

# Um sistema computacional de apoio à autorregulação da aprendizagem para medir a aquisição de conhecimento por alunos de cursos relacionados à ciência da computação

Paula Torales Leite<sup>1</sup>, Ismar Frango Silveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Computação e Informática - Universidade Presbiteriana Mackenzie 01302-907 - São Paulo - SP - Brasil

{paula.leite, ismar.silveira}@mackenzie.br

**Resumo.** A avaliação da aquisição de conhecimento é um desafio constante campo educacional, principalmente para os alunos do ensino superior - neste artigo, os alunos de cursos relacionados a Ciências da Computação são o alvo principal. Nesse contexto, a autorregulação e a metacognição surgem como ferramentas que podem ajudar a melhorar esse processo, permitindo que os alunos monitorem seu processo de aprendizagem. O objetivo deste projeto é avaliar a aplicabilidade de um sistema computacional baseado na autorregulação para a verificação da aquisição de conhecimento no ensino superior, na área de tecnologia. Dessa forma, pretende-se contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos e facilitar o acompanhamento dessa evolução pelos professores. Para isso, foi realizada uma revisão literária, seguida pelo desenvolvimento do sistema computacional. Os resultados dos testes realizados com educadores indicaram um consenso quanto à viabilidade da aplicação do sistema, destacando que a proposta contribui para uma avaliação mais humana e que auxilia na identificação das necessidades dos alunos. Em trabalhos futuros, é viável levar em consideração os pontos encontrados ao longo da pesquisa, com foco no aprimoramento do sistema com o objetivo de aplicá-lo efetivamente em ambientes educacionais.

## 1. Introdução

A busca pelo conhecimento é uma jornada constante, repleta de vários obstáculos que precisam ser superados. O processo de avaliação da aquisição de conhecimento surge como um dos desafios na jornada educacional e será discutido em mais detalhes neste projeto. Outras pesquisas apresentaram várias técnicas para validar a aquisição de conhecimento, classificadas como diagnósticas, formativas e somativas [Bloom et al. 1983].

Além disso, exames, dissertações, ensaios, exames orais, entrevistas, testes objetivos, observações, projetos práticos, mapas conceituais e portfólios podem ser usados para auxiliar nas avaliações [Pimentel 2006]. Em sua maior parte, eles representam abordagens tradicionais para monitorar a evolução do conhecimento dos alunos. Além disso, estudos indicaram que a percepção de sucesso na aprendizagem, bem como a aplicação de provas escritas, pode afetar a motivação dos alunos [Ramos 2019]. Essa perspectiva destaca como a escolha dos instrumentos de avaliação é uma dimensão crítica para a promoção de um ambiente educacional que estimule o desenvolvimento dos alunos e é um conceito central que é abordado neste documento.

Dessa forma, outras pesquisas sugerem que a avaliação nos cursos de Ciência da Computação (CS) poderia ser multifacetada, envolvendo avaliação automatizada de código, várias técnicas para avaliar a capacidade de programação, aprendizado baseado em projetos e atitudes das partes interessadas,

avaliação contínua, desenvolvimento de currículo e vários fatores, incluindo conhecimento, motivação e habilidades práticas, usando ferramentas que variam de questionários a processos de rede analítica [Paiva et al. 2022].

No entanto, como pode ser visto no artigo clássico de Ulbricht [Ulbricht 1982], as avaliações no contexto dos cursos relacionados à ciência da computação ainda se baseiam, com frequência, em atividades de avaliação somativa, como exames ou trabalhos finais. Mesmo os cursos que facilitam a implementação de diferentes formas de avaliação formativa têm dificuldades para persuadir os burocratas internos das universidades, que tendem a adotar uma abordagem mais voltada para a avaliação somativa devido à sua essência ou tradição. Dessa forma, diferentes estratégias e instrumentos relacionados à aprendizagem ativa [Hartwig et al. 2019], como a aprendizagem baseada em problemas/projetos ou a aprendizagem baseada em desafios [Johnson et al. 2009], são deixados para trás.

No âmbito das avaliações formativas, a metacognição se destaca como uma técnica que permite que os indivíduos reflitam sobre seu conhecimento, proporcionando controle sobre seu próprio aprendizado [Bransford et al. 2003]. Simultaneamente, a autorregulação, conhecida como um processo ativo, capacita os alunos a monitorar, regular e controlar sua cognição e motivação [Pintrich 2003], permitindo uma aprendizagem mais autônoma em que os alunos podem priorizar seus estudos [Veiga 2017]. Descobriu-se que a aplicação dessas diferentes estratégias de ensino, como práticas de avaliação e dinâmica de aula, influencia a satisfação, o desempenho e o absenteísmo dos alunos nas aulas de Introdução à Ciência da Computação [Dias Canedo et al. 2017].

O uso do software Dimensions [Dimensions 2023] revelou a importância do tema autorregulação. Essa palavra-chave foi utilizada e apresentou um aumento aproximado de 64% nas produções científicas sobre autorregulação entre os anos de 2018 e 2022, indicando um interesse crescente nessa área em comparação com os cinco anos anteriores, que tiveram um aumento de cerca de 13%. Além disso, estudos indicam que o uso de ferramentas metacognitivas resultou em maiores ganhos de aprendizagem, enfatizando o estabelecimento de metas, o monitoramento da aquisição de conhecimento e as reflexões [Zheng et al. 2019].

Diante desse contexto, este artigo apresenta a avaliação da aplicabilidade de um sistema computacional baseado na autorregulação em relação ao monitoramento do desenvolvimento cognitivo de um aluno matriculado em cursos relacionados a Ciências da Computação. Isso foi possível com o desenvolvimento de um aplicativo para celular, que pode ser acessado pelo professor e pelo aluno, proporcionando uma solução completa para ambos.

## **2. Estrutura teórica**

Pimentel [Pimentel 2006], ao analisar um conjunto diversificado de estudos, identificou quatro paradigmas fundamentais: comportamental, cognitivista, humanista e social. Esses paradigmas oferecem perspectivas distintas sobre como ocorre o processo de aprendizagem, contribuindo para a compreensão dessa dinâmica.

No paradigma comportamental [Dewaele e Li 2021], a aprendizagem é concebida como o resultado de experiências planejadas [Pimentel 2006]. Essas experiências, por sua vez, desencadeiam modificações no comportamento do indivíduo. Para a execução dessas experiências, o desenvolvimento da aprendizagem está centrado no papel do professor, que observa atentamente os comportamentos e as interconexões estabelecidas pelos alunos ao longo das atividades propostas. A eficácia do feedback fornecido pelo professor está associada à

aplicação de elogios e reconhecimento, orientando os alunos em direção ao comportamento desejado. Nessa abordagem, a repetição é considerada um princípio fundamental, e os alunos vistos como aprendendo por meio dela, sem levar em conta o conhecimento prévio. Consequentemente, é responsabilidade do professor apresentar o conteúdo de forma planejada, alinhada com a compreensão do resultado desejado.

Essa abordagem comportamental, baseada na experiência planejada e na repetição, destaca a importância do professor no processo de ensino-aprendizagem. Uma estratégia que contribui para esse processo é a ênfase no feedback positivo e no monitoramento contínuo dos alunos, promovendo o desenvolvimento dos comportamentos desejados.

Por outro lado, o paradigma cognitivista [Clark 2018] emerge do processo pelo qual o aluno se envolve ativamente na aquisição de novas informações, autogerenciadas e elaboradas pelo indivíduo. Nesse contexto, espera-se que o aprendizado ocorra por meio de tentativa e erro, eliminando as limitações formais associadas à educação tradicional. Essa abordagem exige que o professor assuma o papel de guia, apresentando problemas e situações desafiadoras para os alunos, enquanto eles assumem a responsabilidade de resolver esses desafios [Pimentel 2006].

A análise do paradigma cognitivista revela a presença da aprendizagem ativa [Pimentel 2006], uma abordagem que vem ganhando destaque, especialmente no contexto do ensino superior [Hartwig et al. 2019]. Essa metodologia é baseada em métodos instrucionais centrados no aluno, com o papel do professor assumindo a função de instrutor [Hartikainen et al. 2019].

As aplicações dessas competências no contexto educacional são vastas, o que acende a relevância da aprendizagem ativa no desenvolvimento de habilidades práticas e sociais dos alunos. Entre as várias abordagens para incorporar essa metodologia no ensino dos cursos de Ciência da Computação, exemplos notáveis incluem salas de aula invertidas, programação/discussões em pares, aprendizagem apoiada por tablet ou notebook, aprendizagem on-line, contratos de aprendizagem professor/aluno, feedback instantâneo, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem baseada em desafios e aprendizagem just-in-time [Hartwig et al. 2019].

Dentro do escopo específico deste projeto, será dada ênfase ao aprendizado baseado em projetos e desafios, destacando o foco na aplicação prática e na solução de problemas, alinhando-se com os objetivos de promover ambientes capazes de acompanhar a jornada de aquisição de conhecimento.

A aprendizagem baseada em desafios surge como uma extensão da aprendizagem baseada em projetos e da aprendizagem baseada em problemas. Tanto a abordagem baseada em desafios quanto a baseada em projetos compartilham semelhanças, concentrando-se na solução de problemas do mundo real e na função do professor como um guia que procura orientar os alunos. As informações fornecidas posteriormente sobre essa metodologia serão fundamentadas no trabalho de Johnson et al. [Johnson et al. 2009]. A criação dessa abordagem visa a envolver os alunos, direcionar o currículo para a solução de problemas do mundo real, promover o trabalho colaborativo, o gerenciamento do tempo e permitir que o aluno conduza seu próprio processo de aprendizagem.

Também será usado o Design Thinking, uma metodologia que ajuda no desenvolvimento de soluções inovadoras, com foco nos principais públicos-alvo da solução apresentada [Sahli et al. 2022]. Ela divide esse processo em cinco fases: empatia, definição, ideação, protótipo e teste [d.school Stanford 2010].

### 3. Metodologia

O desenvolvimento deste projeto de pesquisa consistiu em quatro fases distintas. A seguir, será fornecida uma síntese de cada fase para permitir uma apresentação detalhada de cada elemento nas subseções subsequentes.

A primeira etapa envolveu o início da construção da base científica por meio de uma revisão da literatura. O objetivo era coletar informações relacionadas à autorregulação do conhecimento no âmbito do ensino superior e ao delineamento de ambientes de aprendizagem ativos. Essa análise permitiu a interpretação dos dados coletados, facilitando uma compreensão abrangente da pesquisa contemporânea e fornecendo a base científica necessária para este estudo [Hulland e Houston 2020].

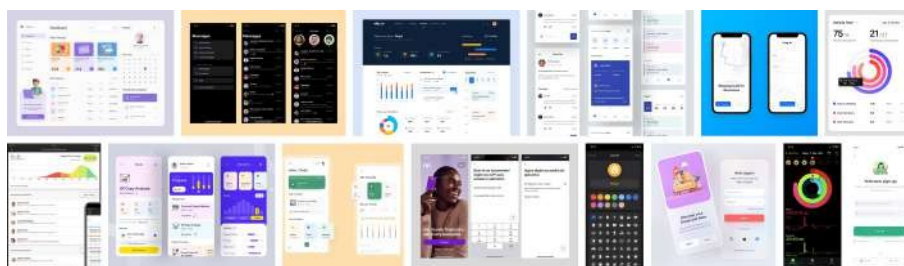
A segunda fase do projeto envolveu o desenvolvimento de um sistema computacional projetado para monitorar a jornada de aprendizado do aluno. A intenção era criar uma ferramenta que facilitasse a avaliação da aquisição de conhecimento, integrando métodos e processos de autorregulação previamente estabelecidos na fase anterior. Os testes foram conduzidos para alunos e professores de cursos relacionados à ciência da computação.

Para o desenvolvimento desse sistema, optou-se por usar a linguagem de programação Swift. Sua eficiência, integração nativa com dispositivos Apple, ênfase em segurança e privacidade, bem como facilidade de aprendizado, fazem dela uma opção para o desenvolvimento de um aplicativo dinâmico [Apple 2023]. Além disso, deve ser considerado o contexto do desenvolvimento da pesquisa - um departamento que tem parceria com a Apple na Universidade apoiou o projeto. Portanto, espera-se que esse sistema contribua para melhorar o processo de autorregulação da aprendizagem.

Depois disso, a terceira etapa envolveu a validação do aplicativo proposto. Nesse contexto, foram realizados testes com educadores, especialistas nos domínios da aprendizagem ativa e da autorregulação. A execução desses testes permitiu a avaliação da aplicabilidade do sistema.

Como complemento a essa investigação, foi desenvolvido um Mood board, um processo que envolve a coleta de dados sobre soluções do mundo real associadas ao tema do estudo, capturando a sensação desejada do produto [Preece et al. 2023]. Para isso, foi realizada uma análise dos aplicativos disponíveis no mercado para entender o que os usuários já estão acostumados a usar, bem como para identificar elementos comuns nos sistemas educacionais. Além disso, as ideias da comunidade foram consideradas para enriquecer a compreensão das tendências de design. O resultado final do Mood board consiste em uma colagem de imagens tiradas dos contextos mencionados acima, apresentadas em um formato claro para referência posterior, disponível na Figura 1.

Nesse estágio, inicia-se o processo de definição dos componentes que compõem a solução proposta para o problema em questão [d.school Stanford 2010]. Para atingir esse objetivo, foi desenvolvido um conjunto de requisitos para fornecer uma visão resumida dos desejos dos alunos e professores, comparando-os com as possíveis funcionalidades que estariam disponíveis na plataforma. Além disso, os objetivos de aprendizagem foram determinados para ilustrar o uso do aplicativo. Posteriormente, ambos os tópicos serão abordados com mais detalhes.



**Figura 1. Quadro de humor do sistema**

## **4. Desenvolvimento**

Após a revisão da estrutura teórica, foi iniciada a concepção do sistema, com base na aprendizagem autorregulada para avaliar a aquisição de conhecimento de um aluno. As informações coletadas na fase anterior forneceram a base científica necessária para abordar a hipótese proposta.

Para implementar essa proposta, foi necessário o uso de uma técnica específica de solução de problemas. Nesse contexto, optou-se por empregar o Design Thinking, uma ideologia que permite o desenvolvimento de soluções criativas, centradas no usuário, competitivas e facilmente aplicáveis em situações do mundo real [Sahli et al. 2022]. O Design Thinking surge como uma abordagem que identifica as necessidades individuais e visa a criar soluções inovadoras usando ferramentas e métodos característicos dos designers. Dobrigkeit e Paula [Dobrigkeit e de Paula 2019] apresentam a evolução do papel do Design Thinking ao longo do tempo. Os autores afirmam que os princípios centrais do Design Thinking se concentram na priorização do usuário, na aplicação do pensamento divergente e convergente, na empatia, na experimentação, na colaboração e na criatividade. Vários modelos estruturais foram propostos por diferentes pesquisadores, sendo que este trabalho analisa o modelo apresentado por Stanford [d.school Stanford 2010]. O processo é estruturado em cinco fases: empatia, definição, ideação, protótipo e teste.

### **4.1. Fase 1: Empatia**

Nessa fase, é essencial entender o contexto do problema apresentado e o público-alvo envolvido [Pintrich 2003]. Para alcançar esse entendimento, a estrutura desempenhou um papel fundamental, permitindo uma análise aprofundada dos tópicos abordados na pesquisa. São notáveis os sistemas estudados com foco na autorregulação, que demonstram melhorias no desempenho, maior eficácia, gerenciamento de tempo e progresso nas habilidades de autorregulação [Lai et al. 2018], [Prather et al. 2019] e [Saadati et al. 2021]. Cada um desses elementos ajudou a estabelecer empatia efetiva com o objeto de estudo, bem como contribuiu para a construção da visão geral do estado da arte [Hulland e Houston 2020].

### **4.2. Fase 2: Definir**

Nesse estágio, inicia-se o processo de definição dos componentes que compõem a solução proposta para o problema em questão [d.school Stanford 2010]. Para atingir esse objetivo, foi desenvolvido um conjunto de requisitos para fornecer uma visão resumida dos desejos dos alunos e professores, comparando-os com as possíveis funcionalidades que estariam disponíveis no

plataforma. Além disso, os objetivos de aprendizagem foram determinados para ilustrar o uso aplicativo. Posteriormente, ambos os tópicos serão abordados com mais detalhes.

A especificação de requisitos é uma técnica integrante do ciclo de desenvolvimento de software na Engenharia de Software, sendo o estágio em que o impacto do sistema é analisado em relação aos objetivos comerciais, às expectativas do cliente e à interação do usuário com o aplicativo [Pressman e Maxim 2021]. Para iniciar esse procedimento, é necessária uma definição precisa da solução. Portanto, no contexto desta pesquisa, o aplicativo é conceituado como: "Um sistema computacional para avaliar a aquisição de conhecimento por meio da autorregulação durante os momentos de avaliação, em que os alunos realizam autoavaliações. Tanto o professor quanto o aluno têm acesso ao aplicativo, embora suas funcionalidades sejam diferentes. Os alunos realizam autoavaliações, que envolvem reflexão visual, reflexão textual e seleção do grau de concordância com os objetivos de aprendizagem. Ambas as partes podem visualizar os resultados da avaliação, bem como detalhes relevantes e gráficos analíticos relacionados aos objetivos. O professor, por sua vez, pode visualizar a turma como um todo e individualmente, além de criar uma nova disciplina e estabelecer momentos de avaliação, vinculando-os aos objetivos de aprendizagem. A aplicação inicial envolverá alunos e professores de cursos relacionados à área de Ciência da Computação."

Assim, foi possível iniciar a elaboração dos requisitos. Com base nas informações coletadas, os interesses dos alunos podem ser inferidos. Inicialmente, destaca-se o desejo de visualizar a jornada de aquisição de conhecimento [Hartwig et al. 2019]. Além disso, observou-se que a metacognição, entendida como a regulação e o controle das atividades cognitivas durante o processo de aprendizagem, é favorecida por esse monitoramento.

Outro aspecto identificado como significativo para os alunos é a realização de autoavaliações, um componente essencial da autorregulação, que contribui para os processos cognitivos e motivacionais relacionados à aprendizagem [Pintrich 2003]. Além disso, a avaliação dos objetivos de aprendizagem estimula o desempenho acadêmico. Por fim, há um anseio por reflexões em todas as disciplinas, que fazem parte do processo metacognitivo e ajudam no desenvolvimento de habilidades de autorregulação [Saadati et al. 2021].

A Tabela 1 apresenta um conjunto de funcionalidades que atendem a essas necessidades, incluindo uma visão geral com o uso de gráficos, autoavaliação em relação a cada objetivo de aprendizagem e a execução de reflexões textuais e visuais em momentos de avaliação específicos. Essa tabela também descreve a conexão com a estrutura teórica.

A Tabela 2 destaca as funcionalidades alinhadas às necessidades do educador, incluindo a visualização dos objetivos avaliados e das reflexões individuais, um gráfico geral, filtragem de turmas e a opção de criar um curso. Na última coluna, o gráfico apresenta as referências que foram usadas para fundamentar essa conexão.

No contexto dos instrutores, foram identificadas necessidades essenciais para apoiar seus alunos. Em primeiro lugar, uma visualização abrangente de cada aluno e da turma como um todo seria benéfica, permitindo que o instrutor obtivesse as informações necessárias para oferecer assistência aos indivíduos necessitados. Outro requisito diz respeito à capacidade de selecionar os objetivos de aprendizagem que comporão um curso, pois esses objetivos formam a base processo de autorregulação, desencadeando momentos reflexivos de percepção e comportamento no aluno.

Com esses conceitos, as interações dentro do aplicativo começam a se tornar mais

**Tabela 1. Expectativas dos alunos versus funcionalidades**

<i><b>Objetivos</b></i>	<i><b>Funcionalidades</b></i>	<i><b>Referências</b></i>
Auxiliar o aluno em uma visualização ampla a progressão de seus conhecimento.	Visão geral do evolução de objetivos de aprendizado usando gráficos.	(LIVINGSTON, 2003)
Permitir que o aluno participar do processo de autorregulação em em relação ao aprendizado objetivos selecionados por o instrutor.	Reflexão sobre o momento de avaliação, onde os alunos podem conduzir uma autoavaliação relacionados a cada objetivo.	(PINTRICH, 2003)
Permitir que o aluno participar de reflexões na avaliação momentos determinados pelos instrutores.	Reflexões sobre o momento da avaliação, com interações visuais e textuais.	(ASH et al., 2005)

**Tabela 2. Expectativas dos professores versus funcionalidades**

<i><b>Objetivos</b></i>	<i><b>Funcionalidades</b></i>	<i><b>Referências</b></i>
Permitir que o instrutor tenha uma visão geral do progresso da aquisição de conhecimento para cada aluno.	Visualização individual de cada aluno, com seus objetivos avaliados e dados de reflexão.	(KENDAL, 2018)
Permitir que o instrutor tenha uma visão geral do progresso da classe como um todo.	Visualização geral da classe, capaz de ver aqueles que não atingiram os níveis mínimos em um gráfico geral.	(ASH et al., 2005)
Permitir que o instrutor escolha os momentos em que os objetivos de aprendizagem serão avaliados.	Criação de um curso, adicionando os objetivos de aprendizagem e seus níveis esperados.	(MITCHELL e MANZO, 2018)

tangível. Além disso, ao delinear as necessidades dos usuários com base em uma pesquisa, esse processo foi facilitado.

#### **4.3. Fase 3: Ideação**

A próxima etapa, conhecida como Ideate (idealizar), requer uma abordagem criativa que transcenda os padrões convencionais [d.school Stanford 2010]. Várias atividades podem fazer parte desse processo; no entanto, para este projeto, foram desenvolvidos protótipos de baixa fidelidade e os diagramas convencionais de engenharia de software. Os protótipos serão detalhados a seguir.

Para iniciar o processo criativo, foram projetados protótipos de baixa fidelidade, disponíveis para referência na Figura 2. Esses protótipos permitiram a exploração ágil e eficaz de várias ideias, além de capturar as sensações desejadas do produto [Preece et al. 2023].

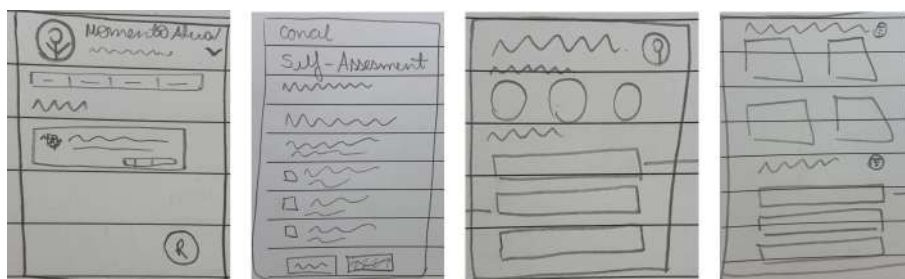


Figura 2. Protótipos de baixa fidelidade

#### 4.4. Fase 4: Protótipo

Uma parte significativa da avaliação da aquisição de conhecimento é a autorregulação, que contribui para o controle dos processos cognitivos [Pintrich 2003]. Portanto, no sistema proposto, quando solicitado pelo instrutor a concluir uma avaliação, o aluno se envolverá em reflexão visual, uma reflexão textual e uma autoavaliação dos objetivos de aprendizagem em resposta ao momento da avaliação, explorando assim os fundamentos da autorregulação.

Esse processo pode ser visualizado na Figura 3, que mostra alguns protótipos de alta fidelidade, como segue.

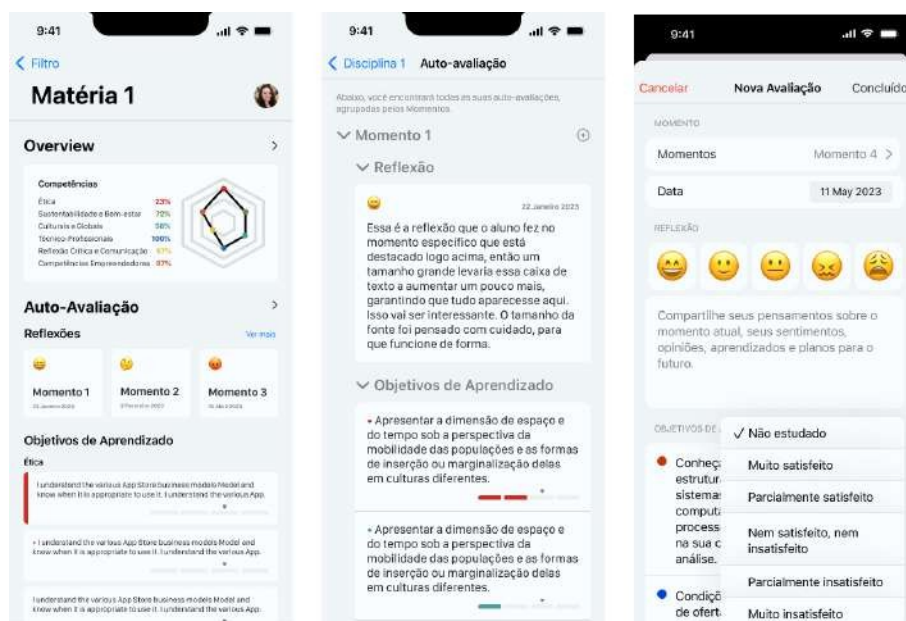


Figura 3. Primeira versão do fluxo de alunos (capturas de tela em português)

A reflexão envolve questionar os sentimentos do aluno em relação ao momento da avaliação, usando imagens que representam uma adaptação visual da escala Likert de cinco níveis, que fornece uma maneira de avaliar as atitudes do indivíduo. Além disso, o fato de essas representações serem comumente usadas em aplicativos existentes proporciona familiaridade. Para concluir a reflexão, o aluno deve escrever suas percepções, opiniões e aprendizado em relação ao momento em evidência.

O processo de autorreflexão é concluído no software quando o usuário realiza a autoavaliação de cada um dos objetivos de aprendizagem. Novamente, isso se baseia em Likert, agora



com seis níveis, não permitindo, portanto, respostas neutras como as escalas ímpares.

Em relação ao instrutor, há dois fluxos relevantes. O primeiro consiste na visualização geral da turma, conforme apresentado na Figura 2. Nessa visualização, o instrutor tem acesso a um gráfico de barras, em que cada barra representa uma das competências e o número de objetivos de aprendizagem concluídos pela turma até aquele momento. O diagrama também indica a meta de acordo com os níveis selecionados pelos professores para cada objetivo. Logo abaixo, há uma lista com todos os alunos, acompanhada de filtros. O primeiro refere-se aos alunos que avaliaram pelo menos um objetivo acima do nível esperado após pelo menos duas autoavaliações. O segundo é semelhante ao anterior, mas relacionado aos níveis abaixo do esperado. O próximo filtro apresenta os alunos que não avaliaram mais de dois objetivos após pelo menos uma autoavaliação. Em seguida, há o filtro para aqueles que já concluíram todas as avaliações e, por fim, o conjunto que está fora do nível esperado. Quando o instrutor seleciona um aluno, ele pode ver especificamente quais objetivos esse aluno avaliou abaixo nível esperado, quais não foram avaliados, bem como o histórico de todas as autoavaliações já concluídas. Dessa forma, o instrutor tem as ferramentas necessárias para monitorar a evolução cognitiva em suas disciplinas.

O segundo fluxo que o instrutor pode realizar é a criação de uma disciplina, conforme ilustrado na Figura 4. A principal interação dessa etapa consiste na criação de momentos de avaliação. Para isso, o instrutor deve selecionar a opção "Momentos de Avaliação" e ser direcionado para a tela subsequente, onde é possível nomear os momentos e escolher quais objetivos farão parte deles. Dessa forma, o aplicativo fornece ao aluno os objetivos de aprendizagem que formam a base do processo de autorregulação.



**Figura 4. Fluxo de criação do curso - primeira versão (capturas de tela em português)**

#### 4.5. Fase 4: Teste

Após o desenvolvimento das versões iniciais da interface do sistema, foi necessário validá-la. Essa avaliação visa a verificar se o sistema atende às necessidades dos usuários, empregando testes que vão desde abordagens informais até análises baseadas em metodologias [Pressman e Maxim 2021]. Nesse contexto, optamos por utilizar o conceito de Lenses, um processo de avaliação de interfaces de dispositivos móveis projetadas, aplicando heurísticas a cada um dos fluxos analisados [Santos 2021]. Essa abordagem permitiu que nós mesmos aplicássemos as várias heurísticas, realizando, assim, uma avaliação focada na Lente "Usabilidade", antes de apresentar os resultados finais ao público-alvo.

Esse processo levou à reformulação de ambos os conjuntos de interfaces, identificando e corrigindo algumas falhas importantes de usabilidade, como pode ser visto nas Figs. 5 (fluxo dos alunos) e 6 (fluxo dos professores).

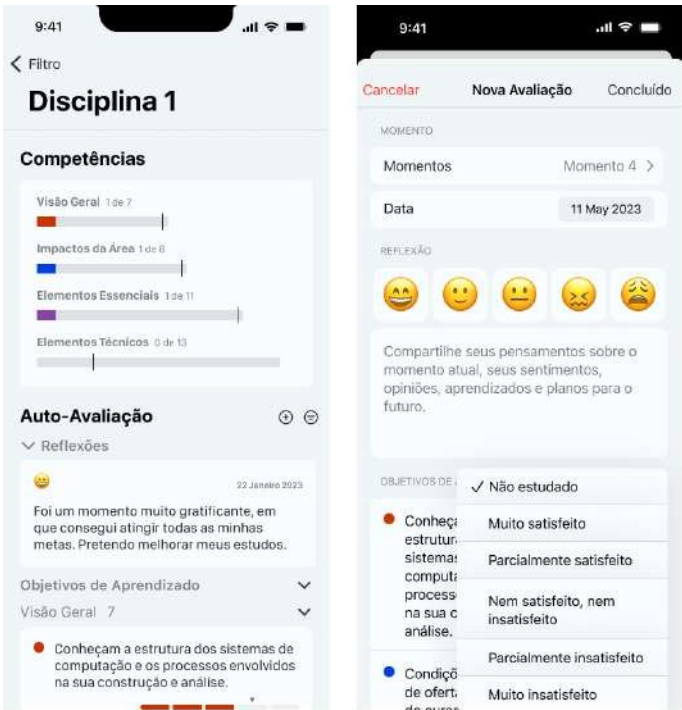


Figura 5. Segunda versão do fluxo de alunos (capturas de tela em português)

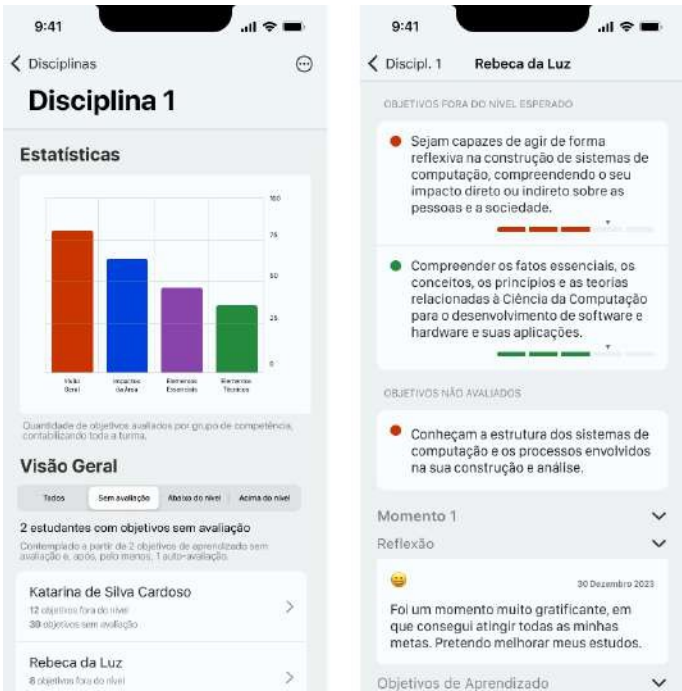


Figura 6. Segunda versão do fluxo de professores (capturas de tela em português)

Embora existam quatro categorias de lentes, neste momento, foi decidido

concentram-se na lente "Usabilidade", com o objetivo de melhorar a interface do software. Essas lentes são compostas por um conjunto de cartões que devem ser aplicados, cada um com suas próprias perguntas. Dessa forma, todos os cartões de "Usabilidade" foram aplicados aos fluxos. Após essa definição, foi realizada a aplicação do processo, analisando os três fluxos mencionados: aluno, professor e criação de disciplina. Em cada análise, foi seguida uma execução sequencial do uso planejado, resultando em tabelas que destacavam os problemas de usabilidade.

## **5. Testes e validação de usuários**

Considerando que a abordagem do Design Lenses ajudou na validação contínua por parte dos alunos - mencionada anteriormente -, a validação dos usuários finais foi realizada com os professores de Ciências da Computação. A fase de validação foi realizada para determinar a aceitabilidade do sistema proposto no contexto dos educadores participantes da entrevista. Esse processo foi realizado por meio de um questionário seguido de uma entrevista semiestruturada, previamente aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade.

Para facilitar a análise dos dados, optou-se pela aplicação da análise narrativa, um método que ganhou popularidade na década de 1990, mas que não tem uma única forma de implementação devido à sua natureza interdisciplinar [Snyder 2019]. Essencialmente, a aplicação desse método se destaca na análise de textos em seu contexto como dados ou avaliações [Wang et al. 2020]. Portanto, essa foi considerada a melhor escolha para implementação, e essa abordagem foi mantida durante toda a execução do processo.

A primeira etapa envolveu a transcrição das gravações de áudio das entrevistas, incluindo os comentários do entrevistador, para garantir a integridade e a confiabilidade dos depoimentos obtidos. Em seguida, foi realizada uma leitura inicial dos textos para ganhar familiaridade e estabelecer conexões com o material. No terceiro estágio, as informações apresentadas pelos participantes foram categorizadas. Por fim, foi uma síntese das informações coletadas, transformando os dados em relações contextualizadas com os objetivos e a aplicabilidade do projeto de pesquisa.

A análise e a interpretação das ideias e opiniões revelaram um consenso em relação à viabilidade da implementação do sistema na rotina diária de todos os professores e educadores entrevistados no contexto dos cursos relacionados à ciência da computação.

## **6. Conclusões**

A implementação eficaz de tecnologias educacionais requer a consideração do contexto em que elas são aplicadas. Nesse sentido, a definição do contexto limitado aos cursos relacionados à ciência da computação e seus alunos e professores teve objetivo explorar as possíveis oportunidades de integração do sistema proposto nesse ambiente educacional específico. Ao compreender os principais momentos durante o curso em que o aplicativo pode ser benéfico, sua utilidade pode ser otimizada, melhorando a experiência de aprendizado dos alunos.

A análise do impacto do aplicativo na aprendizagem autorregulada contribui para a compreensão de como as tecnologias podem influenciar os processos de ensino e aprendizagem, direcionando o foco para a interseção entre a tecnologia educacional e a capacidade do aluno de regular sua própria técnica de aquisição de conhecimento.

Os elementos específicos que compõem a solução e contribuem para o aprendizado autorregulado são destacados, como o uso de gráficos, a autoavaliação e a oportunidade de

expressar sentimentos associados à avaliação. Por fim, foram identificados pontos fundamentais para o sucesso da proposta, incluindo a clareza na explicação da funcionalidade do sistema e do conceito de autorregulação, bem como a estratégia de implementação nas instituições de ensino superior.

Durante o andamento das entrevistas, surgiu uma análise da interação entre o sistema em estudo e o processo de avaliação da aquisição de conhecimento dos alunos, explorando a interseção entre a tecnologia educacional e a avaliação do aprendizado.

O resultado dessa pesquisa levou à proposta de um sistema computacional destinado a rastrear a aquisição de conhecimento dos alunos no ensino superior, limitado, neste estudo, a professores e alunos de cursos relacionados à ciência da computação. Essa solução foi implementada para beneficiar tanto os alunos quanto os professores. Os alunos têm a opção de realizar uma autoavaliação, na qual podem inserir reflexões visuais, reflexões textuais e autoavaliações individuais para cada um dos objetivos pertencentes ao momento de avaliação.

Após a conclusão deste estudo, ficou evidente que um sistema que auxilia no monitoramento da jornada de aprendizagem e que incorpora princípios de autorregulação produz resultados positivos. Os testes realizados com alunos e professores de cursos relacionados à ciência da computação contribuíram para essa conclusão, destacando que diferentes contextos e realidades de ensino e aprendizagem podem se beneficiar dessa abordagem. O sistema fornece insights detalhados para os professores e incentiva os alunos a refletir sobre seu aprendizado, promovendo uma abordagem mais humanizada e considerando o desenvolvimento de soft skills. Ao atingir os objetivos propostos, este trabalho aponta para a relevância de um sistema aplicável no contexto do ensino superior, enriquecendo a experiência de aprendizagem e contribuindo para o desenvolvimento acadêmico dos alunos.

Como trabalhos futuros, seria relevante aplicar esse sistema em salas de aula. Isso verificaria a verdadeira aplicabilidade e o dimensionamento do sistema em cenários reais. Com isso, contribuindo para a jornada de aprendizado contínuo dos alunos.

## Referências

- Apple (2023). Diretrizes de interface humana. Relatório técnico, Apple. Acessado em 11/2023.
- Bloom, B., S., Hastings, J., T., e Madaus, G., F. (1983). *Manual de Avaliação Formativa e Somativa do Aprendizado Escolar*.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., e Cocking, R. R. (2003). *How people learn: Brain, mind, experience, and school (Cérebro, mente, experiência e escola)*.
- Clark, K. (2018). Teorias de aprendizagem: Cognitivismo. *Radiologic technology*, 90:176-179.
- Dewaele, J.-M. e Li, C. (2021). Teacher enthusiasm and students' social-behavioral learning engagement: O papel mediador da diversão e do tédio dos alunos em aulas de inglês como língua estrangeira em chinês. *Language Teaching Research*.
- Dias Canedo, E., Santos, G. A., e de Freitas, S. A. A. (2017). Análise da metodologia de ensino-aprendizagem adotada nas aulas de introdução à ciência da computação. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, page 1-8. IEEE Press.
- Dimensions (2023). Relatório técnico, <https://www.dimensions.ai>. Acessado em: 12/2023.

- Dobrigkeit, F. e de Paula, D. (2019). Design thinking na prática: Entendendo as manifestações do design thinking na engenharia de software. Em *Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, ESEC/FSE 2019, page 1059-1069, New York, NY, USA. Associação para Máquinas de Computação.
- d.school Stanford (2010). Uma introdução ao design thinking - guia de processo. Relatório técnico.
- Hartikainen, S., Rintala, H., Räsänen, L., e Nokelainen, P. (2019). O conceito de aprendizagem ativa e a medição dos resultados da aprendizagem: A review of research in engineering higher education. *Ciências da Educação*, 9(4).
- Hartwig, A., Silveira, M., Fronza, L., Mattos, M. e Kohler, L. (2019). Metodologias ativas para o ensino da programação: uma abordagem prática e um estudo prático. *Anais do Workshop de Informática na Escola*, 25(1):1139-1143.
- Hulland, J. e Houston, M. B. (2020). Why systematic review papers and meta-analyses matter: An introduction to the special issue on generalizations in marketing (Uma introdução à edição especial sobre generalizações em marketing). *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48:351-359.
- Johnson, L. F., Smith, R., Smythe, J. T., e Varon, R. (2009). Aprendizagem baseada em desafios: Uma abordagem para o nosso tempo.
- Lai, C.-L., Hwang, G.-J., e Tu, Y.-H. (2018). The effects of computer-supported self-regulation in science inquiry on learning outcomes, learning processes, and self-efficacy (Os efeitos da autorregulação apoiada por computador na investigação científica sobre resultados de aprendizagem, processos de aprendizagem e autoeficácia). *Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia educacional*, 66:863-892.
- Paiva, J. C., Leal, J. P., e Figueira, A. (2022). Avaliação automatizada no ensino de ciência da computação: A state-of-the-art review. *ACM Trans. Comput. Educ.*, 22(3).
- Pimentel, E. (2006). *Um modelo para a Avaliação e Acompanhamento Contínuo do Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz*. Tese de doutorado, Instituto Tecnológico de Amsterdã.
- Pintrich, P. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts (Uma perspectiva da ciência da motivação sobre o papel da motivação do aluno em contextos de ensino e aprendizagem). *Journal of Educational Psychology - J EDUC PSYCHOL*, 95:667-686.
- Prather, J., Pettit, R., Becker, B. A., Denny, P., Loksa, D., Peters, A., Albrecht, Z. e Masci, K. (2019). As primeiras coisas primeiro: Fornecendo andaimes metacognitivos para a interação de prompts de problemas. Em *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '19, página 531-537, Nova York, NY, EUA. Associação para Máquinas de Computação.
- Preece, J., Rogers, Y., e Sharp, H. (2023). *Design de interação: Beyond Human- Computer Interaction*. John Wiley & Sons, Inc., EUA.
- Pressman, R. S. e Maxim, B. R. (2021). *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. AMGH, 9a edição.
- Ramos, V. A. B. (2019). A motivação e o sucesso escolar. Relatório técnico. Psicologia.pt - O Portal dos Psicólogos.

- Saadati, Z., Zeki, C. P., e Barenji, R. V. (2021). Sobre o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de aprendizagem baseado em blockchain como uma ferramenta metacognitiva para apoiar a autorregulação da aprendizagem no ensino superior on-line. *Ambientes interativos de aprendizagem*, 0(0):1-24.
- Sahli, A., Pei, E., Manohar, A. e Evans, R. (2022). Visualização do conhecimento: A design centered framework. *Procedia CIRP*, 109:629-634. 32ª Conferência de Design da CIRP (CIRP Design 2022) - Design em um mundo em transformação.
- Santos, K. S. d. P. (2021). Processo de desenvolvimento de interfaces para dispositivos móveis: uma proposta. Dissertação de mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Snyder, H. (2019). Revisão da literatura como metodologia de pesquisa: An overview and guide lines. *Journal of Business Research*, 104:333-339.
- Ulbricht, K. (1982). Summative evaluation of a course of study in computer science (Avaliação sumativa de um curso de ciências da computação). *Educação Superior*, 11.
- Veiga, A. V. L. d. (2017). A percepção dos alunos na avaliação dos processos de aprendizagem. Dissertação de mestrado, Instituto Técnico de Lisboa. Acessado em: 10/10/2022.
- Wang, L., Ang, L. H., e Abdul Halim, H. (2020). Uma revisão sistemática da literatura sobre análise narrativa em estudos recentes de tradução. 28:1-16.
- Zheng, L., Li, X., Zhang, X. e Sun, W. (2019). The effects of group metacognitive scaffolding on group metacognitive behaviors, group performance, and cognitive load in computer-supported collaborative learning (Os efeitos da estrutura metacognitiva do grupo nos comportamentos metacognitivos do grupo, no desempenho do grupo e na carga cognitiva na aprendizagem colaborativa apoiada por computador). *The Internet and Higher Education*, 42:13-24.