

# DECORA: Um Sistema de Apoio ao Ensino de Decisões de Projetos Arquiteturais

**Eduarda Araújo Carvalho<sup>1</sup>, Jacson Rodrigues Barbosa<sup>2</sup>, Renato Bulcão Neto<sup>2</sup>, Valdemar V. Graciano Neto<sup>2</sup>, Pedro Henrique Valle<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas (ICE) – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)  
Juiz de Fora, MG – Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Informática (INF) – Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, GO – Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Matemática e Estatística (IME) – Universidade de São Paulo (USP)  
São Paulo, SP – Brasil

eduardaaraujo.carvalho@estudante.ufjf.br

jacson@inf.ufg.br, rbulcao@ufg.br, valdemarneto@inf.ufg.br

pedrohenriquevalle@usp.br

**Abstract.** *Software Architecture plays a crucial role in ensuring the quality of systems. For professionals to develop high-quality systems, they must have a solid knowledge of architectural patterns and styles. In this context, this work proposes DECORA, a system designed to support the teaching of architectural decisions, facilitating the understanding of complex concepts. DECORA aims to offer an interactive approach that allows students to learn architectural patterns and styles through an adaptive questionnaire, generating personalized recommendations based on the answers provided. The obtained results in the evaluation indicate that DECORA contributes to increasing student motivation and improving the understanding of architectural concepts.*

**Resumo.** *A Arquitetura de Software desempenha um papel crucial na garantia da qualidade dos sistemas. Para que profissionais possam desenvolver sistemas de alta qualidade, é essencial que possuam um conhecimento sólido sobre padrões e estilos arquiteturais. Nesse contexto, este trabalho propõe o DECORA, um sistema desenvolvido para apoiar o ensino de decisões arquiteturais, facilitando a compreensão de conceitos complexos. O DECORA visa oferecer uma abordagem interativa que permita aos alunos aprender padrões e estilos arquiteturais por meio de um questionário adaptativo, gerando recomendações personalizadas com base nas respostas fornecidas. Os resultados obtidos na avaliação indicam que o DECORA contribui para o aumento da motivação dos estudantes e para a melhoria da compreensão dos conceitos arquiteturais.*

## 1. Introdução

A Arquitetura de Software (AS) é a base essencial de todo sistema, desempenhando um papel vital na definição da qualidade dos produtos de software [Bass et al. 2021]. A AS constitui a estrutura que sustenta e orienta o desenvolvimento do sistema como um todo [Michael et al. 2009]. No entanto, a ausência de uma definição clara e consenso sobre o papel do arquiteto de software nas organizações pode resultar em uma diminuição da qualidade dos produtos de software [Júnior 2022]. Esses desafios no campo da AS

têm implicações no desenvolvimento de software, motivando a necessidade de ferramentas eficazes para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos relacionados a AS [Barbosa et al. 2022].

Isso se reforça ainda mais, pois ensinar o conteúdo de AS é uma tarefa desafiadora, especialmente devido à complexidade e ao nível de abstração dos conteúdos [Barbosa et al. 2022]. Transmitir conceitos abstratos, como padrões arquiteturais, estilos arquiteturais, componentes, módulos e interações entre eles, de forma clara e acessível aos alunos é um grande desafio. Além disso, a falta de experiência prática dos alunos na construção de sistemas complexos também é um obstáculo, e integrar aspectos multidisciplinares, como considerações de negócios, requisitos, segurança e escalabilidade, requer a adoção de abordagens pedagógicas que estimulem a compreensão desses conceitos [Deterding et al. 2011]. Além disso, avaliar a compreensão dos alunos sobre AS é uma tarefa subjetiva e muitas vezes depende de projetos [Barbosa et al. 2022].

Existem diferentes iniciativas na área de AS que visam aprimorar o processo de tomada de decisões arquiteturais. Por exemplo, o sistema Archify, proposto por Marinho et al. (2021), utiliza uma abordagem baseada em árvore de decisão para apoiar a tomada de decisões. Por outro lado, Brandner e Weinreich (2012) propuseram um sistema de recomendação baseado em uma Base de Conhecimento de Arquitetura (AKB). Além disso, a ferramenta ArchE, desenvolvida por Iaz-Pace et al. (2008), também contribui para esse campo. Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi propor um sistema que apoiasse o ensino de conteúdos de AS, denominado DECORA<sup>1</sup>. Esse sistema foi desenvolvido para ajudar os estudantes a aprender os conceitos associados às decisões arquiteturais em projetos de software. O DECORA permite que os usuários interajamativamente com as sugestões e diretrizes arquiteturais, fornecendo *feedback* contextualizado e promovendo o aprendizado ativo. Esse sistema se destaca por ser uma abordagem interativa e personalizada para as necessidades específicas dos usuários, tornando-se assim um sistema de apoio ao aprendizado que abrange diferentes conteúdos da AS, como estilos arquiteturais, estratégias arquiteturais e tecnologias. Portanto, os usuários podem explorar e experimentar diferentes abordagens, analisar *trade-offs* e tomar decisões informadas durante o desenvolvimento de sistemas de software.

Com o objetivo de analisar a motivação dos estudantes ao utilizarem a ferramenta para apoiar o ensino de decisões arquiteturais, foi realizada a avaliação do DECORA junto a estudantes da graduação que cursaram a disciplina de Arquitetura de Software na Universidade Federal. A avaliação foi fundamentada no modelo ARCS (*Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação*) e utilizou o instrumento IMMS (do inglês, *Instructional Materials Motivation Survey*). Os resultados indicaram que o DECORA é eficaz em manter o interesse dos alunos, sendo relevante para suas necessidades de aprendizagem, promovendo confiança em suas habilidades e proporcionando satisfação com o processo de aprendizagem.

Este trabalho está assim organizado: a Seção 2 apresenta o referencial teórico; a Seção 3 descreve os trabalhos relacionados; a Seção 4 discorre sobre a metodologia empregada neste estudo; a Seção 5 aborda o funcionamento do DECORA, suas funcionalidades, interfaces e a avaliação realizada; a Seção 6 apresenta uma avaliação preliminar da efetividade da ferramenta DECORA; a Seção 7 discute as implicações dos resultados obtidos; por fim, as Seções 8 e 9 sumarizam as ameaças à validade deste estudo e as considerações finais, respectivamente.

---

<sup>1</sup>Disponível em: <https://decora-front.vercel.app/>

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Arquitetura de Software

De acordo com a norma ISO/IEC/IEEE (2022), a AS é definida como “A estrutura fundamental ou o esqueleto de um sistema de software, que define seus componentes, suas relações e seus princípios de projeto e evolução”. Dessa forma, uma AS bem projetada promove a modularidade, permitindo que diferentes partes do sistema funcionem de forma independente e sejam atualizadas sem afetar outras partes, facilitando a interoperabilidade entre diferentes componentes e sistemas; e permitindo que eles se comuniquem e trabalhem juntos de maneira eficiente e eficaz [Garcia 2023]. Vale a pena mencionar que a qualidade do software é influenciada pela AS, afetando fatores como confiabilidade, segurança, usabilidade e eficiência dos produtos de software [Lopes 2023].

Existem diversos estilos arquiteturais que podem ser considerados em um projeto de AS, cada um com suas características e benefícios. São exemplos desses estilos [Lopes 2023]: (i) *camadas* que divide o sistema em camadas, como apresentação, lógica de negócios e persistência. Isso facilita a manutenção e a escalabilidade; (ii) *cliente-servidor* que é comum em aplicações Web, separando o cliente (interface gráfica) do servidor (processamento de dados); (iii) *orientação a serviços (SOA)* que é baseada em serviços independentes que se comunicam por meio de interfaces, é flexível e reutilizável; e (iv) *microservices* que divide o sistema em pequenos serviços independentes, facilitando a implantação e a manutenção.

### 2.2. Decisões Arquiteturais

Um conjunto de decisões arquiteturais é essencial para a construção de uma AS com qualidade [Ansen and Bosch 2005], desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento dos produtos de software gerados. Essas decisões orientam o processo de desenvolvimento e também influenciam diretamente a qualidade e o desempenho do sistema [Ansen and Bosch 2005]. Para uma compreensão mais aprofundada dessas decisões, pode-se destacar quatro elementos essenciais relacionados a elas [Ansen and Bosch 2005]: (i) *atributos de qualidade prioritários* são características-chave que orientam a AS, como desempenho, segurança e escalabilidade; (ii) *estilos e padrões arquiteturais* são utilizados para alcançar os atributos de qualidade priorizados, ou seja, são abordagens e soluções arquiteturais utilizadas para alcançar os atributos de qualidade priorizados; (iii) *domínio de aplicação do sistema* que se refere ao contexto em que o sistema será usado e as restrições que isso implica; e (iv) *componentes e tecnologias COTs (Commercial off-the-Shelf)* que são componentes prontos e tecnologias de terceiros que podem ser incorporados à arquitetura.

Nesse contexto, Hofmeister (2007) propôs um processo clássico para a definição de AS, composto por três atividades distintas, sendo elas: (i) *análise arquitetural* que envolve a identificação dos requisitos arquiteturais significativos, que são as preocupações do ponto de vista arquitetural. Isso inclui a definição de requisitos funcionais e não funcionais que o sistema deve atender, como desempenho, confiabilidade, manutenibilidade e portabilidade; (ii) *síntese arquitetural* cujo objetivo é encontrar um projeto arquitetônico que atenda às exigências identificadas na análise. Isso envolve a criação de modelos arquiteturais, a definição de componentes e suas interações e a escolha de padrões e estilos arquiteturais que se alinhem com os requisitos; e (iii) *avaliação arquitetural* que assegura que as decisões arquitetônicas tomadas na síntese são as corretas e atendem aos requisitos levantados. Definir as decisões arquiteturais é um grande desafio [Tofan et al. 2013], mas é possível utilizar sistemas de recomendação (SR) com conhecimento especializado inte-

grado para automatizar ou semi-automatizar parte dessas atividades, tornando o processo mais eficiente e eficaz [Nunes and Jannach 2017].

### 3. Trabalhos Relacionados

Existem diferentes iniciativas que buscam aprimorar o processo de tomada de decisões arquiteturais. Essas iniciativas variam desde ferramentas interativas até SR, cada qual com características próprias. A seguir, apresentam-se algumas dessas iniciativas. Marinho et al. (2021) propuseram um sistema, denominado Archify, que fornece funcionalidades essenciais para apoiar o processo de tomada de decisão arquitetural. Entre suas principais características, destacam-se a geração de recomendações e a matriz de rastreabilidade. Recomendações são produzidas com base nas respostas fornecidas pelos usuários. Essas recomendações abrangem um conjunto de decisões arquiteturais sugeridas. Além disso, a plataforma apresenta uma matriz de rastreabilidade que mapeia como as decisões arquiteturais estão relacionadas às respostas dadas em cada pergunta;

Nessa mesma perspectiva, Brandner e Weinreich (2019) propuseram um SR que se baseia em uma Base de Conhecimento de Arquitetura (*Architecture Knowledge Base - AKB*). Esse sistema oferece recomendações relacionadas a tecnologias, IDEs e estilos arquiteturais. Ele utiliza uma base de conhecimento para sugerir decisões arquiteturais com base em cinco estratégias de recomendação: software semelhante, contexto, espaço de *design*; e processo de *design*. Outra iniciativa foi proposta por Iaz-Pace et al. (2008) que criou a ArchE, uma ferramenta baseada em agentes para guiar a exploração de *design*. Entre suas principais características, destacam-se: (i) a exploração de alternativas de *design* pelos usuários; (ii) a modelagem baseada em agentes para representar os diferentes elementos do *design*; (iii) a avaliação da qualidade das alternativas de *design* com base em métricas específicas; (iv) recomendações personalizadas com base nas preferências do usuário e nos objetivos do projeto; e (v) visualização interativa para ajudar os usuários a entender as implicações de diferentes escolhas de *design*.

Em comparação a essas abordagens, o DECORA promove: 1) personalização e interatividade, pois na plataforma os usuários podem adaptar a experiência de acordo com suas necessidades e preferências. Ao contrário de abordagens estáticas, o DECORA permite que os usuários interajam ativamente com as sugestões e diretrizes arquiteturais, tornando o processo de aprendizado mais envolvente. Em cenários complexos, pode ser desafiador adaptar completamente a ferramenta às necessidades específicas de cada usuário. Em situações como essa, o sistema de Iaz-Pace et al. (2008), o ArchE, por utilizar uma modelagem baseada em agentes, pode mitigar a dependência de dados; Tanto o DECORA quanto o Archify fornecem 2) *feedback* contextualizado, permitindo que os usuários vejam como suas respostas influenciam as sugestões e entendam as motivações subjacentes às diretrizes propostas. No entanto, o DECORA também permite a adição de novas sugestões de acordo com o contexto necessário devido a sua possibilidade de personalização pelos usuários; 3) aprendizado ativo pois o processo de *feedback* do DECORA é fundamental para o aprendizado ativo. Os usuários não apenas recebem informações passivamente, mas também analisam e refletem sobre as sugestões; e 4) Por fim, é importante destacar que, diferentemente dos sistemas propostos por Brandner e Weinreich (2019) e Iaz-Pace et al. (2008), o DECORA serve como ferramenta complementar da abordagem pedagógica. Este sistema foi projetado como uma ferramenta educacional que promove o desenvolvimento ativo de habilidades críticas e reflexivas dos usuários. Além disso, a replicabilidade por outras universidades é possível e incentivada. Para facilitar essa adoção, o sistema foi hospedado e está disponível publicamente. Adicionalmente, o código-fonte

está acessível no GitHub<sup>2</sup>, o que facilita a adoção e adaptação da ferramenta por outras instituições.

#### 4. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do DECORA envolveu quatro etapas: a definição do questionário, o *back-end*, o *front-end* e a avaliação conduzida para coletar o *feedback* dos estudantes. Uma visão geral das etapas é apresentada na Figura 1.



**Figura 1. Etapas do desenvolvimento**

1. **Definição do Questionário:** A elaboração de um questionário com 12 perguntas iniciais sobre decisões arquiteturais foi derivada do estudo realizado por Marinho *et al.* (2021). Essas perguntas foram selecionadas devido ao seu desempenho satisfatório em termos de validade e confiabilidade em avaliações anteriores. Entretanto, foram identificadas perguntas que poderiam gerar discordâncias entre os respondentes. Para mitigar esse risco e aumentar a flexibilidade do instrumento, o DECORA foi concebido de forma a permitir a personalização do questionário. Dessa forma, o professor, enquanto usuário, tem a capacidade de adicionar ou remover perguntas conforme necessário, ajustando o questionário às necessidades específicas da turma e ao contexto de ensino.
2. **Desenvolvimento do Back-End:** A lógica que gera as recomendações do DECORA fundamenta-se em um algoritmo que integra a priorização de respostas com a aplicação de uma árvore de decisão. Cada questão oferece um conjunto de respostas possíveis, sendo que cada uma dessas respostas está vinculada a um ou mais padrões arquiteturais. Essas associações são mapeadas de acordo com a prioridade atribuída a cada pergunta. À medida que o usuário responde ao questionário, o sistema analisa as respostas fornecidas e calcula um peso total para cada recomendação, somando as prioridades das perguntas correspondentes às respostas selecionadas. Em seguida, a árvore de decisão desempenha um papel importante, organizando e priorizando essas recomendações com base nos critérios estabelecidos pelo questionário.  
Para implementar essa lógica, o desenvolvimento do sistema foi realizado utilizando o NodeJS como ambiente de execução, em conjunto com o framework Express. Além disso, para o armazenamento e gerenciamento das informações essenciais do sistema, foi escolhido o banco de dados MongoDB.
3. **Desenvolvimento do Front-End:** As recomendações geradas pelo sistema DECORA são apresentadas de forma clara e acessível na interface do usuário. Após o usuário completar o questionário, as recomendações são exibidas de maneira estruturada, categorizadas conforme os padrões arquiteturais e tecnologias sugeridos. A interface fornece uma visualização das sugestões, permitindo que os usuários compreendam quais são as opções recomendadas e como elas se relacionam com suas respostas. Para facilitar o desenvolvimento e o reaproveitamento de componentes, foi utilizado o ambiente de execução ReactJS.

<sup>2</sup>Disponível em: <https://github.com/eduardaac/Decora>

#### 4. Avaliação do DECORA:

A avaliação da ferramenta DECORA foi realizada por meio de um formulário composto pelas perguntas do IMMS (do inglês, Instructional Materials Motivation Survey), aplicado a estudantes de uma disciplina de AS. O objetivo foi verificar a usabilidade e a eficácia da ferramenta para compor a abordagem pedagógica. Para isso, foram analisados os feedbacks dos estudantes após a experiência de uso da ferramenta, na qual puderam explorar todas as funcionalidades e aprender os conceitos sobre decisões arquiteturais.

### 5. Um Sistema de Apoio ao Ensino de Decisões de Projeto Arquitetural

O DECORA foi desenvolvido com foco em interfaces simples e intuitivas para garantir uma navegação agradável e eficiente. As principais funcionalidades da ferramenta são descritas a seguir:

1) *login no sistema*: a tela de login foi projetada para autenticar os usuários de forma segura. Se as credenciais forem incorretas ou campos obrigatórios estiverem em branco, uma mensagem de erro é exibida. Esse princípio é aplicado consistentemente em todas as outras telas do sistema; 2) *cadastro do usuário*: o processo de cadastro é dividido em três etapas. Na primeira etapa, são solicitados nome e e-mail. A segunda etapa pede a data de nascimento, senha e confirmação de senha. Finalmente, na terceira etapa, o usuário informa sua área de atuação, nível de escolaridade e tipo de usuário: *professor* ou *aluno*. Caso o usuário selecione a opção *aluno*, será necessário inserir o código da turma em que está matriculado. Após concluir o cadastro, o usuário será redirecionado para a tela inicial. A Figura 2 apresenta um exemplo da tela inicial para um usuário do tipo *aluno*. Nessa tela, os alunos têm acesso às perguntas do questionário associadas ao seu professor, com base no código da turma inserido durante o cadastro. A tela inicial também oferece um menu com opções como *perfil* e *sair*; 3) *edição de perguntas*: permite ao usuário **professor** adicionar ou remover perguntas do formulário, conforme ilustrado pela Figura 3. Em contraste, o usuário *aluno* pode apenas visualizar as perguntas fornecidas pelo seu professor, acessando-as através do código da turma.

Além disso, ambos os usuários, *aluno* e *professor*, podem visualizar as 4) *recomendações das decisões arquiteturais*: essas geradas pelo sistema após o preenchimento do questionário, bem como as explicações sobre a razão de cada sugestão. A Figura 4 mostra a tela de recomendações, onde os usuários podem ver as decisões arquiteturais sugeridas. Cada recomendação é acompanhada de uma explicação sobre sua relevância, e ao passar o mouse sobre uma decisão, a questão que gerou essa recomendação é exibida; 5) exibir perfil: tanto os usuários *aluno* quanto *professor* têm acesso às informações pessoais nos seus perfis, que contêm os dados fornecidos durante o cadastro; e 6) dados da turma: em que o usuário *professor* pode visualizar informações sobre sua turma, incluindo o número total de alunos que utilizam a ferramenta e o e-mail de cada um deles. Essa funcionalidade facilita a gestão e acompanhamento dos alunos.

**SISTEMA DE RECOMENDAÇÕES**

Este software tem características de uma aplicação distribuída?  
Selecione opção...

Qual o domínio do software?  
Selecione opção...

O número de usuários aos quais o software deve atender é um número conhecido, ou o sistema prevê resiliência e escalabilidade, isto é, capacidade de modificação na quantidade de recursos providos a partir de demanda variante?  
Selecione opção...

O software deve realizar interação(s) com outro(s) software(s)?  
Selecione opção...

Com relação à disponibilidade, caso haja indisponibilidade temporária do software, os usuários podem correr risco, serem feridos ou terem perdas financeiras ou de outra natureza?  
Selecione opção...

**Figura 2. Tela inicial - Aluno**

**SISTEMA DE RECOMENDAÇÕES**

Este software tem características de uma aplicação distribuída?  
Selecione opção...

Qual o domínio do software?  
Selecione opção...

O número de usuários aos quais o software deve atender é um número conhecido, ou o sistema prevê resiliência e escalabilidade, isto é, capacidade de modificação na quantidade de recursos providos a partir de demanda variante?  
Selecione opção...

O software deve realizar interação(s) com outro(s) software(s)?  
Selecione opção...

Com relação à disponibilidade, caso haja indisponibilidade temporária do software, os usuários podem correr risco, serem feridos ou terem perdas financeiras ou de outra natureza?  
Selecione opção...

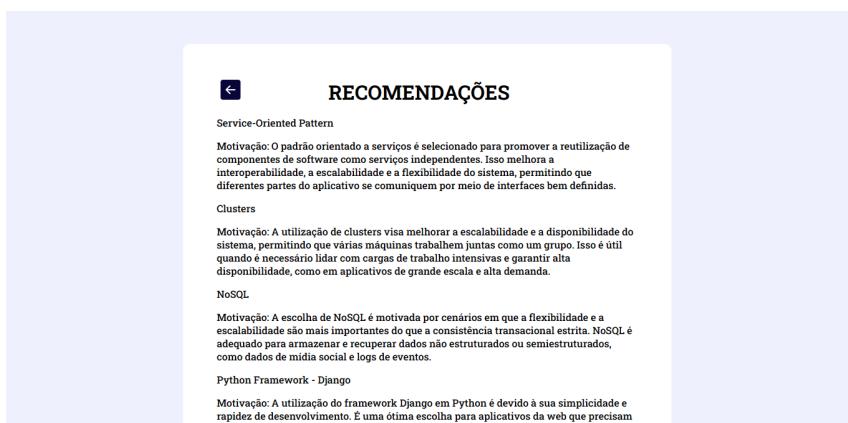
**Figura 3. Edição**

## 6. Avaliação do DECORA

Essa seção apresenta a avaliação preliminar realizada para verificar a efetividade do DECORA. Para isso, utilizou-se o instrumento IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) [Keller 2009]. As próximas seções apresentam o planejamento, execução e os resultados da avaliação.

### 6.1. Planejamento da Avaliação

O planejamento da avaliação do DECORA é detalhado a seguir: (i) **Objetivo:** Avaliar o DECORA do ponto de vista dos estudantes, analisando sua motivação em utilizar o sistema para apoiar o processo de ensino-aprendizagem sobre os conceitos de decisão arquitetural; (ii) **Seleção dos Participantes:** Foram convidados os estudantes da disciplina de Arquitetura de Software da graduação em Engenharia de Software da Universidade Federal de Goiás para participar do estudo. No momento da avaliação, todos os participantes já tinham visto o conteúdo sobre decisões arquiteturais na disciplina; (iii) **Seleção do Instrumento de Avaliação:** O instrumento IMMS é uma mecanismo de avaliação baseada no modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação). Ele mede a motivação dos estudantes em relação aos materiais instrucionais, avaliando o quanto esses materiais capturam o interesse, são relevantes, promovem confiança e satisfazem os alunos. A escala utilizada é do tipo *Likert*, variando de “Discordo totalmente” a “Concordo totalmente”. O instrumento IMMS foi selecionado porque é comumente utilizado para avaliar a motivação de estudantes em relação a novas abordagens de ensino [Keller 2009]; (iv)

**Figura 4. Recomendações**

**Instrumentação:** Para apoiar o processo de avaliação, utilizaram-se os seguintes artefatos: TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), questionário de caracterização do perfil dos participantes, roteiro para percorrer todas as funcionalidades do sistema, DECORA e o IMMS.

## 6.2. Execução da Avaliação

Dentre os convidados para participar da avaliação, 14 estudantes aceitaram participar do estudo de forma voluntária. Todos eram do curso de Engenharia de Software e estavam cursando a disciplina de Arquitetura de Software. Antes de começar, os participantes assinaram o TCLE, que fornecia uma visão geral sobre o estudo e garantia a confidencialidade das informações coletadas. Além disso, os participantes preencheram o questionário de caracterização de perfil, possibilitando identificar o perfil dos participantes.

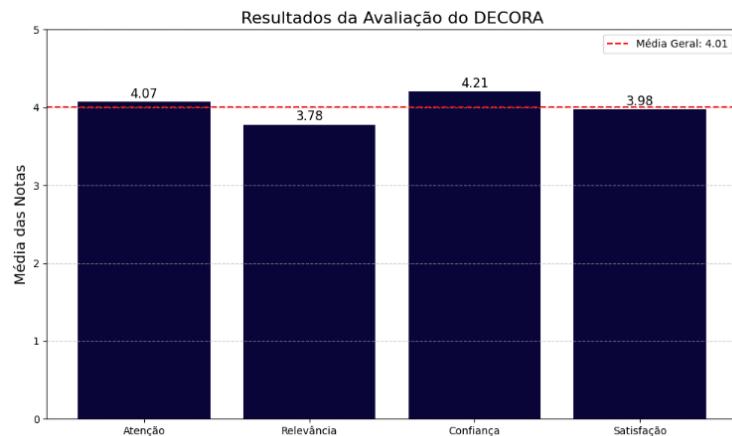
Dos 14 participantes, apenas duas eram do sexo feminino, enquanto 13 deles trabalham atualmente na indústria de software. É importante ressaltar que, apesar de nenhum deles ter o cargo de arquiteto de software, sete dos participantes disseram ter utilizado os conceitos de arquitetura em seus trabalhos. Dentre os cargos que ocupam nas empresas estão: desenvolvedor de software, analista de dados, diretor de projetos, *product manager* e analista de implementação. Em relação aos seus níveis de conhecimento em software, a maioria afirmou possuir um nível de conhecimento médio.

## 6.3. Resultados da Avaliação

O IMMS avalia quatro dimensões distintas. A primeira é a *atenção*, que se caracteriza por estimular e manter o interesse e a curiosidade. Em seguida, a *relevância* está relacionada às necessidades e metas pessoais dos estudantes, promovendo uma atividade de aprendizagem positiva. A terceira dimensão é a *confiança*, que diz respeito à convicção e ao sentimento dos estudantes de que têm controle sobre o resultado de sua própria aprendizagem e serão bem-sucedidos. Por fim, a *satisfação* é gerada pelo processo e/ou pelo resultado da experiência de aprendizagem, podendo estar ligada a fatores intrínsecos, como a sensação de competência, ou extrínsecos, como certificados acadêmicos, e ao desejo contínuo de aprendizagem.

Após analisar os resultados da avaliação, observou-se que as médias para cada uma das dimensões foram as seguintes: Atenção: 4.07; Relevância: 3.78; Confiança: 4.21; e Satisfação: 3.98. Esses resultados estão ilustrados na Figura 5, que também apresenta a linha da média geral. Com base nos dados coletados, conclui-se que o DECORA

é eficaz e bem recebido pelos estudantes no contexto do ensino de decisões arquiteturais. No entanto, ainda há oportunidades para melhorias, especialmente na dimensão de relevância, que obteve uma pontuação relativamente mais baixa.



**Figura 5. Resultados da Avaliação utilizando o IMMS**

Além disso, foram feitas perguntas abertas aos participantes. De modo geral, todos afirmaram que a *experiência de navegação* no sistema é boa e simples. Em relação à *intuitividade*, apenas um participante avaliou negativamente. Segundo ele, algumas perguntas são ambíguas, deixando os usuários confusos sobre suas respostas. É importante ressaltar que as questões utilizadas no DECORA durante a avaliação foram obtidas do trabalho de Marinho *et al.* (2021), as quais foram validadas por especialistas na área.

Quanto à *eficácia* da apresentação dos resultados, os participantes disseram que era muito boa, eficaz e pragmática. Entretanto, um dos participantes mencionou que a apresentação era pouco visual, uma limitação que pode ser explorada em trabalhos futuros. Não foram levantados problemas em relação ao desempenho do DECORA. Os participantes também testaram o uso do DECORA em outros navegadores e não relataram problemas. Em conclusão, os participantes avaliaram positivamente o sistema e se disseram motivados a utilizar o DECORA para aprender ou reforçar seus conhecimentos sobre decisões arquiteturais.

## 7. Discussão

O desenvolvimento do DECORA representou um desafio, mas também uma oportunidade para explorar novas abordagens na Educação em AS. A partir do DECORA, os estudantes e profissionais têm a oportunidade de aprimorar seus conhecimentos em AS em um ambiente de aprendizado interativo. Isso é especialmente relevante no cenário atual, onde a demanda por arquitetos de software competentes está em alta.

A expectativa é que o DECORA contribua para a formação de estudantes que poderão ser arquitetos de software mais competentes. No entanto, é importante ressaltar que a eficácia do sistema deve ser avaliada com maior profundidade em estudos futuros. No momento, o DECORA foi avaliado do ponto de vista de estudantes, analisando sua motivação em utilizar tal ferramenta para apoiar o processo de aprendizagem sobre os conceitos de decisão arquitetural. Exemplos de estudos que podem avaliar o DECORA são aqueles que envolvem o acompanhamento do progresso dos usuários ao longo do tempo, a avaliação e a comparação do desempenho dos estudantes utilizando o DECORA com aqueles que usam métodos de aprendizado tradicionais. Ao fornecer uma formação

sólida em AS, espera-se que os estudantes estejam melhor equipados para projetar e implementar sistemas eficientes e eficazes. Os resultados iniciais são promissores e espera-se que a ferramenta continue a evoluir e a se adaptar às necessidades dos usuários.

## 8. Ameaças à Validade

A avaliação do DECORA pode ter possíveis ameaças à validade, as quais precisam ser consideradas ao interpretar os resultados. A seguir, são apresentadas as principais ameaças identificadas.

Primeiramente, o **viés de seleção dos participantes**, pois a amostra contou com apenas 14 estudantes. A representatividade dessa amostra em relação à população de estudantes de Engenharia de Software pode ser questionada, o que compromete a generalização dos resultados. Apesar disso, o estudo oferece uma avaliação preliminar para identificar a motivação dos estudantes em utilizar o sistema. Em segundo lugar, a **qualidade das respostas**, já que os participantes podem ter respondido ao questionário IMMS de forma tendenciosa, seja por entenderem erroneamente as perguntas, pela influência de fatores externos ou pelo desejo de agradar os pesquisadores.

Além disso, a **duração do estudo** pode ser uma limitação, pois o período em que o estudo foi conduzido pode não ter sido suficiente para capturar todas as evidências do uso do sistema e sua eficácia a longo prazo. Embora o **IMMS** seja um instrumento comumente utilizado, sua adequação para medir a motivação dos alunos em relação ao DECORA pode ser questionada. Outros aspectos relevantes para a avaliação da qualidade do sistema podem não ter sido abordados pelo IMMS.

## 9. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Ensinar conceitos sobre AS não é uma tarefa trivial, uma vez que tais conteúdos são abstratos e de difícil absorção. Nesse sentido, o presente estudo propõe o DECORA, uma ferramenta de apoio na abordagem pedagógica. Desenvolvida como um sistema que facilita o ensino de decisões arquiteturais, o DECORA possibilita aos docentes a configuração de um conjunto de questões específicas, as quais os alunos devem responder com base no contexto dos sistemas que estão desenvolvendo e, de acordo com as respostas dos alunos, recomenda-se um conjunto de decisões arquiteturais. Uma avaliação preliminar foi realizada utilizando o IMMS, um instrumento que permite avaliar a motivação dos estudantes após interagirem com uma ferramenta. Os resultados são promissores e mostram que o DECORA apoia o processo de ensino-aprendizagem sobre decisões arquiteturais.

Como trabalhos futuros, espera-se realizar estudos longitudinais para acompanhar o progresso dos usuários ao longo do tempo, avaliando o impacto do DECORA na formação dos estudantes. Além disso, espera-se realizar um estudo experimental para comparar o desempenho dos estudantes que utilizaram o DECORA com aqueles que seguem métodos de aprendizado tradicionais em diferentes contextos educacionais. Adicionalmente, a integração com Inteligência Artificial (IA) para gerar recomendações e modelos iniciais de projeto representa uma potencial melhoria. A utilização de IA pode permitir que o sistema ofereça sugestões mais personalizadas e adaptativas, baseadas em padrões e dados históricos, o que poderia enriquecer ainda mais a experiência de aprendizado e a precisão das recomendações fornecidas. Por fim, explorar integrações com outras plataformas educacionais e ferramentas de suporte à aprendizagem também é um objetivo, visando melhorar a funcionalidade e a abrangência do DECORA.

## Referências

- Ansen, A. and Bosch, J. (2005). Software architecture as a set of architectural design decisions. In *5th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA'05)*, pages 109–120. IEEE.
- Barbosa, J. R., Valle, P. H. D., Vilela, R., and Graciano Neto, V. V. (2022). Explorando a gamificação no ensino de decisões arquiteturais: Um relato de experiência. In *Revista Novas Tecnologias na Educação*, volume 20, pages 153–162. UFRGS.
- Bass, L., Clements, P., and Kazman, R. (2021). *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Professional, 4th edition.
- Brandner, K. and Weinreich, R. (2019). A recommender system for software architecture decision making. In *Proceedings of the 13th ECSA - Volume 2*, pages 22–25, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Deterding, S. et al. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In *15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pages 9–15.
- Garcia, V. C. (2023). Software architecture quality assurance. <https://viniciusgarcia.me/architecture/software-architecture-quality-assurance/>.
- Hofmeister, C., Kruchten, P., Nord, R. L., Obbink, H., Ran, A., and America, P. (2007). A general model of software architecture design derived from five industrial approaches. *Journal of Systems and Software*, 80(1):106–126.
- IAZ-PACE, J. A., BASS, L., BACHMANN, F., and BIANCO, P. (2008). Towards an agent-based framework for guiding design exploration. In *Proceedings of the 2008 International Workshop on RSSE*, pages 45–49, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- ISO/IEC/IEEE (2022). Systems and software engineering – architecture description. <https://www.iso.org/obp/ui/en/iso:std:iso-iec-ieee:42010:ed-2:v1:en>.
- Júnior, E. (2022). Definindo arquitetura de software e o papel do arquiteto.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer Science & Business Media.
- Lopes, A. M. (2023). *Arquitetura de Software*. Editora Acadêmica.
- Marinho, B. C. (2021). Archify: a recommender system of architectural design decisions. <https://arxiv.org/pdf/2106.08115.pdf>.
- Michael, J. B., Riehle, R., and Shing, M.-T. (2009). The verification and validation of software architecture for systems of systems. In *2009 IEEE International Conference on SoSE*, pages 1–6. IEEE.
- Nunes, I. and Jannach, D. (2017). A systematic review and taxonomy of explanations in decision support and recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(3-5):393–444.
- Tofan, D., Galster, M., and Avgeriou, P. (2013). Difficulty of architectural decisions—a survey with professional architects. In *ECSA*, pages 192–199. Springer.
- Weinreich, R. and Buchgeher, G. (2012). Towards supporting the software architecture life cycle. *Journal of Systems and Software*, 85(3):546–561.