão de Contas e Socialização. As entidades de

usuário e o processo de *login* seriam estendidos para incluir o novo provedor de autenticação. Os demais módulos, como o de Conteúdo ou Gamificação, não precisariam de alterações, pois dependem apenas da validação do usuário pelo Módulo de Gestão de Contas. Essa centralização das responsabilidades de autenticação exemplifica a manutenibilidade do *design* e sua portabilidade em termos de integração com diferentes provedores.

5.3.3 Cenários Exploratórios

Os Cenários Exploratórios, conforme o método ATAM, abrangem as alterações extremas de “estresse” que se espera do sistema, buscando identificar pontos de sensibilidade e potenciais riscos que não seriam evidentes em cenários de uso ou crescimento típicos. Eles forçam a análise da arquitetura em situações-limite.

1. Cenário Exploratório 1: Mudança Drástica na Metodologia de Repetição Espaçada

- **Descrição:** Uma nova pesquisa educacional sugere um algoritmo de repetição espaçada fundamentalmente diferente, exigindo uma alteração completa na lógica de cálculo e priorização dos *flashcards*.
- **Análise e Implicações Arquitetônicas:** Esta alteração impactaria diretamente o Módulo de Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada, especificamente a lógica que processa o progresso do usuário. A UI também precisaria se adaptar se a nova metodologia implicar em novas formas de interação ou *feedback* visual. Os outros módulos seriam minimamente afetados, pois dependem apenas do resultado do Módulo de Acompanhamento. O encapsulamento da lógica da repetição espaçada dentro de seu módulo é uma força maior aqui, pois minimiza o *ripple effect* de uma mudança tão drástica, demonstrando a flexibilidade e a extensibilidade da arquitetura.

5.4 Conclusão da Avaliação

A avaliação da arquitetura conceitual da plataforma “Cosmonauta”, realizada por meio da análise baseada em cenários de casos de uso, cenários de crescimento e cenários exploratórios, permitiu validar a robustez e a adequação do design proposto. Os cenários analisados demonstraram que a estrutura modular e a clara separação de responsabilidades entre os Módulos de Gestão de Contas e Socialização, Organização e Entrega de Conteúdo Pedagógico, Gerenciamento de Atividades Gamificadas e

Acompanhamento de Aprendizagem e Repetição Espaçada são capazes de suportar integralmente as funcionalidades essenciais do sistema.

Embora esta avaliação seja de natureza conceitual e não contemple aspectos de implementação, ela fornece um forte indicativo da viabilidade do “Cosmonauta”. Os pontos de otimização identificados durante a análise servirão como direcionadores para etapas subsequentes de *design* e desenvolvimento, garantindo que o projeto avance sobre uma base arquitetônica sólida e bem fundamentada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho dedicou-se à proposição e avaliação de uma arquitetura conceitual para o sistema educacional gamificado “Cosmonauta”, com o objetivo de potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento em astronomia e astronáutica. Ao longo dos capítulos anteriores, foram explorados os desafios inerentes ao ensino dessas disciplinas, delineados os princípios de *design* que guiam a solução, e detalhada a estrutura arquitetônica que suporta as funcionalidades propostas. Este capítulo final retoma a essência da pesquisa, consolidando as principais contribuições alcançadas e apontando as limitações do estudo, bem como as perspectivas para trabalhos futuros que possam dar continuidade e expandir os achados aqui apresentados.

6.1 Contribuições do Trabalho

Apesar de sua natureza conceitual, o modelo proposto para o “Cosmonauta” oferece uma contribuição significativa para o campo da educação gamificada e para o ensino de astronomia e astronáutica. Ao integrar de forma coesa uma estrutura de conteúdo sequencial, uma metodologia de estudo baseada em repetição espaçada e uma rica variedade de elementos gamificados, o trabalho apresenta um caminho claro e inovador para potencializar o engajamento, a motivação e a retenção do conhecimento em disciplinas complexas.

A arquitetura conceitual serve como um plano detalhado, fornecendo uma base sólida para futuros desenvolvimentos de plataformas educacionais. Ela demonstra como a sinergia entre módulos de gestão de contas, conteúdo pedagógico, atividades gamificadas e acompanhamento de aprendizagem pode ser projetada para criar uma experiência imersiva e eficaz. A análise baseada em cenários de casos de uso, cenários de crescimento e cenários exploratórios validou o potencial da arquitetura em termos de escalabilidade, flexibilidade e manutenibilidade, confirmando sua capacidade de suportar uma ampla gama de funcionalidades e um crescimento futuro. Assim, esta pesquisa não só propõe uma solução inovadora para um problema educacional premente, mas também oferece um modelo conceitual que pode inspirar e guiar o *design* de sistemas educacionais gamificados em outros domínios do conhecimento.

6.2 Limitações do Estudo e Trabalhos Futuros

É fundamental ressaltar que o modelo aqui apresentado constitui uma arquitetura conceitual. Uma das principais limitações deste estudo reside justamente na sua natureza teórica, pois não houve a implementação prática da plataforma “Cosmonauta”. Isso significa que aspectos de implementação técnica, como linguagens de programação específicas, escolhas de bancos de dados, infraestrutura de servidores, ou estratégias de *deployment*, não foram detalhados. Da mesma forma, o modelo não contemplou análises aprofundadas de desempenho em tempo real, segurança de sistemas ou testes de usabilidade com usuários finais, que seriam cruciais para validar a eficácia da aplicação em um ambiente real.

A partir dessas limitações, surgem diversas e promissoras direções para trabalhos futuros:

- **Desenvolvimento de um Protótipo Funcional:** A próxima etapa lógica seria a implementação de um protótipo ou de um Mínimo Produto Viável (MVP) da plataforma “Cosmonauta”, utilizando a arquitetura conceitual como guia.
- **Testes de Usabilidade e Experiência do Usuário (UX):** Realizar testes com usuários reais para coletar *feedback* sobre a interface e a experiência de uso, validando a eficácia dos elementos de gamificação e da metodologia de repetição espaçada na prática.
- **Análise de Desempenho e Escalabilidade em Ambientes Reais:** Com a implementação, seria possível realizar testes de carga e desempenho para garantir que a arquitetura suporta um grande número de usuários simultâneos de forma eficiente.
- **Estudo de Adaptabilidade para Outras Disciplinas:** Investigar a viabilidade de adaptar a arquitetura e os mecanismos de aprendizagem para o ensino de outras disciplinas escolares.

6.3 Conclusão Final

O trabalho de proposição da arquitetura conceitual para o “Cosmonauta” representa um passo significativo na busca por soluções inovadoras para o ensino de astronomia e astronáutica. Ao criar um modelo detalhado e avaliado que integra gamificação e repetição espaçada, demonstramos o potencial de transformar a aprendizagem em uma jornada envolvente e duradoura. Embora o caminho até uma implementação completa seja extenso, a base conceitual aqui estabelecida fornece uma direção clara e um ponto de partida sólido para futuros esforços de pesquisa e desenvolvimento, com

a promessa de impactar positivamente a forma como os alunos interagem e compreendem o universo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. O.; PATRÍCIO, M. de S.; SILVA, L. S. A. da. Vr flashcards: Aplicação da repetição espaçada de conteúdos utilizando algoritmo sm-2 em realidade virtual. Apoena Revista Eletrônica, 2023. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- BARTLE, R. *Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players who suit MUDs*. 1996. Disponível em: <<https://mud.co.uk/richard/hcds.htm>>. Acesso em: 10 Janeiro 2025. Citado na página 24.
- BARTLE, R. *Designing Virtual Worlds*. San Francisco: New Riders, 2003. 768 p. Citado na página 25.
- BEHLA, A. et al. Gamification and e-learning for young learners: A systematic literature review, bibliometric analysis, and future research agenda. Elsevier, 2021. Citado na página 15.
- Brasil. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase>>. Acesso em: 10 Outubro 2023. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- BURKE, B. *Gamify: How Gamification Motivates People to Do Extraordinary Things*. New York: Routledge, 2014. 194 p. Citado na página 22.
- BUSARELLO, R. I. *Gamificação: Princípios e Estratégias*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016. 128 p. Citado na página 23.
- CANALLE, J. B. G. et al. *23ª Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica*. 2020. Disponível em: <http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/RelatoriodaXXIIIOBA-2020.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- CHAVES, M. W. d. A. et al. Utilização da técnica de repetição espaçada na aprendizagem da anatomia humana. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 5, p. 13827–13847, Oct. 2020. Citado na página 27.
- COELHO, T. S. e Karol Silva e M. A. O uso da tecnologia da informação e comunicação na educação básica. *Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online*, v. 5, n. 1, 2016. ISSN 2317-0239. Citado na página 26.
- COSTA, S.; EUZÉBIO, G. J.; DAMASIO, F. A astronomia na formação inicial de professores de ciências. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, p. 59 – 80, 2016. Citado na página 17.
- CRUZ, J. de Araújo da; PEREIRA, R. W. S. A.; RODRIGUES, G. V. B. Astronáutica na escola. 9ª Jice – jornada de iniciação científica e extensão, 2018. Citado na página 16.

- DETERDING, S. Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model. In: *Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts, a workshop at CHI 2011*. New York, United States: Association for Computing Machinery, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- DOMÍNGUEZ, A. et al. Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, v. 63, p. 380–392, 2013. Citado na página 22.
- FARDO, M. L. Gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, 2013. Citado na página 23.
- FONCUBIERTA, J. M.; RODRÍGUEZ, C. Didáctica de la gamificación en la clase de español. Editorial Edinumen, 2014. Citado na página 23.
- GOMES, C. A. *Sequência didática: O ensino de astronomia no ensino fundamental anos finais com foco na olímpiadas brasileira de astronomia e astronáutica - OBA*. 67 p. Dissertação (Mestrado em Educação - Física) — Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 19, 20, 21 e 22.
- HAMMER, D. K.; IONITA, M. T. Scenario-based software architecture evaluation methods : an overview. In: . [s.n.], 2002. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7874705>>. Citado na página 51.
- KALOGIANNAKIS et al. Gamification in science education. a systematic review of the literature. *Education Sciences*, v. 11, n. 1, 2021. Citado na página 22.
- KANG, S. H. K. Spaced repetition promotes efficient and effective learning: Policy implications for instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, v. 3, n. 1, p. 12–19, 2016. Citado na página 26.
- KARL, K. *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012. 81 - 83 p. Citado na página 22.
- KAZMAN, R.; KLEIN, M.; CLEMENTS, P. Atam: Method for architecture evaluation method for architecture evaluation table of contents. In: . [s.n.], 2000. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:267931350>>. Citado na página 52.
- KLOCK, A. C. T. et al. Análise das técnicas de gamificação em ambientes virtuais de aprendizagem. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 12, n. 2, dez. 2014. Citado na página 24.
- LANGHI, R. *Astronomia nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: Repensando a Formação de Professores*. 392 p. Dissertação (Doutorado em Educação - Ciência) — Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 40.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2014. Citado na página 17.
- MENEZES, L. S. L.; ALBRECHT, E. A olimpíada brasileira de astronomia e astronáutica e sua influência no ensino de astronomia dos anos iniciais do ensino fundamental. Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, Londrina, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 20, 21 e 22.

- NEVES, M. C. D. *Astronomia e Cosmologia: Fatos, conjecturas e refutações*. Maringá: Eduem, 2011. Citado na página 15.
- NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. *Astronomia: ensinos fundamental e médio*. Brasil: Ministério da Educação (MEC); Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT); Agência Espacial Brasileira (AEB), 2010. 236 p. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 19 e 22.
- OLESEA, C. The concept of personal learning pathway for intelligent tutoring system geome. *Computer Science Journal of Moldova*, v. 27, n. 3, p. 355–367, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- PEDREIRA, O. et al. Gamification in software engineering – a systematic mapping. *Information and Software Technology*, v. 57, p. 157–168, 2015. Citado na página 22.
- PERGHER, G. K.; STEIN, L. M. Compreendendo o esquecimento: teorias clássicas e seus fundamentos experimentais. *Psicologia USP*, Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, v. 14, n. 1, p. 129–155, 2003. ISSN 0103-6564. Citado na página 25.
- QUEIROZ, V. *A Astronomia Presente nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental das Escolas Municipais de Londrina*. 147 p. Dissertação (Mestrado em Educação - Ensino Ciências e Educação Matemática) — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 40.
- ROMERO-RODRÍGUEZ, L.-M.; ÁNGEL, T.-T.; IGNACIO, A. Ludificación y educación para la ciudadanía. revisión de las experiencias significativas. *Educar*, v. 53, n. 1, p. 109–128, dic. 2016. Citado na página 23.
- SANTANA, E. B.; VALENTE, J. A. da S.; FREITAS, N. M. da S. O ensino de astronomia em uma abordagem cts: desafios na/para formação de professores. *Indagatio Didactica*, Universidade de Aveiro, v. 11, n. 2, 2019. Citado na página 15.
- SANTOS, J.; BARROS, D. S. A. Técnicas de estudos e gestão do tempo no auxílio à aprendizagem de fundamentos de algoritmo e lógica aplicada à computação. In: FATEC-SJC SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP. *V CIMATech - Tecnologia para a Redução das Desigualdades*. [S.I.], 2018. v. 1, n. 5, p. 1–12. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- SANTOS, T. et al. Ifcards: repetição espaçada de conteúdos acadêmicos com quiz mini jogos. In: *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. p. 575–584. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/9020>>. Citado na página 27.
- SOARES, D. *Astronomia: O que é e para que serve?* 2016. Disponível em: <<https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/astrn/astrn.htm>>. Acesso em: 27 Setembro 2023. Citado na página 19.
- Sociedade Astronômica Brasileira. *Regulamento da 26ª Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica*. 2023. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/index.php>>. Acesso em: 10 Outubro 2023. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

TEIXEIRA, T. F. M. *Gamificação, uma Estratégia para Promover o Ensino e Aprendizagem de Gravitação no Ensino Médio*. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 40.

TYSON, N. deGrasse. *Astrofísica para apressados*. São Paulo: EDITORA PLANETA DO BRASIL, 2017. Citado na página 16.

WALTER, U. *Astronautics: The Physics of Space Flight*. 3. ed. [S.I.]: Springer Nature Switzerland AG, 2018. Citado na página 19.

WOZNIAK, P. *Application of a computer to improve the results obtained in working with the SuperMemo method*. 1990. Disponível em: <<https://www.supermemo.com/en/archives1990-2015/english/ol/sm2>>. Acesso em: 10 Janeiro 2023. Citado na página 28.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. [S.I.]: O'Reilly Media, 2011. 208 p. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.