

Implementação de Teoria da Carga Cognitiva na Disciplina Algoritmos: Um Relato de Experiência

Wander Wilson de Lima Cardoso¹, Eloi Luiz Favero¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Naturais – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Rua Augusto Corrêa, - 01 Guamá. CEP 66075-10. Belém - Pará - Brasil

{wander.wilson, eloi.favero}@gmail.com

Abstract. *The Cognitive Load Theory (CLT) presents guidelines that aim to optimize the learning process, based on research related to human cognitive architecture. Considering the difficulty in learning algorithms, reflected in high retention rates of students, there is a need to seek solutions that facilitate the learning of this type of content. This work aims to verify whether it is possible to optimize the learning of algorithms through the development of didactic materials based on CLT. The inductive method was used, starting from the premise that CBT optimizes learning. Once developed, these materials were applied to a real class. As results, there was an improvement in learning, reflected in the reduction of retention rates.*

Resumo. *A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) apresenta diretrizes que tem o objetivo de otimizar o processo de aprendizagem, com base em pesquisas relacionadas a arquitetura cognitiva humana. Considerando a dificuldade na aprendizagem de algoritmos, refletida em alto índice de retenção de discentes, verifica-se a necessidade de buscar soluções que busquem facilitar a aprendizagem deste tipo de conteúdo. Este trabalho tem como objetivo verificar se é possível otimizar a aprendizagem de algoritmos através do desenvolvimento de materiais didáticos com base na TCC. Foi utilizado o método indutivo, partindo da premissa de que a TCC otimiza a aprendizagem. Após desenvolvidos, estes materiais foram aplicados em uma turma real. Como resultados, verificou-se melhora na aprendizagem, refletida na redução das taxas de retenção.*

1. Introdução

Todo curso de computação tem no seu programa uma ou mais disciplinas de fundamentos de programação (algoritmos e programação). Nesses cursos essas disciplinas são o ponto de retenção dos alunos, devido às altas taxas de reprovação [Berssanette and de Francisco 2021]. Nesse contexto, um desafio para a área de ensino de computação é o de desenvolver novas técnicas e métodos para ensino de fundamentos de programação (algoritmos e programação).

Essa percepção preocupa alguns docentes e pesquisadores que buscam melhores práticas no processo de ensino e aprendizagem [Costa 2019]. As altas taxas de reprovação em algoritmos necessitam de especial atenção, pois esta é a base para várias outras disciplinas que abordam o desenvolvimento de software, que é uma das habilidade de elevada importância para o cotidiano profissional de computação, além disso, as retenções contribuem para o abandono do curso ou uma formação de pouca qualidade, prejudicando,

portanto, a carreira profissional do discente. Deste modo, verifica-se a necessidade de mais estudo e desenvolvimento de estratégias na direção de facilitar e otimizar a aprendizagem em disciplinas que abordam algoritmos e programação.

Preocupados com as altas taxas de retenção, pesquisadores buscaram identificar o que leva os discentes a terem dificuldades na aprendizagem de algoritmos. Estudos revelam que, por um lado, há uma lacuna na aprendizagem de vários conteúdos no ensino médio, como matemática, raciocínio lógico e inglês [Lima et al. 2019] que se constituem em habilidades básicas para os estudos iniciais em programação. Por outro lado, existe a problemática relacionada à abordagem didática que é aplicada ao exercer a docência em disciplinas de programação. As abordagens mais tradicionais não levam em consideração o sistema cognitivo humano e nem técnicas mais eficazes de produção de material didático, contribuindo assim para o fracasso discente ao aprender programação [Rapkiewicz et al. 2007].

Ao identificar o que ocasiona dificuldade na aprendizagem de algoritmos, docentes e pesquisadores têm buscado soluções para o problema do ensino de fundamentos de programação. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) [Morais et al. 2020] de trabalhos produzidos entre os anos 2000 e 2020, desenvolvida com o objetivo de analisar artigos que trazem metodologias, estratégias e ferramentas para a aprendizagem de algoritmos e programação para o ensino superior, buscou-se entender quais são os estudos que estão sendo realizados nesta temática no século XXI. Como resultado quantitativo, verificou-se que na primeira década houveram poucos trabalhos publicados. Porém, a partir de 2015 houve um crescimento na quantidade de artigos em revistas e eventos científicos.

Para contribuir com a otimização da aprendizagem de algoritmos, e conseqüente redução no número de retenções nesta disciplina, desenvolvemos o presente estudo com ênfase ao planejamento didático e desenvolvimento de material didático, levando em consideração ao sistema cognitivo humano. Estudos revelam que a memória humana possui capacidade limitada de processamento de novos conhecimentos [Miller 1956]. Ao processar informações em excesso causa dispersão dos discentes [Passos 2020]. A implementação de estratégias de ensino nas quais a quantidade de informações abordadas esteja adequada à capacidade de processamento da memória humana pode ser uma estratégia para mitigar essa problemática.

Portanto, a partir da problemática apresentada, os objetivos deste trabalho visam responder a seguinte questão de pesquisa: É possível melhorar a aprendizagem de algoritmos com o uso de material didático desenvolvido com base em princípios (diretrizes e efeitos) da Teoria da Carga Cognitiva (TCC)? Deste modo, este trabalho tem como objetivo geral verificar a aprendizagem de algoritmos ao utilizar materiais didáticos desenvolvidos com base em diretrizes e efeitos da TCC.

Como métrica para identificar a aprendizagem realizamos uma comparação com o quantitativo de conceitos "Excelente" na disciplina Algoritmos com turmas do mesmo curso, na mesma instituição onde realizamos o experimento. Definimos um recorte temporal de 5 anos para comparar índices de aproveitamento de Algoritmos, excluindo os dados do período pandêmico, pois trata-se de uma realidade atípica para a sociedade em geral, no qual foram utilizados métodos de ensino diferenciados.

O tipo de método científico utilizado neste trabalho foi o indutivo, pois partiu-se de premissas verdadeiras para se chegar a conclusões que podem ou não serem verdadeiras. Nesse sentido, a indução acrescenta informações novas nas premissas que foram dadas anteriormente. O presente trabalho tem como premissa a otimização da aprendizagem ao utilizar a TCC no processo de ensino. Quanto à natureza, esta classifica-se como um trabalho de natureza aplicada, pois realizou-se a implementação dos materiais didáticos em uma turma real na disciplina Algoritmos, de modo a analisar se houve otimização da aprendizagem e conseqüente ampliação no percentual de discentes aprovados.

Do ponto de vista da abordagem do problema, esta é uma pesquisa quantitativa, pois analisará a o quantitativo de discentes que obtiveram aprendizagem eficiente de Algoritmos, comparando o percentual de conceitos "Excelente" com o de turmas anteriores, no recorte temporal selecionado para esta pesquisa, na instituição onde foi realizado o experimento.

Esta pesquisa, caracteriza-se ainda como experimental, pois desenvolvemos materiais didáticos com base na TCC e os utilizamos em uma turma real de Algoritmos, o que proporcionou verificarmos o comportamento do uso do material para a otimização da aprendizagem de Algoritmos. Ressalta-se que este é um recorte da Dissertação de Mestrado deste pesquisador, apresentada e aprovada no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal do Pará.

2. Conceitos e Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva

Estudos revelaram que a capacidade do sistema cognitivo humano é limitada a uma regra de 7 ± 2 , i.e., há uma limitação de processamento pela memória, que varia entre 5 a 9 itens de informação [Miller 1956]. Deste modo, quando mais de 9 itens de informação são transmitidos ocorre uma sobrecarga cognitiva, o que diminui a eficiência da aprendizagem. As abordagens didáticas que são realizadas dentro do limite da capacidade de processamento da memória têm como resultado uma aprendizagem mais eficiente.

A partir da identificação da limitação da memória humana foram realizados estudos sobre a forma como estudantes resolviam problemas. Com base em diversos experimentos, é desenvolvida a TCC [Sweller 1988], a qual é uma teoria instrucional com o objetivo de otimizar a aprendizagem [Clark et al. 2006]. A teoria defende que o sistema cognitivo humano trabalha com três tipos de memória:

- Memória sensorial: são os sentidos humanos: visão, audição, tato, olfato e paladar, os quais são canais de entrada de dados ou informações. É através do paladar, por exemplo, que alguém aprende o sabor dos alimentos e consegue identificar futuramente o que se está comendo. Durante a exposição de uma aula, as informações são recebidas pelos discentes através dos canais sensoriais.
- Memória de trabalho ou memória de curto prazo: área do cérebro que processa os novos itens de informação recebidos pela memória sensorial. Essa memória possui a limitação de processamento de 7 ± 2 itens de informação.
- Memória de longo prazo, conhecida também como memória secundária: responsável pelo armazenamento permanente dos novos conhecimentos, que são denominados *esquemas*. Sua capacidade teórica é infinita.

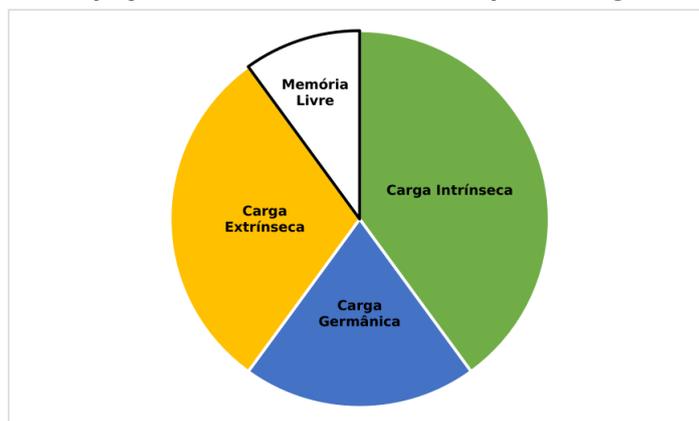
Ao compreender o funcionamento da mente humana durante o processo de aprendizagem, bem como a subdivisão da memória e sua limitação, Sweller[1988] iniciou

observações e experimentos para desenvolver métodos de otimização da aprendizagem.

Considerando a pouca capacidade da memória de trabalho, é imprescindível reduzir a carga cognitiva de novas informações. No entanto, é necessário verificar o que pode ser reduzido. Após experimentos, foi desenvolvida uma classificação em três tipos das cargas cognitivas dos elementos a serem processados na memória de trabalho durante uma atividade de aprendizagem [Sweller et al. 1998], ilustradas na Figura 1:

- Carga Intrínseca: inerente a complexidade do conteúdo do material de ensino.
- Carga Extrínseca (Irrelevante ou Estranha): não interfere na construção de esquemas e desperdiça recursos mentais limitados, que poderiam ser usados para auxiliar a carga natural.
- Carga Germânica (Natural ou Relevante): é a carga necessária para promover a aprendizagem.

Figura 1. Ocupação da Memória de Trabalho pelas Cargas Cognitivas.



Dezenas de experimentos e pesquisas [Bersanette and de Francisco 2021] revelaram fatores que diminuem a carga cognitiva recebida pela memória sensorial e, conseqüentemente, processada pela memória de trabalho, resultando num processo cognitivo mais eficiente. Esses fatores podem ser implementados na produção de materiais didáticos e no planejamentos de aulas.

Portanto, a produção de materiais didáticos, sejam guias, livros, *slides*, vídeos, dentre outros, quando baseada na TCC, facilita consideravelmente a aprendizagem, haja vista que a carga cognitiva necessária ao processamento das novas informações será adequada ao processamento da memória de trabalho [Passos 2020].

A TCC baseia-se também na utilização dos esquemas (de conhecimento) armazenados na Memória de Longo Prazo. Presume-se que os esquemas permitem que muitos elementos sejam tratados como um único elemento na Memória de Trabalho [Kalyuga et al. 1999] e, como resultado, mais capacidade desta memória é liberada [Sweller 2003]. Assim, os esquemas permitem contornar as limitações da memória de trabalho.

Com base na arquitetura da memória humana, vários experimentos foram realizados de modo a identificar a redução na carga cognitiva a ser processada pela memória de

trabalho e otimizar a aprendizagem. As descobertas são denominadas "efeitos", e a partir destes foram desenvolvidas técnicas para o desenvolvimento de aulas.

Ao longo de anos foram desenvolvidas técnicas instrucionais por vários autores com o objetivo de facilitar a implementação dos efeitos encontrados a partir dos experimentos com a TCC. O Quadro 1 apresenta de forma resumida o agrupamento de técnicas instrucionais em quatro categorias, ou seja, quatro estratégias de aplicação de princípios instrucionais no processo de ensino-aprendizagem baseada na TCC [Van Merriënboer and Sweller 2010]. Nesta abordagem os autores optaram pelo termo "Estranha" em substituição a "Extrínseca".

Diminuindo a carga estranha	Gerenciando carga intrínseca	Otimizar a carga pertinente	Lidar com o efeito especialidade de reversão
<ul style="list-style-type: none"> •I Problema sem objetivo específico •II Exemplos resolvidos •III Exemplos parcialmente resolvidos •IV Princípio atenção dividida •V Princípio do efeito da modalidade •VI Princípio da redundância 	<ul style="list-style-type: none"> •VII Estratégia de simples ao complexo •VIII Estratégia de baixa a alta fidelidade 	<ul style="list-style-type: none"> •IX Princípio variabilidade •X Princípio da intervenção contextual •XI Princípio da auto explicação 	<ul style="list-style-type: none"> •XII Estratégia de conclusão •XIII Estratégia de orientação gradual •IV Estratégia integrado a não integrado •V Estratégia de modo duplo para modo único

Quadro 1: Técnicas Instrucionais.

3. Implementação da TCC nos Materiais Didáticos

Na presente pesquisa, para a implementação da TCC no ensino de algoritmos foram desenvolvidos os seguintes produtos: i) um guia para o conteúdo Algoritmos; ii) uma apresentação de *slides* com base no guia de Algoritmos; e iii) um Plano de Ensino para o caso de o(a) docente desejar utilizá-lo como apoio ao planejamento da disciplina.

No que se refere ao público-alvo dos materiais didáticos, consideramos que seriam aprendizes novatos, do nível superior, que nunca tiveram contato com programação. A abordagem textual, portanto, foi desenvolvida com base nesta definição.

Os conteúdos abordados no desenvolvimento dos materiais didáticos foram selecionados tendo como base a ementa da disciplina Algoritmos do curso Bacharelado em Sistemas de Informação da instituição selecionada para a aplicação, que são: conceito sobre algoritmos; variáveis textuais, numéricas e booleanas; operadores aritméticos, relacionais e lógicos; comandos condicionais; vetores; laços de repetição e funções; prática de programação em uma linguagem de programação.

A apresentação de *slides* foi utilizada pelo docente pesquisador deste trabalho durante as aulas na turma selecionada, juntamente com o guia sobre Algoritmos. Recomendamos aos discentes que fizessem a leitura prévia do guia, para facilitar a compreensão dos conteúdos.

Para a seleção dos efeitos, tivemos como base as experiências exitosas no ensino de programação apresentadas em algumas referências bibliográficas, o público alvo

definido para nossa implementação, bem como a natureza dos materiais didáticos desenvolvidos para este estudo.

Uma vez selecionados os efeitos a serem utilizados nos materiais didáticos, discutimos quais seriam as estratégias de implementação nos materiais didáticos. Há estratégias que sozinhas implementam mais de um efeito da TCC, dependendo do vocabulário utilizado, ou outras características. Por exemplo, quando utilizamos a estratégia "Produção de textos com alta coerência para leitores com pouco conhecimento", levando em consideração nossa construção textual, implementamos os efeitos "Orientação gradual" e "Imaginação", pois o conteúdo é apresentado de forma gradual durante o texto, através de um vocabulário simples, e o fato de utilizar alguns exemplos do cotidiano, estimula a imaginação do discente. O Quadro 2 apresenta a relação entre as estratégias de implementações e os efeitos gerados.

Os itens 1 a 10 do Quadro 2 estão presentes em ambos os materiais. O item 11 é aplicado apenas nos *slides*, pois representa o ato de não colocar longos textos explicativos nas apresentações, mas apenas imagens ou diagramas com explicações resumidas. Considerando que o docente fará a explanação verbal durante a aula, os canais sensoriais visão e audição trabalharão de forma complementar ao captar as informações.

Item	Estratégia ou Diretriz	Efeito
1	Produção de textos com alta coerência e exemplos comparando com situações do cotidiano para leitores com pouco conhecimento.	Orientação gradual; imaginação.
2	Estratégia do simples ao complexo.	Orientação gradual.
3	Utilização de pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais e textuais importantes.	
4	Redução do conteúdo ao essencial.	Elementos isolados.
5	Utilização de diagramas para ajudar os aprendizes a construir uma compreensão mais profunda.	Atenção dividida.
6	Integração de texto explicativo próximo aos visuais correspondentes nas páginas.	
7	Apresentação de exemplos resolvidos	Exemplos resolvidos.
8	Apresentação de exemplos parcialmente resolvidos.	Exemplo parcialmente resolvido.
9	Transição de exemplos resolvidos a exercícios a resolver.	Orientação gradual.
10	Apresentação de questões abertas, dando oportunidade ao aprendiz para desenvolver soluções.	Problema sem objetivo específico.
11	Utilização de imagens e diagramas nos slides que serão explanadas verbalmente pelo docente.	Redundância; Modalidade.

Quadro 2: Efeitos da TCC implementados.

4. Implementação dos Materiais e Resultados Alcançados

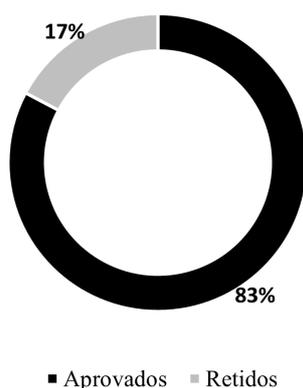
Os materiais didáticos foram implementados em uma turma presencial do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, durante o período letivo de 2022.1, o qual corresponde ao interstício de 14 de março de 2022 a 11 de julho de 2022. A turma é composta por 29 (vinte e nove) discentes, sendo 24 (vinte e quatro) do sexo masculino, e 05 (cinco) do sexo feminino.

A disciplina possui carga horária de 68 (sessenta e oito) horas-aula, distribuídas em dois encontros semanais, cada um com duração de 2 (duas) horas aula. Os encontros semanais sobre pseudocódigo foram ministradas pelo professor pesquisador, o qual utilizou o guia de Algoritmos e a apresentação de *slides*. Alguns dos encontros foram utilizados para prática de programação na linguagem de programação *Python*, onde foi utilizado outro guia também com base na TCC.

Para a avaliação da aprendizagem, disponibilizamos no total 05 (cinco) provas, sendo 03 (três) referentes ao conteúdo de pseudocódigo, e 02 (duas) referentes à linguagem de programação *Python*. A lista de exercícios, a qual é referente ao conteúdo pseudocódigo, foi disponibilizada após a abordagem e práticas de aproximadamente 50% do conteúdo, tendo como prazo de entrega o período próximo ao final da disciplina. As provas foram respondidas de forma individual, enquanto a lista de exercícios foi respondida em dupla.

A pontuação média para um aluno ser considerado aprovado é de 5,0 (cinco) pontos. Com relação aos discentes vinculados à turma, identificamos que 24 (vinte e quatro) discentes obtiveram sucesso nesta disciplina, o que representa 83% do total dos vinculados à turma do ano de 2022, e apenas 05 (cinco) não foram considerados aprovados, conforme apresenta a Figura 2.

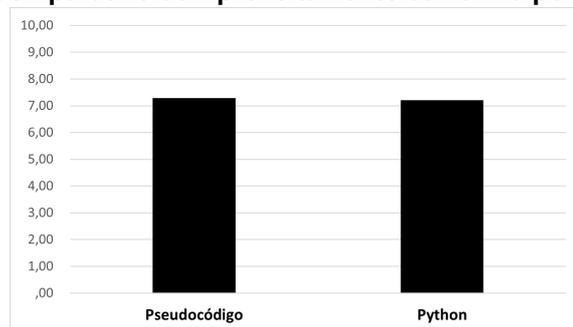
Figura 2. Aproveitamento geral da turma.



O fato de termos utilizado avaliações distintas para identificar a evolução da aprendizagem sobre pseudocódigo e *Python* facilitou a geração do gráfico apresentado na Figura 3, o qual foi desenvolvido a partir da média geral da turma ao somar os resultados das atividades avaliativas de cada linguagem.

O objetivo do gráfico da Figura 3 é de verificar se houve discrepância na aprendizagem das linguagens. Ao analisar estes dados, verifica-se que as médias são muito

Figura 3. Comparativo de Aproveitamento da Turma por Linguagem.



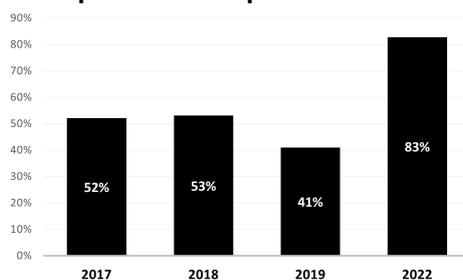
próximas, o que nos leva a duas conclusões: i) a utilização da TCC favoreceu aprendizagem nas duas linguagens, uma vez que as médias estão dentro da escala de aprovação; ii) as abordagens sobre pseudocódigo, que é base para a compreensão de qualquer linguagem de programação, facilitaram a aprendizagem de *Python*.

4.1. Comparativo com Turmas Anteriores

Definimos que a validação do resultado da implementação dos materiais didáticos seria a comparação da quantidade de discentes com conceito "Excelente" com turmas anteriores na instituição de ensino onde utilizamos os materiais didáticos. Concluídas todas as atividades avaliativas, nossa análise inicial, entretanto, foi com relação ao total de alunos aprovados na disciplina.

A Figura 4, desenvolvida com base em dados disponibilizados pela secretaria acadêmica, apresenta um comparativo do índice de aprovações com turmas dos últimos três anos que antecederam a pandemia do Covid-19.

Figura 4. Comparativo de Aproveitamento das Turmas.

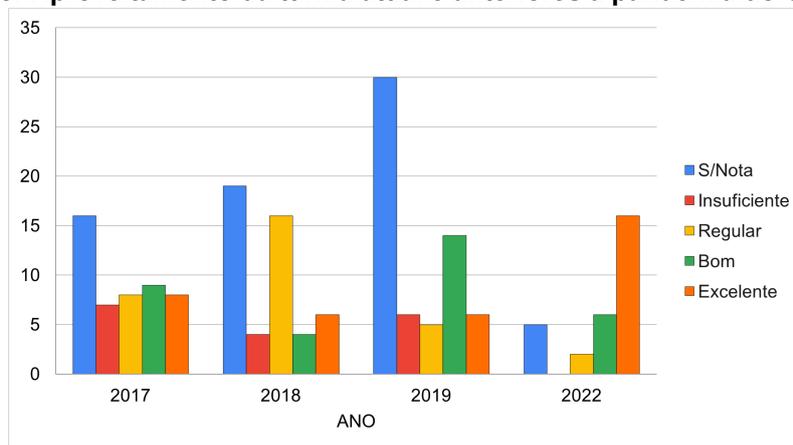


Verifica-se, portanto, que a média de aprovação da turma de 2022, a qual foram implementados os materiais didáticos com base na TCC, foi consideravelmente superior em comparação com as turmas da disciplina Algoritmos dos três últimos anos antes da pandemia (2017, 2018 e 2019), do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Deste modo, numa avaliação inicial, o método abordado nesta pesquisa trouxe um aumento na taxa de aprovação da disciplina, com retenção de apenas 17%.

Analisamos os conceitos dos discentes, conforme apresentamos na Figura 5. Com base nestes dados, identificamos duas situações: todos os discentes retidos na turma de 2022 ficaram com conceito "Sem Frequência", ou "Sem Aproveitamento", o que nos leva a concluir que todos os discentes que participaram das aulas e de todas as atividades

avaliativas obtiveram sucesso na disciplina. A segunda foi a quantidade de discentes com conceito Excelente na turma de 2022, sendo bem superior em comparação com as demais turmas.

Figura 5. Aproveitamento da turma atual e anteriores à pandemia do Covid-19.



Portanto, ao identificar taxa elevada de aprovações, e número expressivo de discentes com conceito "Bom" ou "Excelente", verifica-se que houve uma aprendizagem eficiente ao implementar materiais didáticos com base na TCC.

Considerando os diferentes resultados encontrados podemos afirmar, baseado neste estudo, que a abordagem apresentada teve sucesso. Por um lado, mostra-se que o índice de aprovação desta turma foi elevado comparado com a média dos últimos três anos antes da pandemia: 53% (melhor resultado, em 2018) vs 83%. Por outro lado, também tivemos uma melhora significativa nas notas, com muitos excelentes.

5. Conclusão

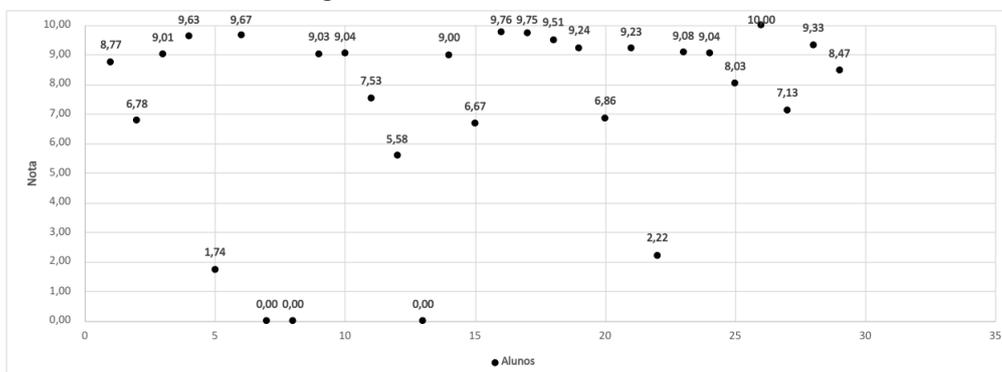
Foram desenvolvidos materiais didáticos para uma disciplina de Algoritmos seguindo os princípios da TCC com o objetivo de otimizar a aprendizagem de Algoritmos. Para verificar o sucesso do experimento, foram analisados o percentual de discentes com conceito "Excelente" ao participarem das aulas e realizarem as atividades, em seguida foi realizada comparação destes resultados com turmas anteriores na mesma instituição de ensino. Durante o desenvolvimento dos materiais didáticos e exposição das aulas foram utilizados 10 efeitos e 11 estratégias.

O processo ensino-aprendizagem compreendia três etapas: i) aula teórico conceitual; ii) momento de simulação do pseudocódigo iii) programação em *Python* dos mesmos pseudocódigos. Embora existam opiniões contrárias a se usar uma linguagem de programação real ainda em Algoritmos, verificou-se que nos encontros para trabalhar com *Python*, houve rápida assimilação da sintaxe e dos conceitos apresentados.

Com relação ao rendimento individual, o gráfico da Figura 6 apresenta as notas finais de todos os alunos, onde cada círculo na cor preta representa um aluno. Observa-se um quantitativo considerável ($n = 16$) de notas acima de 9,0, o que justifica o alto número de conceitos "Excelente". Cinco alunos ficaram com notas abaixo de 5,0, dentre estes, três ficaram com nota 0,0. Estes resultados baixos, somado ao quantitativo de discentes

que ficaram com nota final entre 5,0 e 7,0 (n = 4) justifica o fato de a média geral da turma ter oscilado entre as notas 6,0 e 7,0.

Figura 6. Notas Finais dos Alunos.



Ao analisar o número de matrícula dos alunos vinculados à turma a qual foi realizada a implementação dos materiais didáticos, identificamos que foi composta por 21 (vinte e um) calouros e 8 (oito) repetentes.

Com relação aos que ficaram com conceito "Excelente", 11 (onze) são calouros, e 5 (cinco) são repetentes. Não foi identificado quais destes discentes já haviam estudado esta disciplina em outros cursos, ou de forma auto didata.

Sobre os demais repetentes, 1 (um) ficou com conceito "Sem frequência", e 1 (um) ficou com conceito "Sem aproveitamento", ou seja, estes dois alunos desistiram da disciplina. Quanto ao último repetente, este ficou com o conceito "Bom". Observa-se, portanto, que houve número expressivo de alunos calouros com conceito "Excelente", e nenhum com conceito "Insuficiente".

Conforme o detalhamento apresentado nesta pesquisa, a respeito da construção dos materiais didáticos, a implementação em uma turma, e os resultados obtidos, listamos a seguir as contribuições que o presente estudo proporcionou:

- Apresentação da importância da TCC no ensino de algoritmos: evidenciamos a importância da utilização desta teoria no planejamento de aulas e desenvolvimento de materiais didáticos como proposta para otimização da aprendizagem;
- A abordagem apresenta contribuição como mais uma solução para a problemática da retenção de discentes na disciplina Algoritmos: verificamos que foi potencializada a aprendizagem de programação através da utilização de *slides* e livro texto, baseados na TCC, no planejamento e apoio às aulas, tendo como consequência número expressivo de discentes com conceito "Excelente", e a redução da quantidade de discentes retidos;
- Disponibilização dos materiais didáticos: os materiais didáticos desenvolvidos neste estudo estão disponíveis a discentes e docentes, para serem usados como apoio às aulas de algoritmos, através do link: <https://bit.ly/tccensinoalgoritmos>.

Como trabalhos futuros, apresentamos as seguintes sugestões: i) repetir o experimento com um número maior de discentes; ii) desenvolver materiais com base na TCC para outros conteúdos; e iii) realizar a medição da carga cognitiva do material didático.

Referências

- Berssanette, J. H. and de Francisco, A. C. (2021). Percepção de docentes que lecionam programação de computadores quanto à formação pedagógica. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29(0):133–159.
- Clark, R. C., Nguyen, F., Sweller, J., and Baddeley, M. (2006). Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load.
- Costa, J. M. (2019). Microworlds with different pedagogical approaches in introductory programming learning: effects in programming knowledge and logical reasoning. *Microworlds with different pedagogical approaches in introductory programming learning: effects in programming knowledge and logical reasoning*, (1):145–174.
- Kalyuga, S., Chandler, P., and Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 13(4):351–371.
- Lima, Á., Diniz, M., and Eliasquevici, M. (2019). Metodologia 7cs: Uma nova proposta de aprendizagem para a disciplina algoritmos. In *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 429–443. SBC.
- Miller, G. A. (1956). The magic number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63:91–97.
- Morais, C. G. B., Neto, F. M. M., and Osório, A. J. M. (2020). Dificuldades e desafios do processo de aprendizagem de algoritmos e programação no ensino superior: Uma revisão sistemática de literatura. *Research, Society and Development*, 9(10):e9429109287–e9429109287.
- Passos, E. R. W. (2020). Princípios da teoria da carga cognitiva voltados à educação corporativa.
- Rapkiewicz, C. E., Falkembach, G. A. M., Seixas, L. M. J. d., Santos, N. d. S. R. S. d., Cunha, V. V. d., and Klemann, M. (2007). Estratégias pedagógicas no ensino de algoritmos e programação associadas ao uso de jogos educacionais. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2):257–285.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of learning and motivation*, 43:216–266.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., and Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3):251–296.
- Van Merriënboer, J. J. and Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Medical education*, 44(1):85–93.