

# Levantamento do Estado da Arte sobre o uso da Metodologia de Repetição Espaçada no Ensino de Computação

Afonso Serafim Jacinto<sup>1</sup>, Francisco Petrônio A. Medeiros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação - Instituto Federal da Paraíba (IFPB) - João Pessoa - PB - Brasil

{afonso.serafim,petronio}@ifpb.edu.br

**Abstract.** *This article presents the results of a systematic literature review (RSL) on the use of Spaced Repetition (RE) methodology in Computer Education. Primary studies from 2011 to 2021 were analyzed, resulting in 46 studies indexed from the search string, of which nine were analyzed to answer the research questions. This RSL confirms that the RE methodology, although widely studied and applied in the teaching of Foreign Languages and Medicine, is still a little-explored field concerning the teaching of Computer Science. This work contributes to identifying research gaps and possibilities for new pedagogical practices in computing teaching.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta os resultados de uma revisão sistemática da literatura (RSL) sobre o uso da metodologia de Repetição Espaçada (RE) na Educação em Computação. Foram analisados estudos primários dos anos de 2011 a 2021, resultando em 46 estudos indexados a partir da string de busca, dos quais nove foram analisados para responder às questões de pesquisa. Esta RSL confirma que a metodologia de RE, embora já seja muito estudada e aplicada no ensino de Línguas Estrangeiras e Medicina, ainda é um campo pouco explorado no que diz respeito ao ensino de Ciência da Computação. Este trabalho contribui com a identificação de lacunas de pesquisas e possibilidades de novas práticas pedagógicas no ensino de Computação.*

## 1. Introdução

Um dos grandes desafios enfrentados por estudantes de cursos da área de Ciência da Computação é o enfrentamento da curva de aprendizagem das disciplinas de programação. Essas disciplinas demandam muito esforço e dedicação por parte do estudante, com estudo diário e regular, muita codificação e resolução de exercícios variados. Segundo Carvalho et al. (2016), o estudo constante e contínuo é um fator que favorece o bom desempenho dos alunos no aprendizado de programação, para além da quantidade total de tempo dedicado ao estudo.

As disciplinas introdutórias que envolvem Linguagens de Programação exercem um papel fundamental na formação profissional dos estudantes de graduação em Computação. Apesar de tamanha importância, percebe-se que essas disciplinas apresentam altos índices de reprovação e desistência. Um dos motivos é a dificuldade que os estudantes encontram na compreensão de conceitos básicos, comandos e lógica de programação (Bosse e Gerosa, 2017). De acordo com Rabêlo Júnior et al. (2018), alguns dos fatores desmotivadores no processo de aprendizagem dessas disciplinas são:

dificuldades no desenvolvimento do raciocínio lógico, dificuldade de compreensão de abstração e a abordagem pedagógica utilizada. Almeida et al. (2020) elenca outras dificuldades enfrentadas no ensino de programação: problema de compreensão, atribuição de variáveis e rastreamento de pequenos pedaços de código.

De acordo com Hermans (2020), a aprendizagem de uma linguagem de programação pode ser comparada ao aprendizado de alguma linguagem natural. Isso acontece pelo fato de ambas compartilharem características significativas semelhantes, envolvendo questões léxicas, sintáticas e semânticas no processo de aquisição e processamento da linguagem. Desta forma, o autor argumenta sobre a possibilidade de se utilizar técnicas e métodos educacionais comuns ao ensino de linguagem natural para a educação em programação.

Uma metodologia muito utilizada no ensino de vocabulário e linguagem natural é a Repetição Espaçada (RE). Esta se baseia na curva do esquecimento proposta por Hermann Ebbinghaus, no final do século XIX (Pergher et al., 2003). Ebbinghaus foi um dos primeiros psicólogos a estudar a memória e o efeito do esquecimento e afirma que o estudo repetitivo reduz a quantidade de informações que tendemos a esquecer com o tempo. A RE é uma abordagem de aprendizagem que objetiva melhorar e aumentar a retenção de informações de longo prazo (Settles & Meeder, 2016). Esta técnica se concentra na revisão de conteúdos, repetidas vezes, em intervalos de tempo otimizados, com o intuito garantir que os conteúdos que o aluno tenha mais dificuldade apareçam mais que os conteúdos que o aluno tem algum domínio (Gomes et al., 2014).

Como parte da metodologia de uma pesquisa de Mestrado na área de Ciência da Computação cujo objetivo é investigar o uso do método de RE no ensino de Linguagens de Marcação e Script, foi conduzida uma ampla Revisão Sistemática da Literatura (RSL) abrangendo os anos de 2011 a 2021 na busca por estudos empíricos relacionados à aplicação da Metodologia de RE na educação em diferentes áreas do conhecimento. Com base no protocolo definido, foram identificados 257 artigos científicos, dos quais 46 se encaixaram no contexto de aplicação do método RE em Computação. Dos 257 artigos indexados, 88 foram selecionados para a segunda fase, dos quais 9 se encaixaram no contexto de aplicação do método RE em Computação.

Considerando as áreas de aplicação do método de RE, dos 88 artigos selecionados, observou-se que 34,1% dos estudos são aplicados ao ensino de Linguagens, prioritariamente Línguas Estrangeiras; 22,7% ao ensino de Medicina; 10,2% ao ensino de Ciência da Computação; 11,1% não informaram a área de aplicação ou a área não era objeto de estudo da pesquisa e 21,9% em áreas distintas com no máximo três trabalhos, como Geografia, STEM, Odontologia, Farmácia, Nutrição, Química, Administração, Psicologia, Engenharia e Formação de Professores.

Este artigo abrange a análise minuciosa dos 9 (nove) estudos que aplicam o método de RE no ensino de Ciência da Computação, buscando compreender os objetivos, algoritmos utilizados, resultados alcançados e limitações dos trabalhos. Objetiva-se contribuir com a identificação de lacunas de pesquisas e possibilidades de novas práticas pedagógicas no ensino de Computação. Vale destacar que dos 257 artigos analisados inicialmente, dezenas foram publicados em conferências e periódicos da área de Ciência da Computação, mas não foram incluídos na segunda fase de análise por não passarem pelos critérios de exclusão da RSL. Tais trabalhos tinham foco na construção de ferramentas de

suporte ao método de RE, fugindo do escopo desta pesquisa, que está relacionado às contribuições do método pedagógico de RE na educação, especialmente no ensino de Ciência da Computação.

## 2. Trabalhos relacionados

No processo da RSL, foram encontrados estudos que apresentavam mapeamentos ou revisões sistemáticas da literatura (RSL) sobre a aplicação da Metodologia de RE no ensino de diferentes áreas de conhecimento. Schimanke & Mertens (2020) revisam estudos primários da literatura com o objetivo de encontrar uma definição adequada para a avaliação do sucesso de aprendizagem em aprendizagem móvel baseada em repetição espaçada. O trabalho foca na investigação da relação entre o sucesso de aprendizagem em grupos heterogêneos com o uso de RE. Augustin (2014), por meio de uma RSL, revisa as estratégias de aprendizagem práticas para aprender de forma eficaz e otimizar a retenção de conhecimento factual a longo prazo utilizando método de RE em Medicina.

Kang (2016) investiga a relação entre a quantidade de tempo que deve ser gasto na escola (e em trabalhos escolares) com o tempo de instrução disponível utilizado de maneira ideal por meio do agendamento de revisão ou prática. O autor conclui que a revisão ou prática espaçada aprimora diversas formas de aprendizado, incluindo memória, resolução de problemas e generalização para novas situações. O artigo ainda discute as barreiras à adoção de práticas espaçadas, desenvolvimentos recentes e suas possíveis implicações. A RSL apresentada por Kang (2016) focou em estudos primários das áreas de matemática, ciências e leitura. Conejo et al. (2016) investigam a evolução e o estado da arte do ambiente de avaliação inteligente Siette para avaliação formativa e somativa, que pode ser utilizada com o método de Repetição Espaçada. Os trabalhos relacionados apresentam revisões sistemáticas da literatura sobre o método de Repetição Espaçada em contextos específicos da educação, diferenciando-se deste artigo por não focarem na aplicação de RE no ensino de Computação.

## 3. Método de Pesquisa

Adotou-se a RSL como metodologia para esta pesquisa. De acordo com Kitchenham e Charters (2007), a partir da RSL é possível identificar lacunas nas pesquisas atuais sobre um determinado tema e sugerir áreas adicionais a serem investigadas. Para realização desta pesquisa, uma equipe de três integrantes executou três fases distintas: Planejamento, Construção e Resultados, com suas respectivas etapas apresentadas na Figura 1.

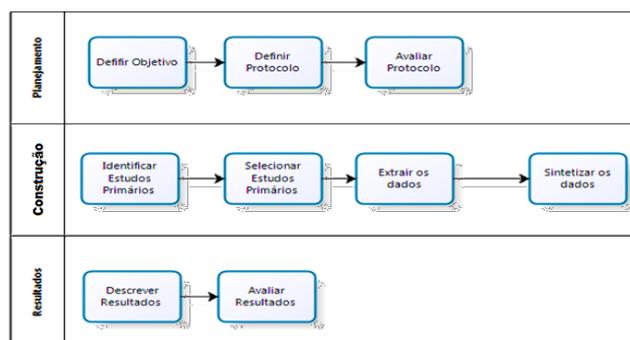


Figura 1. Fases da Revisão Sistemática da Literatura

No planejamento foram definidos o objetivo e as questões de pesquisa, além da definição do seu protocolo. Na fase de construção, procedeu-se a seleção dos estudos e a análise das questões de pesquisa, bem como a sintetização dos dados coletados. Definiu-se a *string* de busca nos engenhos de busca de artigos científicos mais significativos da área, selecionando-os a partir dos critérios de exclusão. Na última fase, os resultados foram tabulados e classificados de acordo com as incidências das questões em cada artigo selecionado.

### 3.1. Objetivo e Questões de Pesquisa

O objetivo central deste trabalho foi levantar o estado da arte dos últimos dez anos sobre a utilização da Metodologia de Repetição Espaçada na área de educação em Ciência da Computação, suas principais limitações, resultados alcançados e sua relação com outras metodologias de aprendizagem. Para tanto, para alcançar esse objetivo, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa: (Q1) Quais os principais objetivos dos trabalhos relacionados à utilização da Metodologia de Repetição Espaçada em educação em Ciência da Computação? (Q2) Quais outras metodologias pedagógicas podem ser associadas à abordagem de Repetição Espaçada no ensino de Computação e como elas têm sido abordadas? (Q3) As pesquisas envolvem o desenvolvimento de algum artefato digital? (Q4) O estudo utiliza ou propõe algum algoritmo específico para aplicação da RE? (Q5) Quais os principais resultados alcançados a partir do uso da metodologia de RE. (Q6) Quais as limitações levantadas pelos estudos analisados. (Q7) Em quais disciplinas o método foi implementado, testado ou experimentado?

### 3.2. Estratégias de Busca

Na construção da *string* de busca, foram identificados os constructos que deveriam estar contidos nos trabalhos pesquisados, em seguida foram identificados termos alternativos dessas palavras-chave.

Tabela 1. *String* de busca

(( <i>"spaced repetition"</i> OR <i>"spacing of repetition"</i> OR <i>"repetition spacing"</i> ) AND ( <i>education</i> OR <i>teaching</i> OR <i>learning</i> ))
--

### 3.3. Coletas dos Trabalhos e Fontes de Busca

A coleta dos trabalhos ocorreu em novembro de 2021 e foi realizada em duas etapas: a busca nas fontes de dados digitais entre os anos de 2011 e 2021 e a seleção dos trabalhos de acordo com os critérios de exclusão. Foi necessário traduzir a *string* de busca para a língua portuguesa de modo a conduzir as pesquisas no SBIE, RBIE, EDUCOMP, WIE, WEI, ERBASE e no banco de teses e dissertações da CAPES. Do total de 257 estudos extraídos a partir da *string* de busca e analisados para inclusão ou não na RSL, 46 eram relacionados à aplicação de RE no ensino de Computação. As bibliotecas digitais utilizadas na busca automatizada, com a quantidade de artigos indexados, foram: ACM Digital Library com 15; Scopus, 24; Web Of Science, 1; IEEE Xplore Digital Library, 4; Elsevier ScienceDirect, 1; SBC OpenLib (SOL), 1.

Somente um artigo foi encontrado na biblioteca digital SBC OpenLib (SOL) e nos anais das conferências e periódicos brasileiros que ainda não estão indexados na SOL, como

por exemplo os anais da SBIE antes de 2019. O artigo extraído não foi incluído por não atender aos critérios de exclusão. É importante destacar que os motores de busca presentes nestas fontes apresentam opções de parametrização que permitem o filtro mais detalhado dos trabalhos pesquisados.

### 3.4. Critérios de Exclusão

Para inclusão de um trabalho na pesquisa, foi determinada sua relevância em relação às questões de pesquisa considerando os critérios de exclusão, a saber: (i) trabalhos fora do alcance dos anos de 2011 a 2021; (ii) trabalhos duplicados; (iii) trabalhos incompletos; (iv) trabalhos publicados em idiomas diferentes do inglês ou português; (v) trabalhos aos quais não foi possível o acesso à versão completa pelo portal de periódicos da CAPES; e (vi) trabalhos que não são relacionados à aplicação da metodologia de repetição espaçada na educação em computação.

Após a aplicação dos critérios de exclusão pela leitura sistematizada dos títulos, palavras-chave, resumos e eventualmente do corpo do trabalho, dos 46 trabalhos retornados na busca realizada, nove deles foram incluídos para a etapa de extração dos dados. Para que o estudo fosse incluído, foi necessário que, após análise minuciosa, pelo menos um dos pesquisadores o aprovasse, considerando os critérios de exclusão e discutindo entre os demais pesquisadores os casos de dúvida. A lista de todos os trabalhos incluídos pode ser encontrada [no link https://docs.google.com/spreadsheets/d/1zXwjQGVBThHGvG51QmkfuXydZVG8kBWaZz0SIIdpfQBI/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1zXwjQGVBThHGvG51QmkfuXydZVG8kBWaZz0SIIdpfQBI/edit?usp=sharing).

**Tabela 2. Quantidade de trabalhos selecionados, incluídos e excluídos**

Fontes	Selecionados	Incluídos	Excluídos
ACM Digital Library	15	6	9
SCOPUS	24	0	24
Web of Science	1	0	1
IEEE Xplore	4	3	1
ScienceDirect	1	0	1
SBIE	0	0	0
RBIE	0	0	0
EDUCOMP	0	0	0
WIE	0	0	0
WEI	0	0	0
ERBASE	1	0	1

### 3.5. Extração e Sintetização

Após a seleção dos estudos, os artigos foram submetidos à fase de extração e sintetização dos dados, na qual foram lidos por completo e extraídos de seus conteúdos as respostas e/ou relações com as questões de pesquisa. Nesta etapa os pesquisadores realizaram a análise e discutiram os resultados obtidos através de reuniões.

## 4. Análise das Questões de Pesquisa

Esta seção aborda o mapeamento das evidências encontradas na pesquisa como resposta aos questionamentos levantados nas sete questões propostas.

**(Q1) Quais os principais objetivos dos trabalhos relacionados à utilização da Metodologia de Repetição Espaçada em educação em Ciência da Computação?**

O principal objetivo dos trabalhos analisados é o desenvolvimento de ferramentas que apoiem o processo de aprendizagem e memorização através do uso da metodologia de Repetição Espaçada. Todos os estudos aplicaram o método de RE no ensino de disciplinas da área de Ciência da Computação. O Hedy, desenvolvido por Hermans (2020), apresenta uma nova forma de iniciantes estudarem a sintaxe de uma linguagem de programação e é baseado em níveis de dificuldade que se alteram, lenta e gradualmente, até que o usuário esteja apto a programar. Schimanke et al. (2013) desenvolveu uma ferramenta móvel baseada em repetição espaçada que auxilia no aprendizado de assuntos complexos e YeckehZaare et al. (2019), por sua vez, apresentam uma ferramenta de revisão espaçada, experimentando as variações do seu uso e correlacionando esse fator com o desempenho dos estudantes.

Outro objetivo identificado é a implementação da metodologia de em cursos introdutórios de programação, através do uso ou não de ferramentas automatizadas. Bothe et al. (2020) valida a integração de um ambiente de aprendizagem baseado em RE do tipo *flashcard* a autotestes existentes em um contexto de cursos MOOC. O intuito é reutilizar testes e fornecer uma nova experiência de aprendizado. Robbes et al. (2019), por sua vez, faz uso de metodologia supracitada para propor uma nova abordagem de aprendizagem denominada fluência em API.

**(Q2) Quais outras metodologias pedagógicas podem ser associadas à abordagem de Repetição Espaçada no ensino de Computação e como elas têm sido abordadas?**

As metodologias de aprendizagem associadas ao método de Repetição Espaçada foram *efeito de teste, criação de perguntas, autoavaliação e gamificação*.

De acordo com Herman et al. (2020), o efeito de teste, que incorpora *feedbacks* à prática de recuperação de conteúdo, pode contribuir para o aprimoramento do aprendizado e para um aumento na retenção de conhecimento por parte dos alunos. Esta metodologia se mostra mais eficiente que alguns métodos tradicionais de estudo, como é o caso da releitura de materiais. Os autores exploram ainda a aplicação de exames de segunda chance como forma de beneficiar a aprendizagem dos alunos, garantindo-lhes melhores rendimentos, e sugerem que os testes ou avaliações sejam realizados de forma distribuída e espaçada no tempo. Assim, diferente da abordagem de aprendizagem em massa, onde o estudo e a prática ocorrem de uma só vez, os estudantes podem se concentrar em pequenas avaliações distribuídas ao longo de um período, sendo estimulados a revisar materiais didáticos do curso e reaprender conceitos importantes.

As metodologias associadas à RE observadas no trabalho de Denny et al. (2017) são complementares ao *efeito de teste* citado anteriormente. Os autores sugerem que o aluno tenha um papel ativo no processo de aprendizagem, a partir da *criação de perguntas* sobre o conteúdo estudado e da *autoavaliação*. Com a aplicação destas metodologias, a tendência é que o estudante lembre de mais informações e tenha um aproveitamento superior nos exames através do reforço do próprio conhecimento. A eficácia de tais metodologias em cursos de programação é investigada no artigo e se justifica pelo fato de que as questões que os alunos resolvem durante a fase de estudo serem geralmente diferentes das que serão encontradas nos exames avaliativos. Desta forma, para que

consigam resolver questões complexas, que exijam síntese de tópicos inter-relacionados, os alunos devem treinar suas habilidades de adaptação e *geração de perguntas* empregando a técnica de *autoavaliação*. O *autoteste* é uma estratégia baseada no *efeito de teste* e na metodologia de RE, onde os alunos respondem perguntas práticas repetidamente em intervalos espaçados ao longo de dias ou semanas. Este trabalho reforça a eficácia da metodologia de RE no ensino e evidencia a sua adaptabilidade e compatibilidade com outras metodologias de aprendizagem.

Outra metodologia que foi associada à RE é a *gamificação*. Schimanke et al. (2013) investiga a aprendizagem móvel baseada em jogos, utilizando-se de algoritmos de repetição espaçada para a seleção dos tópicos, evitando que o mesmo conteúdo seja repetido várias vezes e que o jogo acabe se tornando maçante. A utilização de elementos de jogos no processo de aprendizagem ajuda a manter os alunos mais motivados e atentos, o que pode levar a uma maior retenção dos tópicos abordados. O conteúdo real é inserido no contexto do jogo e aprendido de maneira abstrata e envolvente. YeckehZaare et al. (2019) também associam a *gamificação* ao método de RE. Para os autores, o design de jogo fornece ao estudante uma motivação intrínseca, que é aquela impulsionada por recompensas internas, como o prazer de estudar determinado assunto, ao invés de externas, com pontuações e notas, por exemplo.

### **(Q3) As pesquisas envolvem o desenvolvimento de algum artefato digital?**

Algumas ferramentas foram desenvolvidas para dar suporte a metodologia de RE. Em seu artigo, Schimanke et al. (2013) apresenta um protótipo de jogo focado na aprendizagem de conceitos da disciplina de banco de dados relacionais. O jogo implementa a metodologia de RE a partir de dois algoritmos que trabalham de maneira conjunta e complementar. Lungu (2019), por sua vez, apresenta uma arquitetura geral para sistemas que podem gerar sugestões personalizadas para estudantes de vocabulários de línguas estrangeiras e sistemas de software.

Os autores YeckehZaare et al. (2019) e Hermans (2020) desenvolveram e apresentaram ferramentas práticas de recapitulação, baseadas em RE. No primeiro, é apresentado um sistema web com perguntas que são acessadas individualmente por meio de um link. No segundo, também é apresentado um sistema web, denominado Hedy, que utiliza o analisador Lark e pode ser baixado e executado em uma IDE. O sistema também pode ser acessado pelo navegador ou até mesmo celular, facilitando a adoção dessa aplicação por escolas. Por fim, Bothe et al. (2020) implementa uma ferramenta de revisão no formato de uma ferramenta simples de *flashcards*.

### **(Q4) O estudo utiliza ou propõe algum algoritmo específico para aplicação da RE?**

O objetivo desta questão foi descobrir na literatura quais os algoritmos mais utilizados na aplicação da metodologia de RE no ensino de Ciência da Computação. Dois dos artigos selecionados utilizam algoritmos já consolidados em outras áreas de estudo, são eles: SuperMemo (SM2) e Follow-Up Sequence (FS). Os demais trabalhos propõem passos para a aplicação da metodologia independente de algoritmo consolidado.

Em seu trabalho, YeckehZaare et al. (2019) propõe um algoritmo de intercalação baseado na abordagem de RE. Esta é uma personalização do algoritmo SM2, que foi projetado, inicialmente, para o aprendizado de línguas estrangeiras. O SM2 é útil quando se trata da

aplicação da técnica de RE para a memorização e recuperação dos significados de um conjunto de palavras; no entanto, quando se trata do ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, responder repetidamente a mesma pergunta sobre uma determinada fórmula ou algoritmo de programação pode se tornar uma atividade enfadonha. A principal diferença entre os algoritmos é que, ao contrário do SM2, que aplica a intercalação a questões específicas, o algoritmo de intercalação proposto se aplica a tópicos, cada um destes contendo muitas questões. As questões, dentro de cada tópico, são agendadas através do algoritmo *round-robin*.

Schimanke et al. (2013), por sua vez, no desenvolvimento do protótipo de seu jogo para o ensino de bancos de dados relacionais, fez uso dos algoritmos SM2 e FS de maneira conjunta. O algoritmo SM2 é utilizado para calcular e agendar o tempo mais adequado para a próxima repetição e é ele que faz a seleção dos primeiros conteúdos a serem revisados. Já o algoritmo FS é utilizado para o agendamento de rodadas do jogo, quando o usuário decide jogar várias partidas seguidas. O uso do algoritmo FS combinado ao SM2 foi necessário pois, embora o SM2 já tenha se mostrado apropriado para a aprendizagem de *flashcards*, ele nem sempre é apropriado no cenário de jogos de aprendizagem, onde existe a necessidade de manter o aluno motivado para que permaneça no jogo por um certo tempo.

Bothe et al. (2020) apresenta o conceito de uma ferramenta de revisão que não segue necessariamente um algoritmo de RE pronto e estável. Os autores utilizam de técnicas de RE para fazer com que os estudantes treinem mais suas habilidades fracas. A ideia principal é repetir uma questão respondida incorretamente até três vezes e em seguida apresentar os resultados junto com uma recomendação de vídeo para revisão.

#### **(Q5) Quais os principais resultados alcançados a partir do uso da metodologia de RE no ensino de Computação.**

Os resultados obtidos por Lungu et al. (2019) apontam para a importância da aprendizagem implícita e personalizada. A partir dos dados coletados inicialmente, observou-se que os alunos se mostravam mais interessados e motivados quando os materiais e atividades propostas, no momento certo, eram de aplicação prática e realista, abordando problemas e situações que eles consideram interessantes.

A configuração do método de RE utilizado por YeckehZaare et al. (2019) sugeria que a ferramenta de RE deveria ser utilizada em pelo menos 45 dias do semestre, mas teve o período estendido e foi usado ao longo de todo o semestre. 32% do total de alunos matriculados utilizaram a ferramenta por mais dias que o total de dias exigidos, uma vez que perceberam que a prática espaçada melhorou sua compreensão e que a ferramenta ajudou a acompanhar o seu progresso. Por meio da análise de regressão, constatou-se que cada hora de uso da ferramenta correspondeu a um aumento médio de 1,04% nas notas finais de um curso de Introdução a Linguagem de Programação Python. Os autores concluíram, de acordo com a teoria das dificuldades desejáveis, que a prática espaçada deve melhorar a retenção de conceitos a longo prazo.

De acordo com Bothe et al. (2020), as taxas de uso da ferramenta de recapitulação foram analisadas em três cursos da área de Ciência de Dados e obteve o ápice antes das atividades avaliativas, especialmente antes do exame final. O artigo mostrou, também, que os alunos que concluíram a sessão de recapitulação apresentaram menores taxas de

erro em relação aos alunos que interromperam a sessão, ao mesmo tempo que aqueles alunos que pularam as perguntas tiveram o pior desempenho. Ademais, os alunos que utilizaram a ferramenta ao longo do curso possuíam mais pontos disponíveis.

**(Q6) Quais as principais limitações levantadas a partir do uso da metodologia de RE?**

Segundo Robbes et al. (2009), um fator que torna a abordagem de *flashcards* simples ser insuficiente é o fato deles geralmente serem criados manualmente. No estudo de disciplinas de computação, como linguagem de programação C e programação de APIs, essa criação manual faz com que o esforço inicial do estudante seja significativamente grande e é improvável que desenvolvedores estejam dispostos a fazer esse investimento inicial. Além disso, algumas disciplinas contam com muitas informações para assimilar, que vão além da sua funcionalidade. APIs, por exemplo, podem ser muito grandes, com muitas classes, vários parâmetros e significados específicos, pré-condições, exceções, entre outros.

Já o estudo de YeckehZaare et al. (2019), por ter sido realizado com estudantes de graduação em um curso introdutório de programação na Universidade de Michigan, torna os resultados de difícil generalização para outros cursos, Universidades ou países. Além disso, o estudo não desassocia o efeito de outros tipos de prática das práticas espaçadas realizadas na ferramenta, o que influencia nos resultados, já que os estudantes podem praticar fora do ambiente de teste. Outro fator limitante, segundo Campbell et al. (2019), é que a implementação de um curso em uma nova modalidade demanda bastante recursos e a sua administração consome muito mais o tempo dos professores do que outros cursos regulares.

**(Q7) Em quais disciplinas da área de Ciência da Computação a Metodologia de Repetição Espaçada foi aplicada?**

Nesta questão buscou-se elencar as disciplinas da área de Ciência da Computação às quais a metodologia de RE foi aplicada. Após a etapa de análise dos nove trabalhos selecionados na pesquisa, todos relacionados à educação em Computação, observou-se que sua maioria, aproximadamente 67%, é voltada para o ensino de programação de computadores. Dos seis trabalhos que tratam do ensino de programação, três implementam a metodologia em cursos introdutórios na linguagem de programação Python, um na linguagem C e dois na programação de APIs. A figura 2 apresenta um gráfico de bolhas que relaciona a quantidade de artigos que aplicaram o método de RE nas disciplinas por ano de publicação.

YeckehZaare et al. (2019) aplicou a ferramenta prática de recuperação desenvolvida em sua pesquisa em um curso introdutório de programação em Python, que foi ministrado durante um semestre para 193 alunos de graduação. O curso foi projetado para alunos de todas as áreas de conhecimento, não ficando restrito a cursos de Informática. Hermans (2020), que também aplicou RE em um curso de programação em Python, justifica que por se tratar de uma linguagem mais simples e com poucos elementos sintáticos, apresenta vantagens no ensino se comparada com linguagens complexas, como Java ou C++. Campbell et al. (2019), por sua vez, relata sobre sua experiência em cursos de CS1 ministrados em Python que são oferecidos em uma universidade norte-americana desde 2013. Nele os conceitos são apresentados através de vídeos instrutivos e praticados a

partir de exercícios *online*. Por fim, Denny et al. (2017) realizou um experimento em um curso introdutório de programação para engenheiros, desta vez em linguagem C, que dava suporte à *criação de perguntas* e ao *autoteste*.

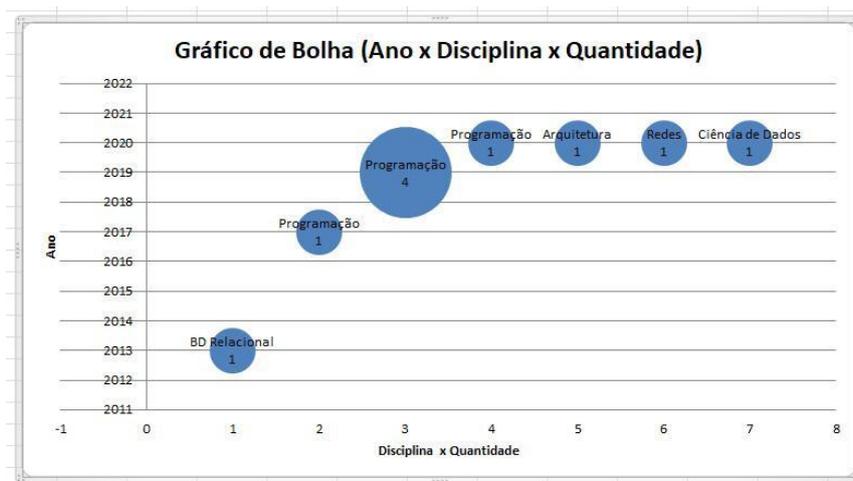


Figura 2. Relação da quantidade de artigos que aplicam RE nas disciplinas por ano

Com relação ao uso da metodologia de RE no estudo de programação de APIs, foram encontradas duas pesquisas. Na primeira, Robbes et al. (2019) argumenta sobre a como os desenvolvedores podem adquirir fluência em APIs fazendo uso de ferramentas de mineração de repositório de código-fonte e de técnicas de memorização, como a metodologia de RE. Na segunda, Lungu (2019) reflete sobre as semelhanças existentes na aprendizagem de vocabulário de uma nova linguagem natural e de uma nova API.

A metodologia de RE também foi aplicada a outras disciplinas específicas de Computação, são elas: Banco de Dados Relacionais (Schimanke et al., 2013), Arquitetura de Computadores (Herman et al., 2020), Redes de Computadores, Engenharia de Processos e Ciência de Dados (Bothe et al., 2020)

## 5. Conclusões

Esta RSL confirma que a metodologia de Repetição Espaçada, embora já seja muito estudada e aplicada no ensino de Línguas Estrangeiras e Medicina, ainda é um campo pouco explorado no que diz respeito ao ensino de disciplinas de Ciência da Computação. Com isso, são vastas as possibilidades de pesquisas nesta área, desde a criação de softwares de apoio à metodologia e aplicação de elementos de *gamificação*, até principalmente a experimentação de diferentes configurações do método de RE isolado ou associado a outras metodologias pedagógicas no ensino de disciplinas da área de Ciência da Computação.

Em relação às disciplinas de Computação às quais a metodologia de RE já foi aplicada, observou-se que a maioria dos trabalhos são referentes ao ensino de programação e desenvolvimento de software, normalmente em cursos introdutórios de programação. Lungu (2019) destacou as semelhanças entre a forma como o aluno aprende linguagens de programação e como desenvolve vocabulário de línguas estrangeiras. Essa relação decorre do fato de ambas as áreas contarem com processos de memorização de *tokens* durante o processo de aprendizagem destas linguagens. Nos dois casos, *tokens* são

elementos de natureza atômica e precisam ser compreendidos tanto em sua forma individual, quanto em suas interconexões com outros elementos. Na linguagem natural os *tokens* são palavras do vocabulário, já nas linguagens de programação, *tokens* incluem classes, métodos, códigos, comandos, *tags*, estruturas léxicas e sintáticas, entre outras.

Este trabalho compõe a metodologia científica da dissertação de mestrado do autor na área de Educação em Computação, objetivando levantar o estado da arte sobre o uso do método de Repetição Espaçada no ensino de Computação, além de compreender os avanços e limitações desta metodologia em outras áreas de conhecimento. O próximo passo da pesquisa é investigar, através de experimentos, os impactos da aplicação de configurações do método de RE no desempenho e retenção dos discentes no ensino de Linguagens de Marcação e *Script*. Uma limitação levantada em mais de um trabalho analisado e que deve servir de guia em estudos sobre o método de RE em Computação, é o maior esforço despendido ao professor, questão que merece uma atenção especial em pesquisas futuras.

## References

Almeida, A., Araújo, E. C. d., & Figueiredo, J. C. A. d. (2020). Avaliando a Construção do Conhecimento em Programação Através da Taxonomia SOLO. *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2020)*.

Augustin, M. (2014). How to learn effectively in medical school: test yourself, learn actively, and repeat in intervals. *The Yale journal of biology and medicine*, 87(2), 207.

Bosse, Y., & Gerosa, M. A. (2017). Why is programming so difficult to learn? Patterns of Difficulties Related to Programming Learning Mid-Stage. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 41(6), 1-6.

Bothe, M., Renz, J., & Meinel, C. (2020). On the Acceptance and Effect of Recapping Self-Test Questions in MOOCs. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.

Campbell, J., Petersen, A., & Smith, J. (2019). Self-paced Mastery Learning CS1. *SIGCSE '19: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 955-961.

Carvalho, L. S. G., Gadelha, B. F., Nakamura, F. G., Oliveira, D. B. F., & Oliveira, E. H. T. (2016, julho 04). Ensino de Programação para Futuros Não-Programadores: Contextualizando os Exercícios com as Demais Disciplinas de mesmo Período Letivo. *Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2016)*.

Conejo, R., Guzmán, E., & Trella, M. (2016). The SIETTE automatic assessment environment. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 270-292.

Denny, P., Tempero, E., Garbett, D., & Petersen, A. (2017, Jun). Examining a Student-Generated Question Activity Using Random Topic Assignment. *ITiCSE '17: Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 146-151.

- Gomes, T. T., Saffarzadeh, A., Severo, M., Guimarães, M. J., & Ferreira, M. A. (2014, jul 14). A novel collaborative e-learning platform for medical student - ALERT STUDENT. *BMC Medical Education*.
- Herman, G. L., Cai, Z., & Bretl, T. (2020, August). Comparison of Grade Replacement and Weighted Averages for Second-Chance Exams. *ICER '20: Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*, 56-66.
- Hermans, F. (2020, August). Hedy: A Gradual Language for Programming Education. *ICER '20: Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*, 259-270.
- Rabêlo Júnior, D. J. L., Soares Neto, C. d. S., Raposo, A. C., & dos Santos Neto, L. A. (2018, julho 26). Cosmo: Um ambiente virtual de aprendizado com foco no Ensino de Algoritmos. *Anais do XXVI Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2018)*.
- Kang, S. H. (2016). Spaced repetition promotes efficient and effective learning: Policy implications for instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 12-19.
- Kitchenham, B., & Charters, S. M. (2007, July 9). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *EBSE 2007-001. Keele University and Durham University Joint Report*.
- Lungu, M. (2019, August). Designing Personalized Learning Environments through Monitoring and Guiding User Interactions with Code and Natural Language. *EASEAI 2019: Proceedings of the 1st ACM SIGSOFT International Workshop on Education through Advanced Software Engineering and Artificial Intelligence*, 5-8.
- Pergher, G. K., & Stein, L. M. (2003). Compreendendo o esquecimento: teorias clássicas e seus fundamentos experimentais. *Psicologia USP*, 14. <https://doi.org/10.1590/S0103-65642003000100008>
- Robbes, R., Lungu, M., & Janes, A. (2019). API Fluency. *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER)*.
- Schimanke, F., Vornberger, O., Mertens, R., & Vollmer, S. (2013). Multi Category Content Selection in Spaced Repetition Based Mobile Learning Games. *2013 IEEE International Symposium on Multimedia*.
- Schimanke, F., & Mertens, R. (2020, December). Deriving Strategies for the Evaluation of Spaced Repetition Learning in Mobile Learning Applications from Learning Analytics. In *2020 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)* (pp. 239-244). IEEE.
- Settles, B., & Meeder, B. (2016). A trainable spaced repetition model for language learning. In *Proceedings of the 54th annual meeting of the association for computational linguistics (volume 1: Long papers)* (pp. 1848-1858).
- YeckehZaare, I., Resnick, P., & Ericson, B. (2019, July). A Spaced, Interleaved Retrieval Practice Tool That is Motivating and Effective. *Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research*, 71-79.