



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE BELO JARDIM
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

IZADORA FREITAS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CHATGPT NA APRENDIZAGEM
DE TÓPICOS DE ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS:
LINKEDLIST E ARRAYLIST**

Belo Jardim
2026

IZADORA FREITAS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CHATGPT NA APRENDIZAGEM
DE TÓPICOS DE ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS:
LINKEDLIST E ARRAYLIST**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia da Computação da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Waldemar Pires Ferreira Neto,

Belo Jardim
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Nubia Matos – CRB-4 2234

O48a Oliveira, Izadora Freitas.

Avaliação do impacto do ChatGPT na aprendizagem de tópicos de algoritmos e estrutura de dados: LinkedList e ArrayList / Izadora Freitas Oliveira. – Belo Jardim, 2026.
34 f.; il.

Orientador(a): Waldemar Pires Ferreira Neto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim - UABJ, Bacharelado em Engenharia da Computação, Belo Jardim, BR-PE, 2026.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Inteligência artificial . 2. ChatGPT (Programa de computador). 3. Programação (Computadores) - Estudo e ensino. 4. Estruturas de dados (Computação) 5. Engenharia de computação. I. Ferreira Neto, Waldemar Pires, orient. II. Título

CDD 621.3

IZADORA FREITAS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CHATGPT NA APRENDIZAGEM
DE TÓPICOS DE ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS:
LINKEDLIST E ARRAYLIST**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia da Computação da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia da Computação.

Aprovado em: 02 de Julho de 2026

BANCA EXAMINADORA

Waldemar Pires Ferreira Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Camila Ascendina Nunes Kamei
(Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Sabi Yari Moïse Bandiri (Examinador
Externo)
Membro Externo Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho a uma pessoa que é uma luz, uma inspiração, uma diva. Obrigada, minha querida mãe, por tudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus que, com Sua presença, me ajudou a superar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

À minha mãe, Cristiane, e à minha irmã, Sofia, minha tão amada família, que estiveram comigo todos os dias e me incentivaram a continuar me dedicando aos estudos. Aos meus avós, ao meu tio Jailson e à minha tia Conceição, que também me apoiaram e acreditaram em mim em todos os momentos.

Aos professores, que pavimentaram minha trajetória acadêmica por meio do compartilhamento de seus conhecimentos, da dedicação ao ensino e dos incentivos constantes para que eu buscasse sempre aprender mais. Ao meu orientador, Prof. Dr. Waldemar Pires, pela orientação, disponibilidade, confiança e valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal. Cada palavra de incentivo, gesto de apoio e oportunidade recebida foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

“Eu sou o Senhor; na hora certa farei que isso
aconteça depressa.” (*Isaías 60:22*)

RESUMO

A crescente utilização de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa no ensino superior tem modificado a forma como estudantes realizam atividades acadêmicas, especialmente em disciplinas de programação. Nesse contexto, este trabalho investiga a influência do uso do ChatGPT no desempenho de estudantes da disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados do curso de Engenharia da Computação. Foi realizado um experimento no qual os participantes realizaram atividades sobre ArrayList e LinkedList em condições alternadas, com e sem o auxílio da ferramenta. O desempenho foi avaliado por meio de questionários objetivos aplicados após cada atividade, sendo os resultados analisados por estatística descritiva, teste de Mann–Whitney e coeficiente Cliff's Delta. Um total de 28 estudantes deram consentimento para o uso dos dados coletados nas análises deste estudo, mas foram contabilizados apenas os que participaram integralmente de todas as etapas do experimento, reduzindo o número de participantes para 24. Os resultados indicaram desempenho superior nas atividades realizadas com o apoio do ChatGPT, com Cliff's Delta igual a 0.4288, indicando um tamanho de efeito médio entre as condições experimentais. Embora os achados sugiram que a ferramenta pode contribuir positivamente para o desempenho em atividades de programação, sua utilização deve ser compreendida como um recurso complementar ao processo de ensino, considerando as limitações da amostra e do contexto investigado.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; ChatGPT; Ensino de Programação; Estruturas de Dados; Engenharia da Computação.

ABSTRACT

The increasing use of Generative Artificial Intelligence tools in higher education has transformed the way students carry out academic activities, particularly in programming courses. In this context, this study investigates the influence of ChatGPT on the performance of students enrolled in the Algorithms and Data Structures course of the Computer Engineering program. An experiment was conducted in which participants completed activities involving ArrayList and LinkedList under alternating conditions, with and without the assistance of the tool. Performance was assessed through objective questionnaires administered after each activity, and the results were analyzed using descriptive statistics, the Mann–Whitney test, and Cliff's Delta effect size. A total of 28 students consented to the use of the collected data for this study; however, only those who completed all stages of the experiment were included in the analyses, resulting in a final sample of 24 participants. The results indicated superior performance in the activities carried out with the support of ChatGPT, with a Cliff's Delta of 0.4288, corresponding to a medium effect size between the experimental conditions. Although the findings suggest that the tool can positively contribute to students' performance in programming activities, its use should be understood as a complementary resource in the teaching and learning process, considering the limitations of the sample and the investigated context.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; ChatGPT; Programming Education; Data Structures; Computer Engineering.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Representação simplificada de uma lista encadeada e de suas principais operações.	15
Figura 2 – Representação do funcionamento do ArrayList e de suas principais operações.	17
Figura 3 – Fases do experimento realizado na pesquisa.	22

Lista de tabelas

Tabela 1 – Caracterização dos participantes quanto ao uso de Inteligência Artificial Generativa	25
Tabela 2 – Estatísticas descritivas das notas obtidas nas condições experimentais . . .	26
Tabela 3 – Resultado do teste de Mann–Whitney	26
Tabela 4 – Magnitude do efeito estimada pelo coeficiente Cliff's Delta	27

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
1.2	Organização do TCC	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Ensino de Algoritmos e Estrutura de Dados	14
2.1.1	Linked List	15
2.1.2	Array List	16
2.2	Trabalhos Relacionados	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	O Curso de Algoritmos e Estruturas de Dados	20
3.2	Fases do Experimento	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1	Relação dos Estudantes com o ChatGPT	25
4.2	Resultados das avaliações	25
4.3	Análise dos Resultados	27
5	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	30
	APÊNDICE A – DISPONIBILIZAÇÃO DO CÓDIGO-FONTE E DOS RESULTADOS DA ANÁLISE	33

1 Introdução

A formação de um engenheiro de computação é um processo inerentemente complexo, pois abrange uma ampla gama de áreas do conhecimento (ALMEIDA, 2012). De acordo com as Diretrizes Curriculares de Engenharia da Computação, há pelo menos dez grandes áreas de conhecimento, incluindo Fundamentos da Computação, Projeto de *Software*, Verificação e Validação de *Software*, entre outras (PINTO; PORTELA; OLIVEIRA, 2003). Na área de Fundamentos da Computação, um dos componentes considerados essenciais é o estudo de algoritmos, estruturas de dados e complexidade computacional. Essa área concentra-se no projeto, na análise e na implementação de soluções computacionais eficientes, enfatizando como diferentes abordagens para resolução de problemas, a organização dos dados e a complexidade computacional afetam o desempenho e a escalabilidade do *software*. Essas competências moldam a capacidade do profissional de tomar decisões fundamentadas sobre desempenho, escalabilidade e gerenciamento de recursos, permitindo-lhe selecionar algoritmos e estruturas de dados adequados e avaliar os compromissos entre desempenho, escalabilidade e consumo de recursos em aplicações do mundo real.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) generativa na educação, especialmente no ensino superior, tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos (MACNEIL et al., 2022). Existem diversas implementações de IA generativa, entre as quais o ChatGPT (BAIDOO-ANU; ANSAH, 2023). Ferramentas como o ChatGPT podem auxiliar estudantes na realização de tarefas acadêmicas, gerar exercícios de prática e oferecer tutoria, tornando o aprendizado mais acessível e personalizado (RAHMAN; WATANOBÉ, 2023). Alguns pesquisadores observaram que o uso do ChatGPT pode: (i) aumentar o interesse e a motivação dos estudantes; (ii) auxiliar alunos de computação ao fornecer respostas imediatas a questões de programação; e (iii) apresentar exemplos que facilitam a compreensão de conceitos complexos de programação (RAHMAN; WATANOBÉ, 2023). Por outro lado, muitos pesquisadores demonstram preocupação com a disseminação de práticas de trapaça difíceis, ou até mesmo impossíveis, de detectar, além do risco de que o uso da IA generativa favoreça uma aprendizagem superficial (DELIKOURA; FUNG; HUI, 2025).

Entre as limitações do ChatGPT, destaca-se o fato de que suas respostas são baseadas no conhecimento adquirido durante o treinamento, o que pode resultar em informações imprecisas ao lidar com questões complexas (DEFRANCO; KSHETRI; VOAS, 2023). A análise adequada de estruturas de dados exige uma compreensão aprofundada que os educadores podem proporcionar por meio de explicações detalhadas e passo a passo. Entretanto, talvez sua principal desvantagem seja o fato de poder desestimular o desenvolvimento de habilidades essenciais, como o raciocínio. Estudantes que dependem excessivamente do ChatGPT para gerar código podem deixar de desenvolver a capacidade de resolver problemas de forma independente. Como consequência, podem não desenvolver competências fundamentais, como pensamento

crítico, criatividade e tomada de decisão (QIN et al., 2023). Essas habilidades são indispensáveis para a Engenharia de *Software*, especialmente em disciplinas relacionadas a **Algoritmos e Estruturas de Dados** (WINSLOW, 1996). O uso excessivo da ferramenta e a possibilidade de plágio ou de cola representam grandes preocupações para professores de Engenharia de *Software*. Algumas universidades chegaram, inclusive, a bloquear o acesso ao site do ChatGPT em seus campi como forma de mitigar esses riscos (YU, 2023).

O ChatGPT veio para ficar e, por isso, considera-se que, em vez de evitá-lo, sua incorporação ao processo de ensino constitui uma alternativa para modernizar a educação. Alguns estudos propõem abordagens em que o ChatGPT atua como assistente de ensino (JAMIE; HAJIHASHEMI; ALIPOUR, 2024) ou é utilizado para gerar resumos de aulas (JOSHI et al., 2024). Entretanto, na prática educacional, muitos estudantes o utilizam como um verdadeiro oráculo para resolver exercícios de programação, o que sugere uma deficiência no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas. Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), é apresentado um experimento que avalia o impacto do uso do ChatGPT em atividades práticas de programação em uma disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados. Essa disciplina é oferecida no terceiro período do curso de graduação em Engenharia da Computação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Belo Jardim (UFRPE/UABJ).

1.1 Objetivos

Objetivo Geral: Investigar a influência do uso do ChatGPT no desempenho de estudantes da disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados do curso de Engenharia da Computação, comparando o desempenho obtido em atividades realizadas com e sem o apoio da ferramenta.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar o perfil dos estudantes quanto ao conhecimento e à frequência de utilização de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa;
- Conduzir um experimento controlado utilizando um delineamento cruzado (*cross-over*), permitindo que todos os participantes realizem atividades com e sem o uso do ChatGPT;
- Comparar o desempenho dos estudantes nas atividades referentes aos conteúdos de ArrayList e LinkedList nas duas condições experimentais;
- Verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os desempenhos utilizando testes estatísticos apropriados;
- Estimar a magnitude do efeito do uso do ChatGPT sobre o desempenho acadêmico por meio do coeficiente Cliff's Delta;
- Discutir os resultados obtidos à luz da literatura sobre Inteligência Artificial Generativa aplicada ao ensino de programação, identificando as potencialidades e limitações da utilização da ferramenta no processo de ensino-aprendizagem.

1.2 Organização do TCC

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, descritos a seguir:

- **Capítulo 1 – Introdução:** apresenta a contextualização do tema, a motivação da pesquisa, os objetivos gerais e específicos e a organização do trabalho.
- **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica:** reúne os conceitos e estudos que fundamentam a pesquisa. Inicialmente, apresenta aspectos relacionados ao ensino de Algoritmos e Estruturas de Dados, com ênfase nas estruturas *LinkedList* e *ArrayList*. Em seguida, discute trabalhos relacionados ao uso da Inteligência Artificial Generativa, em especial o ChatGPT, no contexto educacional.
- **Capítulo 3 – Metodologia:** descreve os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, caracterizando o contexto da disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados e detalhando todas as fases do experimento realizado com os estudantes.
- **Capítulo 4 – Resultados e Discussões:** apresenta os resultados obtidos durante o experimento, iniciando pela caracterização da relação dos estudantes com o ChatGPT, seguida pelos resultados das avaliações e pela análise estatística dos dados coletados.
- **Capítulo 5 – Conclusões:** apresenta as considerações finais da pesquisa, destacando as principais conclusões obtidas, as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os conceitos e estudos que fundamentam esta pesquisa, fornecendo o embasamento teórico necessário para a compreensão do problema investigado. Inicialmente, são discutidos aspectos relacionados ao ensino de Algoritmos e Estruturas de Dados, destacando a importância da disciplina na formação de engenheiros da computação e apresentando as características das estruturas de dados LinkedList e ArrayList, utilizadas no experimento conduzido neste trabalho. Em seguida, são apresentados os principais trabalhos relacionados ao uso da Inteligência Artificial Generativa, com ênfase no ChatGPT, no contexto do ensino de programação, discutindo seus potenciais benefícios, limitações e os resultados reportados pela literatura.

2.1 Ensino de Algoritmos e Estrutura de Dados

A disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados (AED) constitui um dos principais pilares da formação em Computação e Engenharia da Computação. Ela é um dos componentes principais presentes nas DCN (Diretrizes Curriculares Nacionais) ¹. Esta disciplina é responsável por desenvolver competências fundamentais relacionadas à resolução de problemas, ao raciocínio lógico e à construção de soluções computacionais eficientes (ALMEIDA, 2012). O domínio desses conteúdos permite que o estudante compreenda como organizar informações, selecionar estruturas de dados adequadas e projetar algoritmos capazes de atender aos requisitos de desempenho, escalabilidade e uso eficiente de recursos computacionais. Segundo Thomas H. Cormen et al. (CORMEN et al., 2022), a escolha apropriada de algoritmos e estruturas de dados exerce impacto direto na eficiência de sistemas computacionais, tornando esse conhecimento indispensável para o desenvolvimento de software de qualidade.

Além de fornecer conhecimentos técnicos, a disciplina desempenha um papel essencial no desenvolvimento do pensamento computacional. Durante o processo de aprendizagem, os estudantes são incentivados a decompor problemas complexos em partes menores, identificar padrões, abstrair informações relevantes e elaborar soluções sistemáticas (LAWRENCE, 2004). Essas habilidades vão além do contexto da programação e são consideradas competências essenciais para profissionais da área de computação, pois favorecem a análise crítica e a tomada de decisões fundamentadas no desenvolvimento de sistemas.

Entretanto, o ensino de Algoritmos e Estrutura de Dados apresenta desafios significativos (BENNEDSEN; CASPERSEN, 2007). Conceitos como árvores, grafos, listas encadeadas e algoritmos recursivos demandam que os estudantes construam modelos mentais capazes de representar estruturas e operações que não são diretamente observáveis, dificultando sua

¹ Resolução CNE/CES nº 5, DE 16 DE NOVEMBRO DE 2016

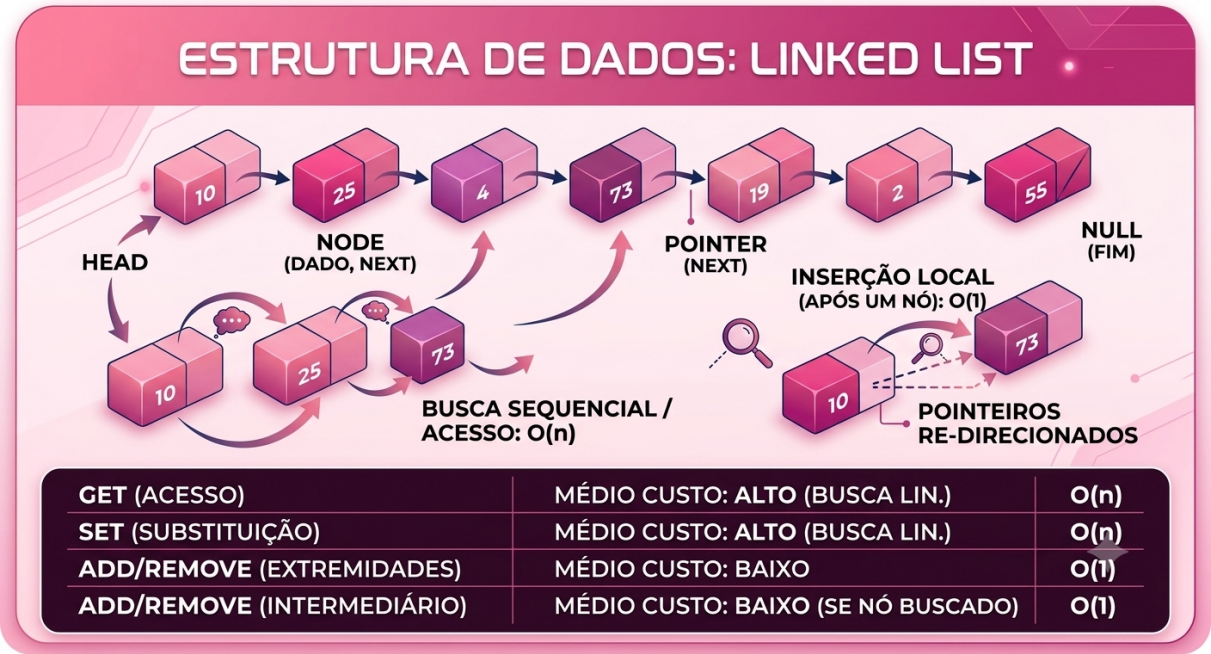
assimilação, especialmente nos períodos iniciais da graduação. Devido à complexidade de cada um desses tópicos, este trabalho concentra-se apenas nos conteúdos de ArrayList e LinkedList.

2.1.1 Linked List

A LinkedList, ou lista encadeada, é uma estrutura de dados linear composta por uma sequência de nós interligados por referências (CORMEN et al., 2022). Cada nó armazena um elemento e referências para outros nós da estrutura. Em listas simplesmente encadeadas, cada nó mantém uma referência para o próximo elemento da sequência. Na implementação da linguagem Java, entretanto, a classe *LinkedList<E>* é baseada em uma lista duplamente encadeada, na qual cada nó mantém referências tanto ao elemento anterior quanto ao próximo da sequência. Essa organização permite percorrer a estrutura em ambas as direções e facilita operações realizadas nas extremidades da lista.

Uma das principais características da LinkedList é que seus elementos não precisam estar contíguos na memória. Cada novo nó pode ser alocado em qualquer região disponível, sendo conectado aos demais por meio das referências armazenadas em cada elemento. Essa abordagem elimina a necessidade de realocar toda a estrutura ao adicionar novos elementos, tornando a lista naturalmente dinâmica e adequada para aplicações em que o tamanho da coleção varia frequentemente durante a execução do programa.

Figura 1 – Representação simplificada de uma lista encadeada e de suas principais operações.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A Figura 1 apresenta uma representação simplificada de uma lista simplesmente encadeada, utilizada para facilitar a compreensão da organização dos nós e das operações básicas da estrutura. A ilustração evidencia a sequência de nós conectados por referências, o

ponteiro para o primeiro elemento (*head*) e o término da lista representado por uma referência nula (*null*). Além disso, destaca que o acesso aos elementos ocorre de forma sequencial, enquanto operações de inserção e remoção podem ser realizadas apenas com a atualização das referências entre os nós, sem necessidade de deslocar os demais elementos da estrutura. Embora a implementação da classe `LinkedList` em Java utilize uma lista duplamente encadeada, o princípio de funcionamento permanece o mesmo.

Em virtude dessa organização, a `LinkedList` apresenta um comportamento distinto do observado em estruturas baseadas em vetores. Para acessar um elemento específico, é necessário percorrer a sequência de nós até a posição desejada, pois não há acesso direto por índice. Consequentemente, operações de busca e recuperação de elementos apresentam complexidade linear, proporcional ao número de elementos armazenados.

Por outro lado, operações de inserção ou remoção podem ser executadas de forma bastante eficiente quando a posição do nó já é conhecida. Nesses casos, basta atualizar as referências entre os nós vizinhos, sem necessidade de deslocar os demais elementos da lista. Em razão dessa característica, listas encadeadas são frequentemente empregadas em aplicações que realizam modificações constantes na estrutura de dados, como implementações de filas, pilhas, listas de tarefas e mecanismos de gerenciamento de memória.

Na biblioteca de coleções da linguagem Java, a classe `LinkedList` implementa simultaneamente as interfaces *List*, *Deque* e *Queue*, permitindo seu uso em diferentes cenários de programação. Além das operações tradicionais de listas, ela disponibiliza métodos específicos para inserção, remoção e consulta nas extremidades da estrutura, tornando-a uma alternativa versátil para diferentes tipos de aplicações.

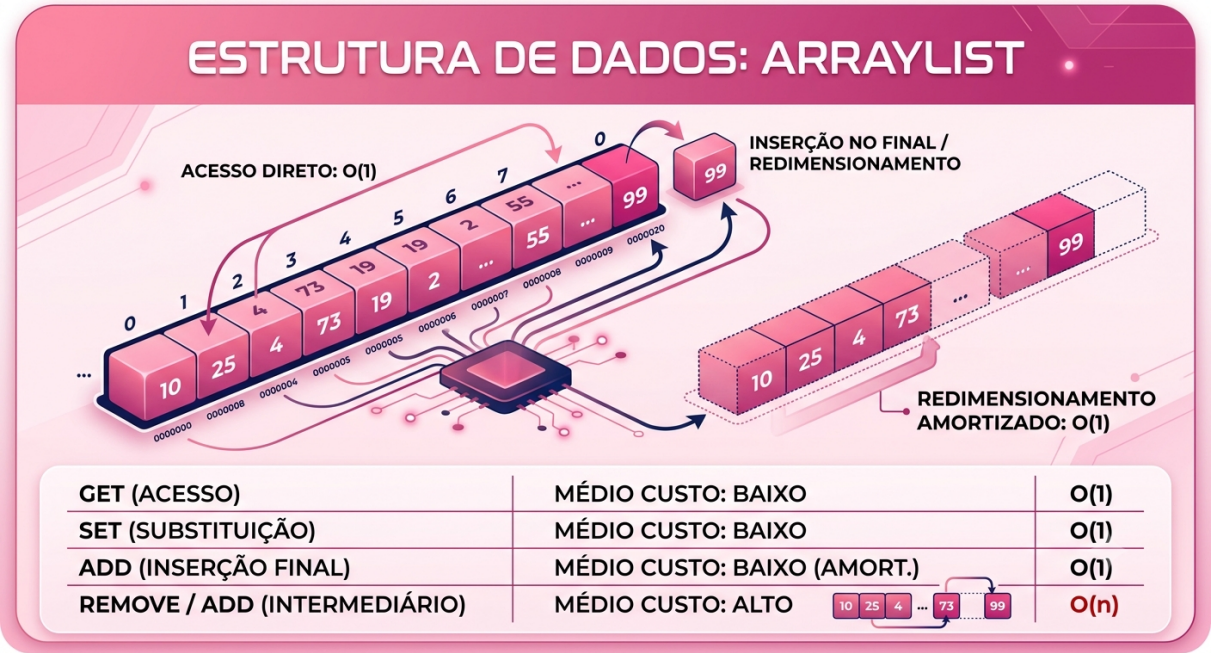
A escolha de uma estrutura de dados deve considerar o perfil das operações predominantes na aplicação (CORMEN et al., 2022). Quando inserções e remoções ocorrem com frequência elevada, especialmente nas extremidades ou em posições previamente conhecidas, a `LinkedList` tende a ser uma solução mais adequada. Por outro lado, aplicações que exigem acesso frequente por índice apresentam melhor desempenho com estruturas baseadas em vetores. Dessa forma, compreender o funcionamento das listas encadeadas e suas implicações no desempenho dos algoritmos constitui um conhecimento essencial para o desenvolvimento de *software* eficiente e escalável.

2.1.2 Array List

O `ArrayList` é uma estrutura de dados linear amplamente utilizada em linguagens de programação modernas para armazenar coleções de elementos de forma dinâmica (CORMEN et al., 2022). Diferentemente dos vetores tradicionais (*arrays*), cuja capacidade é definida no momento da criação e permanece fixa durante toda a execução do programa, o `ArrayList` permite que sua capacidade seja ajustada automaticamente à medida que novos elementos são inseridos ou removidos. Essa característica proporciona maior flexibilidade no desenvolvimento de aplicações, reduzindo a necessidade de gerenciamento manual da memória pelo programador.

Na disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados da UFRPE/UABJ, a linguagem Java é utilizada como ferramenta de ensino. Nessa linguagem, o ArrayList faz parte da biblioteca *Java Collections Framework (JCF)*, sendo implementado pela classe *ArrayList<E>*, que utiliza internamente um vetor redimensionável para armazenar seus elementos. Sempre que a capacidade disponível é insuficiente para acomodar novos dados, um novo vetor de maior tamanho é criado e os elementos existentes são copiados para ele. Embora esse processo ocasione um custo adicional durante o redimensionamento, ele ocorre com baixa frequência, permitindo que as operações de inserção ao final da lista apresentem custo amortizado constante.

Figura 2 – Representação do funcionamento do ArrayList e de suas principais operações.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A Figura 2 ilustra a organização lógica de um ArrayList, evidenciando que seus elementos são armazenados em posições contíguas de memória, possibilitando acesso direto por índice. A ilustração também destaca o processo de redimensionamento automático da estrutura quando sua capacidade é atingida, bem como a diferença de custo entre operações de acesso, inserção ao final da lista e inserções ou remoções em posições intermediárias, que exigem o deslocamento dos elementos subsequentes.

Por ser baseado em um vetor, o ArrayList oferece acesso direto aos elementos por meio de seus índices. Dessa forma, operações como *get* e *set* apresentam complexidade temporal $O(1)$, tornando essa estrutura bastante eficiente quando há necessidade de acesso frequente a posições específicas da coleção. Em contrapartida, operações de inserção ou remoção em posições intermediárias exigem o deslocamento dos elementos subsequentes para preservar a sequência da lista, apresentando complexidade $O(n)$, em que n representa o número de elementos armazenados.

Apesar de suas vantagens, o `ArrayList` apresenta limitações decorrentes de sua implementação baseada em vetores. Inserções e remoções em posições intermediárias ou no início da lista demandam o deslocamento de diversos elementos, tornando essas operações menos eficientes em coleções de grande porte. Além disso, o processo de redimensionamento pode ocasionar consumo temporário adicional de memória e aumento do tempo de processamento quando a capacidade da estrutura precisa ser expandida.

A escolha da estrutura de dados mais adequada deve considerar não apenas sua funcionalidade, mas também a complexidade das operações a serem realizadas e os requisitos de desempenho da aplicação (CORMEN et al., 2022). Nesse sentido, compreender as características, vantagens e limitações do `ArrayList` é fundamental para o desenvolvimento de algoritmos eficientes e para a tomada de decisões no projeto de *software*.

2.2 Trabalhos Relacionados

A introdução da Inteligência Artificial Generativa (*Generative Artificial Intelligence – GenAI*, ou IA Generativa), impulsionada pelos *Large Language Models* (LLMs, ou Modelos de Linguagem de Grande Escala, em português), tais como *ChatGPT* e *GitHub Copilot*, transformou rapidamente o cenário do ensino superior, incluindo áreas técnicas como Engenharia da Computação. Essas tecnologias vêm sendo incorporadas às rotinas acadêmicas dos estudantes para auxiliar em atividades como pesquisa, resolução de problemas, programação e produção de conteúdo. Nesse contexto, estudos recentes apontam um crescimento significativo no uso dessas ferramentas no ambiente universitário. McPhee e Jerowsky (2025), por exemplo, citam uma pesquisa realizada em 2024 com 136 estudantes, na qual quase um terço do corpo estudantil (31%) confirmou o uso frequente de recursos de IA generativa como suporte para suas obrigações pedagógicas (MCPHEE; JEROWSKY, 2025).

Pesquisas recentes têm demonstrado que o impacto de sistemas como o *ChatGPT* no aprendizado de programação transcende a simples automação, atuando como um tutor virtual capaz de resolver entre 94,4% e 95,8% das tarefas introdutórias, com explicações textuais altamente claras. Park e Kim (2025) evidenciam que o uso dessas ferramentas proporciona um desempenho superior em tarefas práticas de codificação quando comparado ao uso de repositórios tradicionais, como o *Stack Overflow* (PARK; KIM, 2025).

A eficácia dessa tutoria virtual em disciplinas de alta complexidade abstrata é detalhada no estudo de Jamie et al. (2025), conduzido especificamente em um curso de Estruturas de Dados e Algoritmos (*Data Structures and Algorithms – DSA*). O experimento demonstrou que o uso supervisionado do *ChatGPT* resultou em notas médias 16,5 pontos superiores em comparação ao ensino tradicional (JAMIE; HAJIHASHEMI; ALIPOUR, 2025). Além disso, a ferramenta proporcionou maior estabilidade no aprendizado de tópicos críticos, como recursão e ponteiros, ao decompor problemas complexos em etapas menores.

Essa tendência de melhora no desempenho de curto prazo é corroborada pela revisão

sistemática de Suzuki Haruto et al. (2025), que analisou 25 estudos e identificou que o uso mais comum da *GenAI* (56% dos casos) é como tutor para explicações conceituais. A revisão aponta que, em alguns cenários de cursos de *Python*, verificou-se que a implementação da IA elevou os índices de sucesso acadêmico em cerca de 22% (HARUTO; NNADI; YUTAKA, 2025). No entanto, os autores alertam que esses ganhos podem ser ilusórios se não houver suporte pedagógico que evite a passividade.

A dificuldade de manter o aprendizado profundo é evidenciada por Kohen-Vacs et al. (2025), que observaram que, embora os alunos consigam gerar código rapidamente, enfrentam dificuldades significativamente maiores para depurar erros lógicos em código produzido por IA do que em tarefas construídas manualmente (KOHEN-VACS; USHER; JANSEN, 2025). Esse experimento sugere que a aparência de “corretude” da IA pode mascarar lacunas na lógica de programação.

No campo do feedback formativo para estruturas lineares, Azaiz et al. (2025) testaram modelos de código aberto, como o *DeepSeek-R1*, em tarefas de filas com listas ligadas (*Queue*) e laços de repetição em Java. O estudo alcançou uma precisão de 81% na classificação da correção funcional das submissões (AZAIZ; KONRAD; STRICKROTH, 2025), indicando que a IA pode ser um suporte valioso para *Teaching Assistants* (TAs), profissionais responsáveis por auxiliar o professor no acompanhamento dos estudantes durante as atividades da disciplina, embora ainda apresente limitações de personalização.

Complementando a discussão sobre metodologias práticas, o estudo empírico de (HECKMAN, 2015) reforça a importância dos laboratórios em sala de aula no ensino de estruturas de dados lineares, como *ArrayList* e *LinkedList*. O experimento mostrou que práticas laboratoriais reduzem a desatenção e aumentam em cinco vezes a probabilidade de o aluno buscar ajuda da equipe docente, criando um ambiente favorável à integração da IA como suporte pedagógico.

Diante desse “paradoxo pedagógico” — em que o desempenho sobe, mas o risco de atrofia de habilidades persiste —, a revisão sistemática de Nathaniel et al. (2025) defende que a integração da IA deve ocorrer por meio do framework *GenAI-Ped* (NATHANIEL et al., 2025). Esse framework propõe que a utilização da Inteligência Artificial Generativa seja orientada por princípios pedagógicos, promovendo o uso da tecnologia como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, sem substituir o desenvolvimento do raciocínio crítico, da autonomia e da capacidade de resolução de problemas dos estudantes.

3 Metodologia

Este capítulo detalha o percurso metodológico adotado para investigar a influência da inteligência artificial generativa no processo de aprendizagem de estudantes de graduação, analisando como o uso do ChatGPT impacta o desempenho e a compreensão de conceitos técnicos de alunos do curso de Engenharia da Computação, especificamente no contexto da disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados. Dada a natureza fundamental desta disciplina para a formação do engenheiro, busca-se compreender se a ferramenta atua como facilitadora do conhecimento ou se sua interferência não produz variações mensuráveis nos resultados acadêmicos. A pesquisa é orientada pela seguinte hipótese nula:

- H_0 : Não há diferença significativa na compreensão dos alunos ao utilizarem o ChatGPT em comparação com o desempenho obtido sem o auxílio da ferramenta.

Para validar esta hipótese, o estudo adotou um procedimento de coleta de dados baseado na avaliação do desempenho acadêmico. Foram analisadas sistematicamente as respostas e as soluções apresentadas pelos estudantes após a conclusão de ciclos de aulas teóricas e práticas. Essa abordagem permite comparar o nível de domínio dos conteúdos programáticos em diferentes cenários de instrução, buscando identificar padrões de aprendizagem e a eficácia da assistência proporcionada pela inteligência artificial no desenvolvimento das competências lógicas e algorítmicas exigidas pela disciplina.

Agora corrija as datas, pois o experimento não foi em 2024 ou 2025, mas sim no período 2026.1, retire a primeira pessoa do singular ou plural e pegue a frase "Por exemplo, ambos fazem parte do curso de Bacharelado em Engenharia de Software da University of Mississippi,"e remova, pois precisaria de mais evidencias. Me dê o latex completo. Segue texto:

3.1 O Curso de Algoritmos e Estruturas de Dados

Conforme discutido anteriormente, a disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados desempenha um papel fundamental na formação de engenheiros da computação. Segundo Pinto et al. (PINTO; PORTELA; OLIVEIRA, 2003), as Diretrizes Curriculares da Engenharia da Computação incluem os Fundamentos da Computação entre as áreas essenciais da formação, contemplando conteúdos como algoritmos, estruturas de dados e complexidade computacional.

Este estudo foi conduzido com estudantes matriculados no curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na Unidade Acadêmica de Belo Jardim. Na matriz curricular do curso, a disciplina é ofertada no terceiro período e possui como pré-requisitos as disciplinas Introdução à Programação e Programação Orientada a Objetos. Tais componentes curriculares estão alinhados às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia (Conselho Nacional de Educação, 2016).

A disciplina adotou Java como linguagem de programação, e os estudantes já haviam tido contato prévio com essa linguagem na disciplina de Programação Orientada a Objetos. A decisão de utilizar Java em vez de outras linguagens de programação foi tomada pelo colegiado do curso.

O conteúdo das disciplinas de **Algoritmos e Estruturas de Dados** varia consideravelmente entre os cursos de graduação ao redor do mundo (SUJATHA; NARAGUND; KANAKARADDI, 2014). Em razão das limitações decorrentes da complexidade do estudo e dos recursos disponíveis, esta pesquisa não contemplou todos os tópicos da disciplina. Da mesma forma, não abrangeu todo o conteúdo programático ministrado na instituição. A investigação concentrou-se em dois tópicos específicos: (i) *Linked List* (Listas Ligadas) e (ii) *Array List* (Listas com Arrays). Esses tópicos foram selecionados pelas seguintes razões:

1. São conteúdos amplamente abordados em disciplinas introdutórias de estruturas de dados e representam conceitos fundamentais para a formação em computação.
2. Esses tópicos são adequados às restrições do delineamento experimental adotado, tornando-os representativos e pedagogicamente relevantes para avaliar o impacto do ChatGPT nesse contexto educacional.
3. Correspondem a conteúdos clássicos da literatura de algoritmos e estruturas de dados, sendo abordados em obras amplamente utilizadas no ensino superior, como *Introduction to Algorithms* (CORMEN et al., 2022).

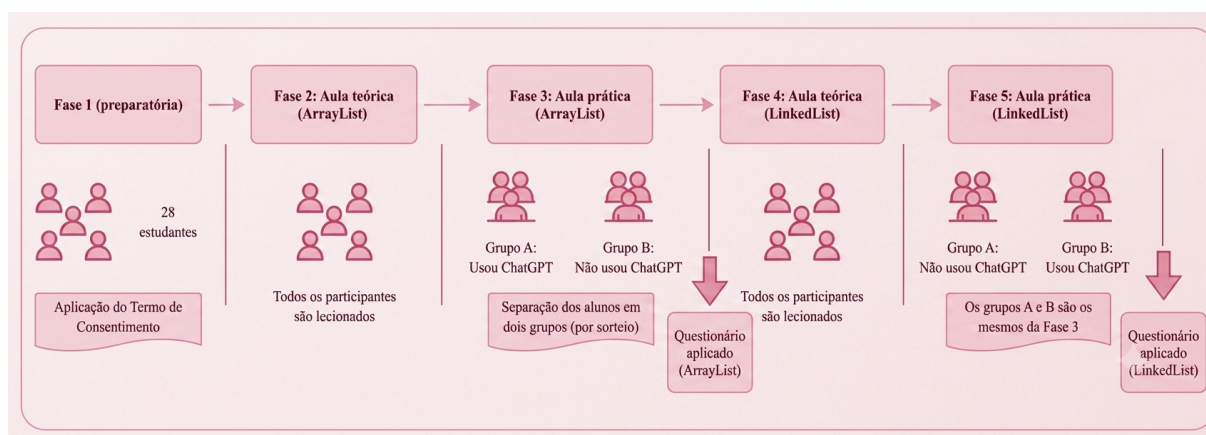
A disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados e todas as etapas do experimento foram realizadas durante o semestre letivo de 2026.1. No período de execução da pesquisa, os estudantes possuíam acesso à versão **GPT-4o Mini** do ChatGPT, disponibilizada gratuitamente pela plataforma.

3.2 Fases do Experimento

O experimento foi conduzido com estudantes regularmente matriculados na disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados do curso de Engenharia da Computação, no semestre letivo de 2026.1, com o objetivo de investigar a influência do uso do ChatGPT como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem. Para a realização da pesquisa, foram selecionados os conteúdos de *ArrayList* e *LinkedList*, abordados durante a execução do experimento e utilizados como base para a aplicação das atividades práticas e dos instrumentos de avaliação empregados na coleta de dados. A Figura 3 apresenta uma visão geral das fases do experimento, desde a preparação dos participantes até a conclusão das atividades e aplicação dos instrumentos de avaliação.

Na primeira fase (Fase Preparatória), o experimento teve início com uma sessão introdutória, na qual o docente responsável pela disciplina apresentou o estudo e seus procedimentos. Em conformidade com os princípios éticos aplicáveis a pesquisas envolvendo seres humanos e com as diretrizes estabelecidas pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional

Figura 3 – Fases do experimento realizado na pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

de Saúde (Conselho Nacional de Saúde, 2012), a participação dos estudantes era voluntária. Como incentivo à participação, foi concedido um ponto adicional na nota final da disciplina aos estudantes que concluíssem todas as etapas do experimento. Os estudantes que concordaram em participar assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo a conformidade da pesquisa com os princípios éticos aplicáveis (VITAK et al., 2017).

Ao todo, 28 estudantes concordaram em participar do experimento e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Entretanto, a participação em todas as etapas era requisito para inclusão na análise final dos resultados. Ao longo da execução do estudo, quatro estudantes não conseguiram concluir todas as fases previstas, sendo, portanto, excluídos da análise. Dessa forma, a amostra final foi composta por 24 participantes.

Após essa etapa, o estudo avançou para a Fase de Aprendizado, que compreendeu dois encontros da disciplina: um teórico e outro prático. Na aula teórica, o docente dedicou duas horas ao ensino de *ArrayList*, abordando exclusivamente os aspectos conceituais do conteúdo. Nesse momento, ainda não havia sido realizada a alocação dos participantes nos grupos experimentais.

Na aula seguinte, os estudantes foram instruídos a implementar, em Java, os conceitos de *ArrayList* apresentados na aula anterior. Para a realização dessa atividade de programação, foi disponibilizado um período de duas horas. O docente desenvolveu um ambiente para validar as implementações produzidas pelos estudantes. Esse ambiente consistia em um repositório no GitHub que continha código-base (*stubs*) e testes unitários. Todos os estudantes foram incentivados a realizar um *fork* do repositório, isto é, criar uma cópia independente do projeto em suas próprias contas do GitHub, preservando o código original e permitindo o desenvolvimento individual das soluções. O repositório principal serviu de referência para a elaboração das atividades práticas. Informações adicionais sobre os materiais utilizados e os artefatos produzidos durante a pesquisa são apresentadas ao final deste trabalho.

É importante destacar que, nesta atividade prática, os estudantes foram sorteados

para determinar a qual grupo pertenceriam. Os grupos foram definidos da seguinte forma:

- O **Grupo de Controle** foi composto por estudantes que puderam utilizar livremente o ChatGPT durante todo o laboratório, sem qualquer restrição. Esses participantes tinham liberdade para recorrer à ferramenta em busca de auxílio, orientações ou sugestões de código durante a realização da atividade.
- O **Grupo Experimental** foi composto por estudantes que não puderam utilizar o ChatGPT durante a atividade prática. Em substituição, esses estudantes foram incentivados a consultar apenas os slides das aulas, a documentação oficial das bibliotecas utilizadas e os materiais de apoio fornecidos pelo docente. Também lhes foi permitido utilizar mecanismos tradicionais de busca, como o Google, desde que não acessassem plataformas baseadas em inteligência artificial.

Após concluírem a atividade prática e submeterem suas implementações, os estudantes responderam a um questionário de avaliação de aprendizagem, apresentado no Apêndice ???. O objetivo desse instrumento foi avaliar a compreensão dos participantes sobre o conteúdo estudado. O questionário continha questões que abordavam aspectos teóricos e práticos relacionados às estruturas de dados trabalhadas na etapa experimental. Foi concedido um período de 30 minutos para seu preenchimento, sendo permitida a participação na fase seguinte do experimento apenas aos estudantes que concluíram o questionário.

O questionário foi composto por 22 questões de múltipla escolha. Todos os participantes concluíram o questionário dentro do tempo estabelecido, não havendo relatos de insuficiência de tempo.

Após a aplicação do questionário, teve início a Fase de *Linked List*. Essa fase seguiu o mesmo procedimento adotado anteriormente. Inicialmente, o docente ministrou uma aula teórica abordando os conceitos fundamentais. Na aula seguinte, teve início a atividade prática, ocasião em que os estudantes receberam acesso a um repositório no GitHub contendo o exercício de laboratório. Assim como na etapa anterior, todos os participantes foram incentivados a realizar um *fork* do repositório e implementar uma *Linked List* utilizando os conceitos apresentados na aula teórica.

Diferentemente da fase anterior, para promover maior equilíbrio entre as condições experimentais, os estudantes que utilizaram o ChatGPT durante a atividade de *ArrayList* passaram a integrar o grupo sem acesso à ferramenta na atividade de *LinkedList*, enquanto aqueles que anteriormente não puderam utilizá-la passaram a ter acesso livre ao ChatGPT.

Para identificar os participantes de cada grupo, o docente utilizou dois conjuntos de notas adesivas (*Post-it*), nas cores verde e amarela, posicionando uma delas no monitor de cada estudante. Durante toda a atividade prática, o docente monitorou continuamente os participantes que não estavam autorizados a utilizar o ChatGPT. Sempre que algum estudante tentava acessar a ferramenta, era imediatamente orientado a interromper seu uso e utilizar exclusivamente os materiais disponibilizados pelo docente.

4 Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir do experimento descrito na metodologia, bem como sua interpretação à luz da literatura apresentada no referencial teórico. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória dos dados, seguida da verificação da normalidade das distribuições por meio do teste de Shapiro–Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Essa etapa teve como finalidade avaliar o comportamento dos dados e auxiliar na definição dos procedimentos estatísticos utilizados posteriormente.

Embora os resultados não tenham indicado violações significativas do pressuposto de normalidade, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Mann–Whitney (MANN; WHITNEY, 1947) para a comparação entre as condições com e sem o uso do ChatGPT. Esse método é destinado à comparação de duas amostras independentes e constitui uma alternativa não paramétrica aos procedimentos que dependem de pressupostos mais restritivos sobre a distribuição dos dados.

A escolha dessa abordagem considerou as características do experimento, a natureza dos dados analisados e o tamanho reduzido da amostra. Assim, a adoção de um método não paramétrico não foi fundamentada exclusivamente no número de participantes, mas também na busca por uma análise adequada às condições avaliadas. Esse tipo de procedimento apresenta menor dependência de pressupostos relacionados à distribuição dos dados, sendo uma alternativa pertinente ao contexto deste estudo (CONOVER, 1999).

Além da avaliação da significância estatística, foi calculado o coeficiente de Cliff's Delta (CLIFF, 1993), com o objetivo de estimar a magnitude da diferença observada entre as condições. A inclusão dessa medida complementa a análise inferencial, uma vez que a significância estatística, isoladamente, não permite determinar a intensidade do efeito identificado.

Trata-se de uma medida de tamanho de efeito não paramétrica baseada na dominância entre duas distribuições, permitindo avaliar tanto a magnitude quanto a direção da diferença observada (CLIFF, 1993). Dessa forma, enquanto o procedimento de Mann–Whitney permite verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as condições com e sem o uso do ChatGPT, essa medida possibilita compreender a intensidade e o sentido dessas diferenças.

A utilização conjunta dessas abordagens permite, portanto, uma interpretação mais abrangente dos resultados, considerando não apenas a significância estatística das diferenças encontradas, mas também a magnitude do efeito associado a elas. Dessa maneira, a análise fornece uma visão mais completa dos resultados obtidos nas condições experimentais avaliadas.

4.1 Relação dos Estudantes com o ChatGPT

Ao todo, 28 estudantes responderam ao formulário de caracterização aplicado antes do início do experimento. As informações obtidas permitiram caracterizar o perfil dos participantes quanto à familiaridade e à frequência de utilização de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, conforme apresentado na Tabela 1. Ressalta-se que os dados apresentados nesta seção referem-se aos 28 estudantes que iniciaram a pesquisa. Entretanto, apenas 24 participantes concluíram todas as etapas previstas no delineamento experimental e, por esse motivo, somente esses estudantes foram considerados nas análises estatísticas apresentadas nas seções seguintes.

Tabela 1 – Caracterização dos participantes quanto ao uso de Inteligência Artificial Generativa

Variável	Categoria	<i>n</i>	%
Conhecimento prévio de IA	Sim	28	100,0
	Não	0	0,0
Frequência de utilização	Mais de uma vez ao dia	10	35,7
	Uma vez ao dia	2	7,1
	Várias vezes na semana	9	32,1
	Algumas vezes na semana	7	25,0
Uso em programação	Sempre	1	3,6
	Quase sempre	25	89,3
	Raramente	2	7,1

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Em relação à frequência de utilização dessas ferramentas, verificou-se que 35,7% dos estudantes (10 participantes) utilizavam IA mais de uma vez ao dia, enquanto 32,1% (9 estudantes) afirmaram utilizá-la várias vezes por semana. Outros 25,0% (7 estudantes) relataram utilizar a ferramenta algumas vezes por semana, ao passo que apenas 7,1% (2 estudantes) indicaram utilizá-la uma vez ao dia.

Quando questionados especificamente sobre o uso da inteligência artificial em atividades de programação, verificou-se que a grande maioria dos participantes (89,3%, correspondendo a 25 estudantes) afirmou recorrer ao ChatGPT quase sempre. Apenas um estudante (3,6%) declarou utilizar a ferramenta sempre, enquanto dois participantes (7,1%) relataram utilizá-la raramente.

Esses resultados demonstram que os estudantes participantes já apresentavam elevado grau de familiaridade com ferramentas de inteligência artificial generativa antes da realização do experimento, indicando que a pesquisa foi conduzida em um contexto no qual o uso dessas tecnologias já estava incorporado às práticas acadêmicas dos discentes.

4.2 Resultados das avaliações

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos nas avaliações aplicadas ao final de cada etapa do experimento, com o objetivo de verificar se o uso do ChatGPT influenciou o

desempenho dos estudantes na compreensão dos conteúdos abordados.

Embora 28 estudantes tenham iniciado o experimento e respondido ao questionário de caracterização apresentado na Seção 4.1, apenas 24 participantes concluíram todas as etapas previstas no delineamento experimental. Como a comparação entre as condições com e sem utilização do ChatGPT exigia que cada estudante participasse de todas as fases do experimento, os quatro estudantes que não concluíram integralmente o estudo foram excluídos das análises estatísticas apresentadas nesta seção.

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva das notas obtidas nas avaliações conduzidas sob as duas condições experimentais: com utilização do ChatGPT e sem utilização da ferramenta. Foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão, incluindo média, mediana, desvio padrão, valores mínimo e máximo, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das notas obtidas nas condições experimentais

Estatística	Com ChatGPT	Sem ChatGPT
Número de observações (N)	24	24
Média	6,5979	4,9792
Mediana	6,6650	5,0000
Desvio padrão	1,8555	2,0482
Mínimo	3,3300	1,3300
Máximo	9,1700	8,3300

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Antes da comparação entre as condições experimentais, verificou-se a distribuição dos dados por meio do teste de normalidade de Shapiro–Wilk. Os resultados indicaram que as notas obtidas nas duas condições não apresentaram evidências de violação da normalidade ($p > 0,05$), sugerindo que as distribuições observadas são compatíveis com uma distribuição normal. Ainda assim, considerando o reduzido tamanho da amostra e buscando uma análise mais robusta frente a possíveis desvios das premissas estatísticas, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Mann–Whitney para a comparação entre as condições.

O teste de Mann–Whitney foi empregado para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os desempenhos dos estudantes quando utilizaram o ChatGPT e quando realizaram as atividades sem o auxílio da ferramenta. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado do teste de Mann–Whitney

Estatística U	p-valor	Resultado
411,5	0,0109	Rejeita-se H_0

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Além da significância estatística, foi calculado o coeficiente Cliff's Delta, utilizado para estimar a magnitude da diferença observada entre as duas condições experimentais. Enquanto o teste de Mann–Whitney permite identificar a existência de diferenças estatisticamente significativas, o Cliff's Delta complementa essa análise ao fornecer uma medida do tamanho do efeito, possibilitando avaliar a relevância prática dos resultados encontrados. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Magnitude do efeito estimada pelo coeficiente Cliff's Delta

Cliff's Delta	Magnitude do efeito
0,4288	Médio

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.3 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos permitiram rejeitar a hipótese nula (H_0), indicando que houve diferença estatisticamente significativa entre o desempenho dos estudantes nas condições com e sem utilização do ChatGPT. Observou-se que as notas obtidas com o auxílio da ferramenta apresentaram média superior às obtidas sem sua utilização, enquanto o coeficiente Cliff's Delta indicou efeito de magnitude média. Esses resultados sugerem que, nas condições em que o experimento foi conduzido, a utilização do ChatGPT esteve associada a um melhor desempenho dos estudantes nas avaliações realizadas. Durante as atividades propostas, a IA possibilitou aos participantes obter explicações adicionais, esclarecer dúvidas e receber sugestões para a resolução dos exercícios, funcionando como um mecanismo complementar ao conteúdo apresentado em sala de aula.

Entretanto, os resultados obtidos não permitem concluir que a utilização do ChatGPT, por si só, seja responsável pelo aumento da aprendizagem ou que produza os mesmos efeitos em diferentes contextos educacionais. O experimento avaliou apenas dois conteúdos específicos da disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados (*ArrayList* e *LinkedList*), envolvendo uma amostra reduzida de estudantes de uma única turma de Engenharia da Computação. Dessa forma, a generalização dos resultados deve ser realizada com cautela.

Outro aspecto relevante refere-se ao perfil dos participantes. Conforme apresentado na Seção 4.1, todos os estudantes já possuíam experiência prévia com ferramentas de Inteligência Artificial Generativa e a maioria afirmou utilizá-las frequentemente em atividades de programação. Esse cenário indica que o experimento foi conduzido em um contexto no qual o uso dessas tecnologias já estava incorporado às práticas acadêmicas dos participantes. Assim, os resultados observados refletem o impacto do uso controlado da ferramenta durante a realização das atividades propostas, e não o primeiro contato dos estudantes com esse tipo de tecnologia.

Apesar das limitações inerentes ao estudo, os resultados obtidos indicam que a utilização do ChatGPT como ferramenta de apoio pode contribuir positivamente para o desempenho

dos estudantes em atividades relacionadas à programação. Esses achados estão alinhados com pesquisas recentes que apontam o potencial da Inteligência Artificial Generativa como instrumento de suporte ao aprendizado quando utilizada de forma complementar ao processo de ensino, sem substituir a mediação do professor nem o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

5 Conclusões

Este trabalho investigou a influência do uso do ChatGPT no desempenho de estudantes da disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados, buscando verificar se a utilização da ferramenta produz diferenças mensuráveis na aprendizagem em atividades de programação. Para isso, foi realizado um experimento com delineamento cruzado, permitindo que todos os participantes realizassem atividades tanto com quanto sem o auxílio da Inteligência Artificial.

Os resultados obtidos indicaram diferença estatisticamente significativa entre as duas condições experimentais, com desempenho superior quando o ChatGPT foi utilizado como ferramenta de apoio. Além disso, o tamanho de efeito observado foi classificado como médio, sugerindo que a utilização da ferramenta esteve associada a uma melhora relevante no desempenho dos estudantes durante as atividades propostas.

Apesar desses resultados, o estudo apresenta limitações relacionadas ao tamanho da amostra, à realização em uma única turma e à avaliação restrita aos conteúdos de ArrayList e LinkedList. Dessa forma, os achados não devem ser generalizados para todos os contextos de ensino, mas interpretados como evidências de que a Inteligência Artificial Generativa pode representar um recurso pedagógico promissor quando empregada de forma planejada e complementar ao processo de ensino-aprendizagem.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos envolvendo diferentes disciplinas, instituições e períodos acadêmicos, bem como investigações sobre os efeitos do uso contínuo da Inteligência Artificial no desenvolvimento do raciocínio lógico, da autonomia dos estudantes e da aprendizagem em longo prazo. Essas pesquisas poderão contribuir para uma compreensão mais ampla do papel da Inteligência Artificial Generativa na formação de profissionais da área de Computação.

Referências

- ALMEIDA, L. B. de. **Inserção profissional dos ex-bolsistas de doutorado do CNPq e da Capes dos programas em engenharias e ciência da computação no período de 1996 a 2006**. Tese (Doutorado) — University of Brasília, Brazil, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/11698>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 14.
- AZAIZ, I.; KONRAD, F.; STRICKROTH, S. Small but competitive – evaluating deepseek-r1 among diverse open llms for formative programming feedback. In: GREUBEL, A.; STRICKROTH, S.; STRIEWE, M. (Ed.). **7. Workshop Automatische Bewertung von Programmieraufgaben (ABP 2025)**. [S.l.]: LMU Munich, 2025. p. 97–106. Citado na página 19.
- BAIDOO-ANU, D.; ANSAH, L. O. Education in the era of generative artificial intelligence (ai): Understanding the potential benefits of chatgpt in promoting teaching and learning. **Journal of AI**, İzmir Academy Association, v. 7, n. 1, p. 52–62, 2023. Citado na página 11.
- BENNEDSEN, J.; CASPERSEN, M. E. Failure rates in introductory programming. **AcM SIGcSE Bulletin**, ACM New York, NY, USA, v. 39, n. 2, p. 32–36, 2007. Citado na página 14.
- CLIFF, N. Dominance statistics: Ordinal analyses to answer ordinal questions. **Psychological Bulletin**, v. 114, n. 3, p. 494–509, 1993. Citado na página 24.
- CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 3. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1999. Citado na página 24.
- Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 5, de 16 de novembro de 2016: Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia**. 2016. <https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECESN52016.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2026. Citado na página 20.
- Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. 2012. Diário Oficial da União. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Citado na página 22.
- CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Introduction to Algorithms**. 4. ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2022. ISBN 9780262046305. Citado 5 vezes nas páginas 14, 15, 16, 18 e 21.
- DEFRANCO, J. F.; KSHETRI, N.; VOAS, J. Are we writing for bots or humans? **Computer**, IEEE Computer Society, v. 56, n. 09, p. 13–14, 2023. Citado na página 11.
- DELIKOURA, I.; FUNG, Y. R.; HUI, P. From superficial outputs to superficial learning: Risks of large language models in education. **arXiv preprint arXiv:2509.21972**, 2025. Citado na página 11.
- HARUTO, S.; NNADI, L. C.; YUTAKA, W. Systematic review of large language model applications in programming education. In: FUJITA, H. et al. (Ed.). **New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques**. [S.l.]: IOS Press, 2025. p. 83–96. Citado na página 19.

HECKMAN, S. An empirical study of in-class laboratories on student learning of linear data structures. In: **Proceedings of the 11th International Computing Education Research Conference (ICER '15)**. Omaha, USA: ACM, 2015. p. 225–231. Citado na página 19.

JAMIE, P.; HAJIHASHEMI, R.; ALIPOUR, S. Utilizing chatgpt in a data structures and algorithms course: A teaching assistant's perspective. **arXiv preprint arXiv:2410.08899**, 2024. Citado na página 12.

JAMIE, P.; HAJIHASHEMI, R.; ALIPOUR, S. Utilizing chatgpt in a data structures and algorithms course: A teaching assistant's perspective. In: **Extended Abstracts of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '25)**. [S.l.]: Association for Computing Machinery, 2025. Citado na página 18.

JOSHI, I.; BUDHIRAJA, R.; DEV, H.; KADIA, J.; ATAULLAH, M. O.; MITRA, S.; AKOLEKAR, H. D.; KUMAR, D. Chatgpt in the classroom: An analysis of its strengths and weaknesses for solving undergraduate computer science questions. In: **Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1**. [S.l.: s.n.], 2024. p. 625–631. Citado na página 12.

KOHEN-VACS, D.; USHER, M.; JANSEN, M. Integrating generative ai into programming education: Student perceptions and the challenge of correcting ai errors. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 2025. Citado na página 19.

LAWRENCE, R. Teaching data structures using competitive games. **IEEE Transactions on Education**, IEEE, v. 47, n. 4, p. 459–466, 2004. Citado na página 14.

MACNEIL, S.; TRAN, A.; MOGIL, D.; BERNSTEIN, S.; ROSS, E.; HUANG, Z. Generating diverse code explanations using the gpt-3 large language model. In: **Proceedings of the 2022 ACM Conference on International Computing Education Research-Volume 2**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 37–39. Citado na página 11.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, n. 1, p. 50–60, 1947. Citado na página 24.

MCPHEE, S. W.; JEROWSKY, M. Beyond technical skills: a pedagogical perspective on fostering critical engagement with generative ai in university classrooms. **Frontiers in Education**, v. 10, p. 1593278, 2025. Citado na página 18.

NATHANIEL, J.; OYELERE, S. S.; SUHONEN, J.; TEDRE, M. Literature review on the integration of generative ai in programming education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 35, p. 2724–2755, 2025. Citado na página 19.

PARK, A.; KIM, T. Code suggestions and explanations in programming learning: Use of chatgpt and performance. **The International Journal of Management Education**, 2025. Manuscript excerpt. Disponível em: <<https://doi.org/NRF-2023S1A5A8080527>>. Citado na página 18.

PINTO, D. P.; PORTELA, J. C. d. S.; OLIVEIRA, V. F. d. Diretrizes curriculares e mudança de foco no curso de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 22, n. 2, p. 31–37, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 20.

QIN, C.; ZHANG, A.; ZHANG, Z.; CHEN, J.; YASUNAGA, M.; YANG, D. Is chatgpt a general-purpose natural language processing task solver? **arXiv preprint arXiv:2302.06476**, 2023. Citado na página 12.

RAHMAN, M. M.; WATANOBÉ, Y. Chatgpt for education and research: Opportunities, threats, and strategies. **Applied Sciences**, MDPI, v. 13, n. 9, p. 5783, 2023. Citado na página 11.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3–4, p. 591–611, 1965. Citado na página 24.

SUJATHA, C.; NARAGUND, J. G.; KANAKARADDI, S. G. A framework for curriculum design of data structures and design of algorithms course (dsda). In: SPRINGER. **Proceedings of the International Conference on Transformations in Engineering Education: ICTIEE 2014**. [S.l.], 2014. p. 615–615. Citado na página 21.

VITAK, J.; PROFERES, N.; SHILTON, K.; ASHKTORAB, Z. Ethics regulation in social computing research: Examining the role of institutional review boards. **Journal of Empirical Research on Human Research Ethics**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 12, n. 5, p. 372–382, 2017. Citado na página 22.

WINSLOW, L. E. Programming pedagogy—a psychological overview. **ACM Sigcse Bulletin**, ACM New York, NY, USA, v. 28, n. 3, p. 17–22, 1996. Citado na página 12.

YU, H. Reflection on whether chat gpt should be banned by academia from the perspective of education and teaching. **Frontiers in Psychology**, Frontiers, v. 14, p. 1181712, 2023. Citado na página 12.

APÊNDICE A – Disponibilização do código-fonte e dos resultados da análise

Em razão da extensão do código-fonte desenvolvido para a execução dos experimentos e dos resultados gerados durante a análise dos dados, optou-se por disponibilizar esse material em um repositório externo. Essa abordagem visa facilitar o acesso ao conteúdo completo, preservando a organização e a legibilidade deste trabalho.

O repositório contém o notebook desenvolvido na plataforma Google Colaboratory (Google Colab), incluindo o código-fonte, os dados utilizados, as etapas de processamento e os resultados obtidos durante a pesquisa.

O acesso ao repositório pode ser realizado por meio do endereço eletrônico abaixo:

<<https://github.com/PunkPotatoQueen/Testes-Estatisticos-TCC>>