

## VR Flashcards: Aplicação da repetição espaçada de conteúdos utilizando algoritmo SM-2 em realidade virtual

Mateus O. Almeida<sup>1</sup>, Matheus de S. Patrício<sup>1</sup>, Leonardo S. Almeida da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bacharelado em Ciências da Computação – Centro Universitário Jorge Amado(Unijorge)

Salvador – BA – Brazil

<sup>2</sup>Professor em Ciências da Computação – Centro Universitário Jorge Amado (Unijorge)  
Salvador, BA – Brazil

mateusalmeida0070@gmail.com, matheuspatricio31@gmail.com, leoalm@gmail.com

**Abstract.** *The forgetting curve, of the human brain, defines that information retained in the memory is discarded over time if not reviewed frequently. With the emergence of new technological resources, a wide range of learning processes have been developed, and among them, the immersive and innovative nature of Virtual Reality applied along with the learning of contents in a simulated way, has made it possible to obtain positive results in the educational field, such as the decrease of the forgetting curve. This work aims to develop an application of spaced repetition with SM-2 algorithm for Virtual Reality, enabling students to review academic subjects in a virtual environment. This application intends to facilitate the fixation of the contents taught during the period of their academic and professional training. The application was evaluated using the system usability scale method (SUS), with 10 statements on a Likert scale by 10 users. The results found a high level of approval for 55% of the participants, having an overall average by participants of 68.3 points in their evaluation.*

**Resumo.** *A curva de esquecimento, do cérebro humano, define que as informações retidas na memória são descartadas ao longo do tempo caso não sejam revisadas frequentemente. Com o surgimento de novos recursos tecnológicos, uma ampla gama de processos de aprendizagem foram desenvolvidas, e dentre elas, a natureza imersiva e inovadora da Realidade Virtual aplicada juntamente com o aprendizado de conteúdos de forma simulada, possibilitou a obtenção resultados positivos no âmbito educacional, como a diminuição da curva de esquecimento. Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma aplicação de repetição espaçada com algoritmo SM-2 para Realidade Virtual, viabilizando que os estudantes possam revisar os assuntos acadêmicos em um ambiente virtual. Esta aplicação, pretende facilitar a fixação dos conteúdos ministrados durante o período de sua formação acadêmica e profissional. A aplicação foi avaliada utilizando o método de escala de usabilidade do sistema (SUS), com 10 afirmações na escala de Likert por 10 usuários. Os resultados constataram um alto nível de aprovação para 55% dos participantes, possuindo uma média geral por participantes de 68,3 pontos em sua avaliação.*

**Palavras-chave:** curva de esquecimento. repetição espaçada. realidade virtual.

## 1. Introdução

A utilização de recursos tecnológicos facilita para que uma ampla gama de métodos de ensino e aprendizagem sejam implementados. Tendo em vista a liberdade e autonomia que as tecnologias como ferramenta educacional fornecem para educadores e alunos, o gerenciamento de suas atividades têm se tornado cada vez mais dinâmicos, favorecendo a construção do conhecimento [Uliano 2016].

Segundo a pesquisa da Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior, 45 dias após o decreto de isolamento-social, visto o cenário pandêmico da Covid-19 no país, 78% por cento das instituições de ensino superior migraram suas atividades para virtuais, passando agora a atuarem de maneira síncrona sendo estas as aulas ao vivo, ou assíncrona através de gravações [ABMES 2020].

Utilizando do método nomeado Projeto Pedagógicos dos Cursos, as formações ministradas pelas instituições devem seguir um planejamento estruturado em segmentações dos conteúdos que serão lecionados em diferentes partes. Graduações de nível superior somam 2.400 até 7.200 horas, já as de nível técnico encontram-se 800 a 1.200 horas. Totalizando, as disciplinas condensam uma abundância de informações necessárias a formação em curto período de estudo [MEC 2007].

Para [Granjeiro 2017], manter esse grande volume de conteúdo concretizam-se necessárias revisões constantes. A ferramenta chave para memorização das informações já passadas em sala de aula é o Sistema Repetição Espaçada, desenvolvido por

[Wozniak 1990], pois reforça as relações sinápticas construídas através da opinião fornecida pelo próprio usuário. O sistema baseia-se nos estudos de Herman Ebbinghaus, que pesquisou o processo natural e gradual de esquecimento do cérebro humano.

A RV(Realidade Virtual) é geralmente entendida como uma tecnologia que cria imersão virtual em um ambiente digital, graças a uma simulação de computação gráfica que permite aos usuários mergulhar em um mundo 3D interativo, onde diferentes categorias de sentidos e experiências emocionais são possíveis [Kirner 2006].

Conforme constatada na meta-análise realizada por [Villena-Taranilla et al. 2022], sua presença e natureza imersiva possibilitam novos horizontes de aprendizagem. Os resultados de sua pesquisa detalhada em artigos e estudos sobre o tema demonstraram que a realidade virtual tem uma leve vantagem quando utilizada no processo de aprendizado, se comparada as condições habituais de ensino.

Diante dos problemas decorrentes do esquecimento enfrentados por alunos, devido ao grande contingente de conteúdos demandados para sua formação, este artigo visa desenvolver o VR Flashcards, uma aplicação para repetição espaçada de conteúdos utilizando o algoritmo SM-2 com *flashcards* em realidade virtual. O trabalho, beneficiar-se das vantagens na implementação RV no ambiente educacional, para facilitando a revisão dos materiais de estudo e reduzindo o impacto do esquecimento natural.

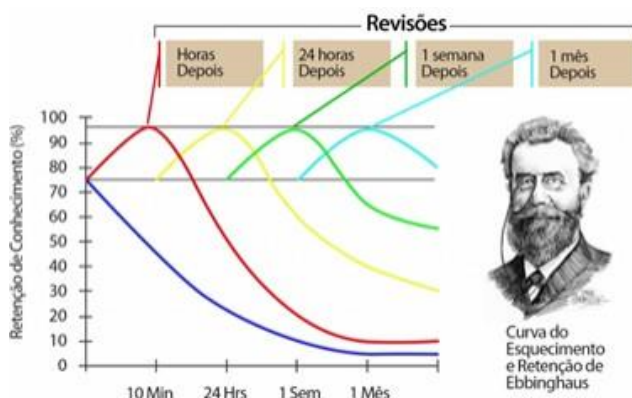
## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Curva de Esquecimento e Sistema de Repetição Espaçada

De acordo [Costa 2008], o psicólogo alemão Hermann Ebbinghaus era um dos fundadores das pesquisas sobre a memória e retenção de conhecimento, constatando durante

sua pesquisa a relação entre volume de informações e a quantidade de interações com o conteúdo. Desta forma, demonstrou que a memória registra com diferentes capacidades e duração as informações retidas.

Para [Ebbinghaus 1964], a curva de esquecimento define-se como o procedimento de degradação gradual e retilínea da memória. Sendo o ápice da retenção do conhecimento na memória aquele exato em que é estudado, o psicólogo propôs por gráficos, que após um dia 50% do conteúdo seria esquecido, e em dois dias 70% de informação se encontraria perdida, concluindo existir um valor de taxa padrão para a perda de memória contínua. A Figura 1, demonstra a associação entre a retenção da informação e tempo no processo de esquecimento.



**Figura 1. Curva do Esquecimento e Retenção de Ebbinghaus.**

**Fonte:**(Granjeiro, 2017)

Segundo [Phama et al. 2016], foi Sebastian Leitner o primeiro a propor um método de repetição espaçada onde a revisão é efetuada baseando-se na avaliação do usuário. O sistema Leitner separa o conteúdo a ser memorizado em diferentes segmentos de *flashcards*, cartões que armazenam as informações tanto em sua parte frontal, quanto em seu verso. Sendo assim, quanto mais fácil o cartão, maior será a distância de tempo de revisão.

## 2.2. SuperMemo 2.0

Conforme descreve [Wozniak 1990], baseando-se nos caminhos de pesquisa, e desenvolvimento desbravados por Leitner e outros pesquisadores, 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).

De acordo com a Figura 2, a função foi desenvolvida para designar o intervalo de tempo(I) entre as repetições(n) em dias, o algoritmo calcula com base no intervalo e dificuldade previamente armazenada. Associando para cada um dos itens, um fator de facilidade nomeado de *Easy-Factor*(EF) que determinará o espaçamento temporal entre as revisões [Wozniak 1990].

O algoritmo SM-2, por padrão irá colocar o intervalo de tempo das duas primeiras revisões como 1 e 6 dias, reavaliando seu valor após cada interação do usuário ao depositar sua avaliação. Este *feedback* é disponibilizado para o usuário através de cinco opções, de



```

I(1) ← 1
I(2) ← 6
if n ≥ 2
Then
I(n) ← I(n - 1) * EF
end
for n ≥ 2 : I(n) == I(n - 1) * EF

```

**Figura 2. Algoritmo do SuperMemo 2.0.**

**Fonte:** (Wozniak, 1990)

0 a 5, que representarão numa escala o grau de recordação. Sua atuação no cálculo da função EF, ilustrada na Figura 3, será determinada pela variável(q) [Wozniak 1990].

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

**Figura 3. Algoritmo do SuperMemo 2.0.**

**Fonte:** (Wozniak, 1990)

Se o grau de recordação do item (q) for menor que 3, as repetições se iniciarão para que o conteúdo seja memorizado. Caso este valor seja maior, ou igual a 3, um novo cálculo é feito com o Fator de Facilidade. Sendo o número de repetições (n) maior que dois, e o grau de qualidade (q) superior a 3, o intervalo em dias será definido pela multiplicação de (EF) com a quantidade de repetições. [Wozniak 1990].

### 2.3. Realidade Virtual

Para [Adams 1994], pode-se dizer que a RV é uma interface em que os usuários podem utilizar canais multissensoriais para imergir, navegar e interagir num ambiente sintético 3D computacional. Propõe-se que a realidade virtual é uma simulação espaço-temporal, ou seja, animação de pontos de vista renderizados em tempo real em um contexto interativo.

Os usuários entram no espaço virtual do aplicativo e utilizam seus sentidos, especialmente o movimento 3D natural do corpo, para visualizar, manipular e explorar os dados do aplicativo. Os usuários utilizam dispositivos desenvolvidos para visualização e controle como capacetes, luvas, etc. Estas ferramentas fomentam a imersão no ambiente tridimensional realístico, permitindo que ele use a mão para explorar o movimento natural dos objetos [Kirner 1996].

A ampla gama de cenários para aplicações práticas e teóricas da realidade virtual pode ser demonstrada nas mais diversas profissões, fornecendo ambientes, eventos e recursos visuais que antes não faziam parte do dia-dia. Utilizado por médicos para treinamentos de procedimentos cirúrgicos [S.Yoganathan et al. 2016], ou para o auxílio de professores das séries iniciais no ensino de biologia [dos S. Otto 2020].

## 2.4. Desenvolvimento em Ambiente de Realidade Virtual

De acordo com [Stuart 1997], as composições de objetos e componentes inseridos num determinado espaço e cenário com tamanho limitado, gerado por computador e capazes de interações podem ser definidas como um ambiente de realidade virtual interativo.

Existem dois pilares centrais para o desenvolvimento de uma aplicação de realidade virtual. A sua interface gráfica deverá ser habituada para o novo ambiente, de acordo com o cenário tridimensional digitalizado complementando o requisito de imersão. Seguindo no mesmo raciocínio, uma taxa adequada de quadros/segundo deve ser estabelecida, mantendo um limite de desempenho para que o usuário não encontre insatisfação [Stuart 1997].

Tendo em vista o alto valor de custo para produção de simulações de ambientes realísticos, surgiram as *Game Engines* que em 1999, tornou possível que uma mesma fosse utilizada desenvolvimento de inúmeros jogos [Lewis and Jacobson 2002]. Pode-se afirmar, que as Engines são ambientes de desenvolvimento integrado, fornecendo ferramentas para ajustes ao nível de código e design visual, além dos variados componentes de software reutilizáveis [Andrade 2015].

O Unity é uma *Game Engine* lançada em 2005, possuindo uma IDE e interface gráfica, o *framework* permite a utilização de ferramentas gráficas e mecânicas definidas em cada objeto a ser trabalhado. A lógica pode ser programada nos componentes de script, sendo a linguagem mais recomendada o C#. Dentre os *middlewares* rodando em *background* no Unity, podemos encontrar o *PhysX* uma *engine* de física, *DirectX* para renderização e *Mono* para script, etc [Andrade 2015].

Esta *game engine* é completa para o desenvolvimento de jogos e ambientes 3D, nela é possível realizar a exportação para as mais diversas plataformas vigentes no mercado (*Windows, Linux, MacOS, Android, Xbox, Playstation* entre outros). O Unity, portando uma extensa documentação de fácil assimilação, é também o detentor de uma gigantesca comunidade ativa na parte de prototipação e geração de conteúdos e manuais [Andrade 2015].

Quando utilizada em pesquisas científicas nas áreas de simulação e RV, as funcionalidades fornecidas pelo Unity se torna recorrente [Lewis and Jacobson 2002]. Um exemplo é a utilização da ferramenta no desenvolvimento de uma aplicação em realidade virtual para ajudar no processo de reabilitação motora de pacientes, capturando por sensores seus movimentos [Ribeiro et al. 2021].

## 2.5. System Usability Scale (SUS)

Desenvolvida por John Brooke em 1986, a escala SUS é um questionário contendo 10 questões, com 5 respostas possíveis. A resposta para cada item do questionário é representada pela escala Likert que variando de Discordo totalmente a Concordo totalmente [Brooke 1996].

O resultado da SUS é a soma de cada um dos dados fornecidos pelos participantes. Nos itens de numeração ímpar, sofrerá a subtração do valor 1 à resposta do usuário, já nas questões pares o cálculo para determinar a pontuação será 5 menos a escolha do usuário. Após coletar os dados de cada item, é feito um somatório desses valores multiplicando-o por 2,5. Encontrando assim, um resultado que se tornará o índice de satisfação do usuário. Este indicativo pode conter valores de 0 a 100 em sua formação. [Brooke 1996].

### 3. Projeto

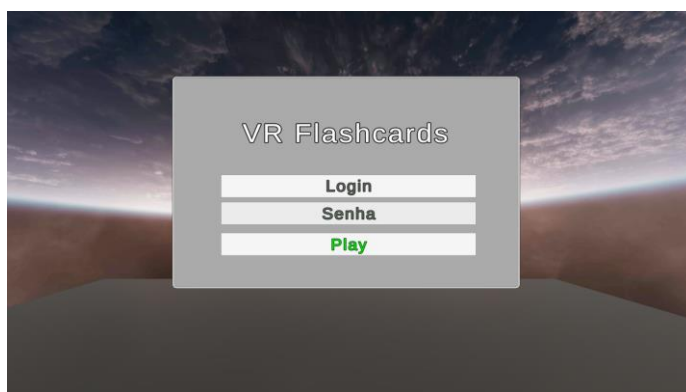
O VR Flashcards é uma aplicação de realidade virtual, que utiliza de seu ambiente imersivo juntamente a repetição espaçada com algoritmo SM-2, para revisar conteúdos escolares e acadêmicos. Este aplicativo, têm como objetivo facilitar a memorização dos materiais de estudo, apoiando-se nos benefícios de uma ambientação completamente virtualizada para aprimorar o processo de formação e profissionalização durante o período acadêmico.

Um portal web foi criado para facilitar o gerenciamento de materiais e recursos do usuário, tornando o processo de criar baralhos e seus *flashcards*, interativo e simplificado em qualquer dispositivo. Sendo assim, com a integração das duas plataformas, os conteúdos inseridos serão manuseados sem a necessidade de estar utilizando um óculos de Realidade Virtual.

#### 3.1. VR Flashcards

Desenvolvida na *game engine* do *Unity*, a aplicação utiliza das ferramentas disponibilizadas neste ambiente, como a biblioteca de código aberto *Steam VR* para a criação de projetos em Realidade Virtual. A linguagem optada para construir o *back-end* foi o *C#*, apoiando-se nas integrações das plataformas *Microsoft Visual Studio* com o *Baserow*, onde foram criadas as estruturas e funcionalidades, além da *API* que será consumida pela plataforma.

Após cadastrar-se no portal web do VR Flashcards, basta abrir a aplicação no dispositivo de RV e realizar o login para ter acesso a interface do ambiente imersivo de estudo e memorização Figura 4.



**Figura 4. Vr Flashcards: Tela de login**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)

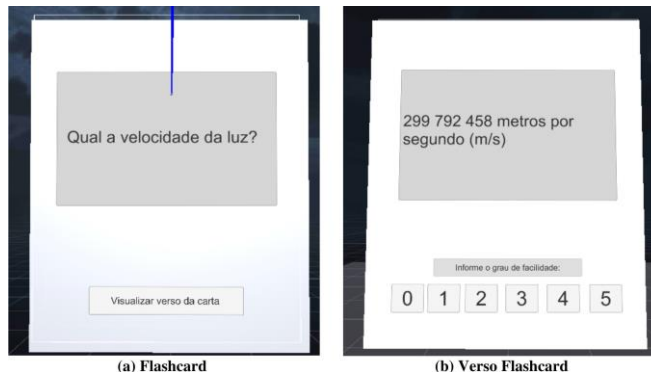
Ao selecionar um baralho de seu acervo, segundo ilustra a Figura 5, o usuário será levado a visualização dos conteúdos que o algoritmo SM-2 calculou necessária as revisões. Os *flashcards*, irá disponibilizar os conteúdos armazenado, sejam eles texto ou vídeos, em sua interface para que sejam revisados.

Logo após auto-avaliar seu desempenho na memorização dos materiais apresentados, conforme ilustrado na Figura 6, ele deverá responder objetivamente numa escala de 0 a 5, o quão fácil foi lembrar do objeto de estudo em questão. A partir da seleção feita, a aplicação irá definir qual será a próxima data que esta carta voltará a aparecer para o usuário.



**Figura 5. Vr Flashcards: Seleção de baralhos**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)



**Figura 6. Vr Flashcards: Ambiente virtual para revisão dos flashcards**

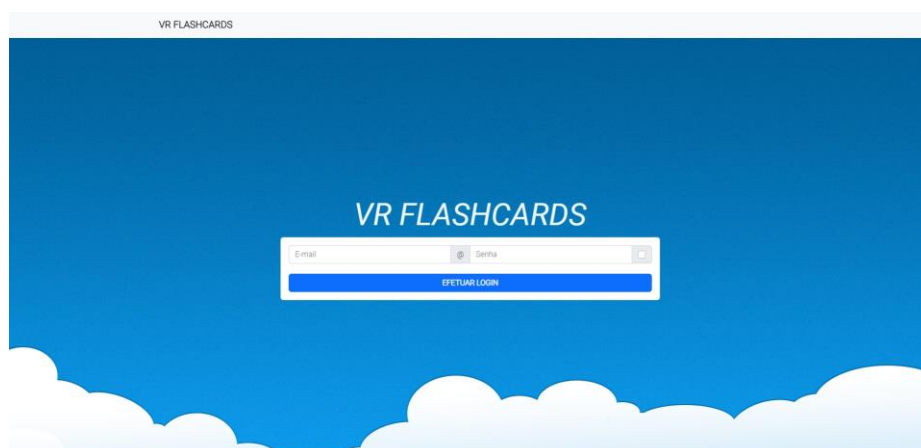
**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)

Depois de realizar as revisões solicitadas pela aplicação, o usuário retornará ao seu acervo acessando os baralhos que contêm cartas ativas para estudo. Caso não hajam mais conteúdos a serem revisados no momento de acesso, ficará indicado na seleção de baralhos a data mais próxima para re-acessar as *flashcards*.

### 3.2. Plataforma Web

Desenvolvida para tornar versátil e amigável a tarefa gerenciar os materiais de revisão, a plataforma web do VR Flashcards, foi elaborada nas linguagens *HTML*, *Javascript* e *CSS*, utilizando também da ferramenta para base de dados online *Baserow*. Conforme ilustrada na Figura 7, ao entrar o portal faz-se necessário um cadastro de usuário para obter acesso as suas funcionalidades.





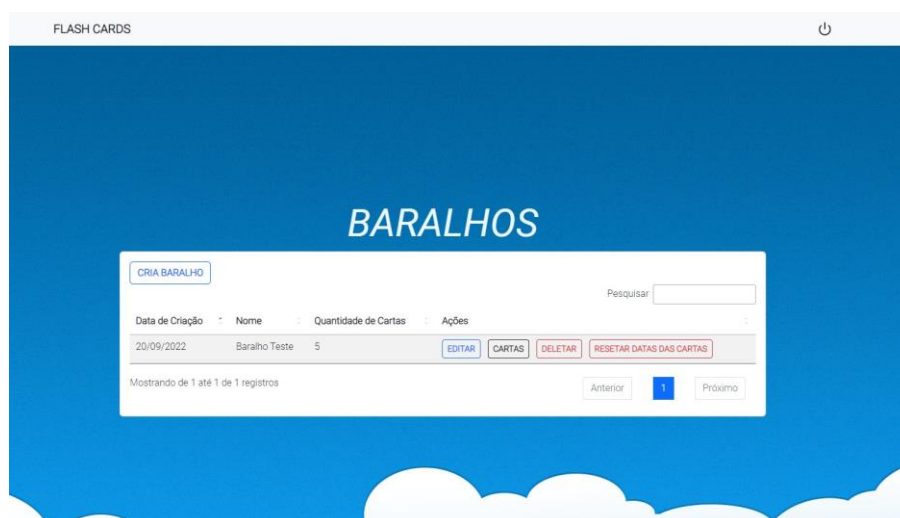
**Figura 7. Vr Flashcards: Plataforma web**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)

Ao efetuar o login na aplicação web, ficará disponível ao usuário uma tela de cadastro e gerenciamento de seus conteúdos através de baralhos. Estes por sua vez, conterão dentro de si as *flashcards*, cartões que de maneira simples e intuitiva armazenam anotações, perguntas e vídeos selecionados pelo usuário para estudo e memorização.

Após realizar os estudos para memorização dentro da aplicação de Realidade Virtual, os dados fornecidos serão direcionados automaticamente para o banco de dados compartilhado entre o site e o VR Flashcards, integrando em tempo real as interações feitas em ambas as partes do sistema.

O portal permite que através de qualquer dispositivo, o usuário possa estar cadastrando, editando e apagando qualquer conteúdo de suas cartas e baralhos. No site, é possível também estar visualizando as datas de previsão para as próximas revisões dos conteúdos nas *flashcards*, Figura 8.



**Figura 8. Vr Flashcards: Gerenciar Baralhos**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)



## 4. Processos e Metodologias

Foi feita uma pesquisa quantitativa para avaliar a usabilidade do VR Flashcards. Utilizando da escala *System Usability Scale* (SUS), foi possível medir de maneira geral experiência do usuário durante a utilização do sistema.

Estudantes formandos de diversos cursos superiores, compuseram o grupo de indivíduos da pesquisa. Os testes foram realizados durante eventos acadêmicos e após os períodos das aulas, acontecendo de 10 a 20 de novembro de 2022. A primeira versão da aplicação foi disponibilizada para as diligências no óculos de realidade virtual *Oculus Quest 2*, onde foram apresentados os conteúdos de física, português, inglês dentre outros.

Utilizando da plataforma para criação de formulários *Google Forms*, foram aplicadas uma série de 10 afirmações na escala de *Likert* que variam de *Discordo totalmente* a *Concordo totalmente*. Para avaliação dos testes, um link para acesso ao questionário online foi disponibilizado. Na Tabela 1 encontram-se as perguntas do formulário.

**Tabela 1. Questionário de avaliação para o formulário do *System Usability Scale* (SUS).**

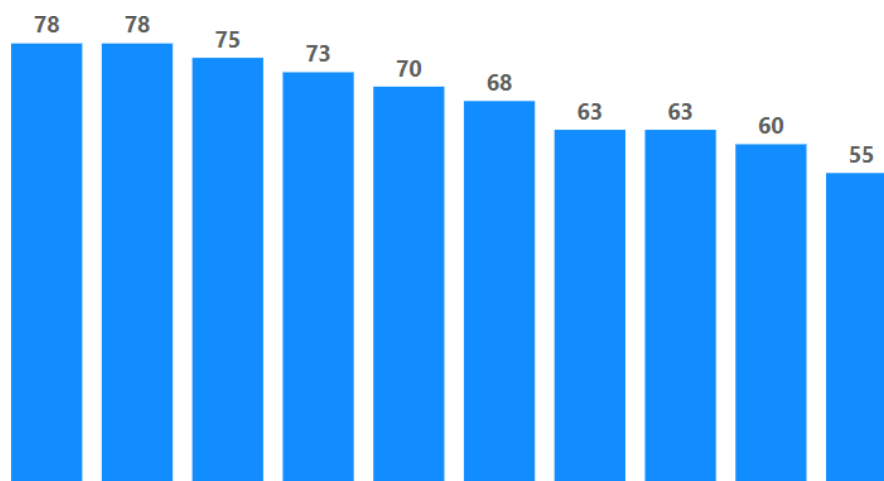
| Itens | Perguntas                                                                      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Acho de gostaria de usar este sistema com frequência                           |
| 2     | Achei o sistema desnecessariamente complexo.                                   |
| 3     | Achei o sistema fácil de usar.                                                 |
| 4     | Achei que seria necessário o apoio de um técnico para poder usar este sistema. |
| 5     | As funções deste sistema estavam bem integradas.                               |
| 6     | Achei este sistema muito inconsistente.                                        |
| 7     | Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar este sistema rapidamente. |
| 8     | Achei o sistema muito complicado de usar.                                      |

### 4.1. Resultados

Após analisar os dados coletados do questionário de avaliação de usabilidade SUS, disponíveis neste [link](#) do *Google Forms*, a aplicação obteve uma média geral de 68,3 pontos. Podendo classificar-se, conforme mostra a Figura 9 na percepção dos usuários, como um sistema regular e de fácil utilização.

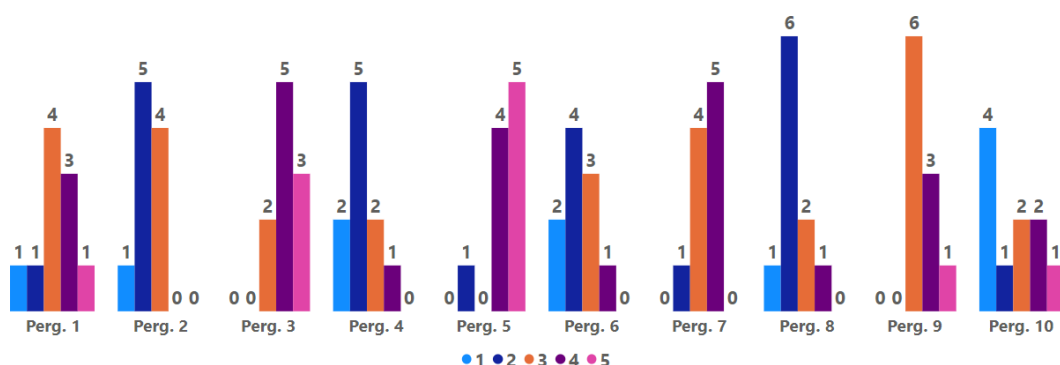
No método utilizado para contagem de pontuação do SUS, as perguntas ímpares do formulário configuram aspectos positivos, já os pares representam os negativos. Ou seja, caso quantidade de respostas alocadas a certo grupo de questões seja maior, o resultado final da avaliação pode ser alterado.

A Figura 10 ilustra uma síntese das respostas fornecidas ao questionário SUS. Percebe-se que o uso da aplicação de repetição espaçada em realidade virtual, nas perguntas 3, 5, 7 e 9 não houveram respostas cujo o indicador era igual a 1 (*Discordo totalmente*), por serem perguntas ímpares configurou-se um *feedback* positivo do usuário. Porém nestes itens, ainda está evidente que existem pontos a serem melhorados.



**Figura 9. Média SUS por usuário, com média de 68,3 pontos, indicando um estado regular de usabilidade**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)



**Figura 10. Resumo das respostas do questionário SUS**

**Fonte:** (Elaborado pelos autores, 2022)

Podemos observar na Figura 10, também, que nas perguntas 2, 4, 6 e 8 não constaram respostas com índice 5 (*Concordo totalmente*), sendo elas referentes a aspectos negativos do sistema, conclui-se um ótimo resultado. Por fim, a pesquisa possui uma incidência de respostas de indicadas pelo número 3 (*Neutro*), que demonstram uma certa naturalidade na utilização da tecnologia de ambientação completamente virtualizada para os estudos.

Segundo os resultados do teste de usabilidade Figura 9, pode-se visualizar que o VR Flashcards foi qualificado como sendo bom, para 55% dos usuários avaliados. Obtendo uma média geral na avaliação de 68,3 pontos, classificando seu estado de usabilidade como regular.

## 5. Conclusão

Este trabalho desenvolveu uma aplicação de repetição espaçada com algoritmo SM-2 para Realidade Virtual, viabilizando que os estudantes possam revisar os assuntos acadêmicos em um ambiente virtual. A aplicação foi avaliada utilizando o método de escala de usa-

bilidade do sistema (SUS), com 10 afirmações na escala de *Likert* em 10 usuários. Os resultados constataram um alto nível de aprovação, possuindo uma média geral por participantes de 68,3 pontos em sua avaliação.

Nas limitações, os usuários que participaram dos testes realizados no VR Flashcards em sua maioria não tiveram contato com a tecnologia de realidade virtual, aprendendo utilizar o sistema durante o período de avaliação. Outro ponto, encontra-se na pre-seleção dos conteúdos cadastrados nos *Flashcards* que foram aplicados durante os testes.

Para trabalhos futuros, pretende-se publicar a plataforma em lojas aplicativos de realidade virtual, e tornar o site igualmente disponível para os usuários. Desenvolver mais ambientes, e integrar outros modelos de revisão que se adéquem ao algoritmo SM-2. Por último, realizar testes na aplicação num espaçamento de tempo mais amplo, e durante períodos de avaliação para analisar os efeitos de sua utilização no processo de memorização e aprendizagem.



## Referências

- [ABMES 2020] ABMES (2020). Até o fim de abril, 78% das faculdades particulares migraram aulas para ambientes virtuais. url <https://abmes.org.br/noticias/detalhe/3770/ate-o-fim-de-abril-78-das-faculdades-particulares-migraram-aulas-para-ambientes-virtuais>.
- [Adams 1994] Adams, L. (1994). *Visualização e realidade virtual*. Ed. Makron Books.
- [Andrade 2015] Andrade, A. (2015). Game engines: a survey. *EAI Endorsed Transactions on Serious Games*, volume 2(6):1–6.
- [Brooke 1996] Brooke, J. (1996). *Measuring Usability With The System Usability Scale(SUS)*. Taylor and Francis Ltd., 1th edition.
- [Costa 2008] Costa, S. M. F. (2008). Application of a computer to improve the results obtained in working with the supermemo method. url <https://susanacosta.files.wordpress.com/2008/01/herman-ebbinghaus.pdf>.
- [dos S. Otto 2020] dos S. Otto, R. (2020). Realidade virtual e aumentada no ensino de biologia: um estudo de caso nas séries iniciais do ensino fundamental. pages 1–19.
- [Ebbinghaus 1964] Ebbinghaus, H. (1964). Memory: a contribution to experimental psychology. *New York, Dover Publications [1964]*.
- [Granjeiro 2017] Granjeiro, G. (2017). Desmontando a curva do esquecimento. url <https://blog.grancursosonline.com.br/desmontando-curva-do-esquecimento/>.
- [Kirner 1996] Kirner, C. (1996). Apostila do ciclo de palestras de realidade virtual. *Atividade do Projeto AVVIC – CNPq (Protem – CC – fase III) – DC/UFSCar*, pages 1–10.
- [Kirner 2006] Kirner, C. (2006). *A Data Visualization Virtual Environment Supported by Augmented Reality*. Proceedings of the XXIX IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics., 1th edition.
- [Lewis and Jacobson 2002] Lewis, M. and Jacobson, J. (2002). Game engines in scientific research. *Commun. ACM*, 45(1):27–31.

- [MEC 2007] MEC (2007). Resolução nº 2, de 18 de junho de 2007. dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial.
- [Phama et al. 2016] Phama, X.-L., Chen, G.-D., Nguyen, T.-H., and Hwang, W.-Y. (2016). Card-based design combined with spaced repetition: A new interface for displaying learning elements and improving active recall. *Computers & Education*, 98:142–156.
- [Ribeiro et al. 2021] Ribeiro, E., Trotta, T., Guimaraes, M., Brandao, A., Madeira, D., and Dias, D. (2021). Uso de sensores biomecânicos em aplicações de realidade virtual voltadas a reabilitação neuromotora. *Anais do WCF*, volume 8:47–52.
- [Stuart 1997] Stuart, R. (1997). The design of virtual environments. *New York: McGraw-Hill*, volume 5(4):30–31.
- [S.Yoganathan et al. 2016] S.Yoganathan, D.A.Finch, E.Parkin, and J.Pollard (2016). 360° virtual reality video for the acquisition of knot tying skills: A randomised controlled trial. *International Journal of Surgery*, Volume 54, Part A:24–27.
- [Uliano 2016] Uliano, K. C. M. L. (2016). Tecnologia digital de informação e comunicação (tdic) na educação: Aplicativos e o mundo tecnológico no contexto escolar.
- [Villena-Taranilla et al. 2022] Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., and González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in k-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35(100434):1–13.
- [Wozniak 1990] Wozniak, P. (1990). Application of a computer to improve the results obtained in working with the supermemo method. Master's thesis, University of Technology in Poznan.