



Introdução à Metodologia Científica

Eduardo Ogasawara

eduardo.ogasawara@cefet-rj.br

<https://eic.cefet-rj.br/~eogasawara>

O que é ciência?

A ciência é um sistema de conhecimento baseado em observação, experimentação e validação. Seu objetivo principal é compreender a realidade e desenvolver explicações gerais para fenômenos naturais e artificiais, permitindo-nos prever e explicar o mundo ao nosso redor.

Observação

Coleta sistemática de informações sobre fenômenos através de métodos estruturados

Experimentação

Testes controlados para verificar hipóteses e estabelecer relações causais

Validação

Confirmação dos resultados através de repetição e revisão por pares

A ciência utiliza o método científico para produzir conhecimento confiável. Exemplos clássicos incluem a teoria da gravitação de Newton, formulada a partir de observações e testada por séculos; a descoberta do DNA baseada em experimentos e evidências empíricas; e na computação, algoritmos que são projetados, analisados matematicamente e validados por meio de experimentos computacionais.

📄 **Referência:** Understanding Science. URL: <https://undsci.berkeley.edu/index.php>

O que é conhecimento científico?

O conhecimento científico é um conjunto de explicações obtidas e testadas por métodos sistemáticos. Ele representa nossa compreensão mais confiável do mundo, constantemente refinada através de investigação rigorosa e revisão contínua.

1

Baseado em evidências

Fundado em observações, experimentos e dados confiáveis que podem ser verificados independentemente

2

Revisável e dinâmico

Sempre aberto a mudanças conforme novas evidências surgem, permitindo aprimoramento contínuo

3

Sistemático

Segue métodos rigorosos para minimizar erros e vieses, garantindo confiabilidade

4

Falível

Possui mecanismos de revisão que permitem correções e aprimoramentos constantes

"A ciência não busca verdades absolutas, mas explicações cada vez mais precisas sobre o mundo."

Exemplo clássico: A teoria da gravitação de Newton foi aceita por séculos, até que novas evidências levaram à formulação da Teoria da Relatividade de Einstein, que aprimorou a explicação dos fenômenos gravitacionais sem invalidar completamente o trabalho anterior.

Método científico

O método científico é a lógica geral, tácita ou explícita, para desenvolver pesquisas confiáveis. É um processo sistemático que garante que o conhecimento produzido seja robusto, replicável e verificável.

01	02
Observação	Formulação de Hipótese
Coleta cuidadosa de dados sobre fenômenos de interesse	Explicação inicial baseada nas observações realizadas
03	04
Experimentação	Análise de Resultados
Teste controlado da hipótese em condições específicas	Interpretação criteriosa dos dados coletados
05	06
Conclusão	Publicação e Revisão
Validação ou refutação da hipótese inicial	Comunicação dos resultados à comunidade científica

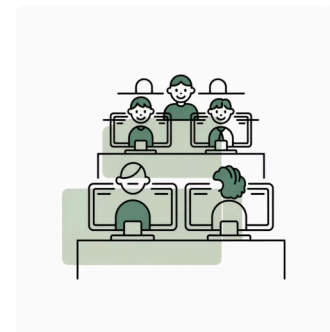
 **Referência:** How science works: The flowchart. URL: <https://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>

Importância do método científico

Por que seguir um método rigoroso?

- Garante que conclusões são baseadas em evidências e não em suposições
- Permite a reprodutibilidade dos resultados por outros pesquisadores
- Reduz significativamente o viés subjetivo nas análises
- Estabelece confiança na comunidade científica

A ciência avança quando os resultados são replicáveis, permitindo que outros pesquisadores confirmem ou refutem hipóteses anteriores, construindo um corpo de conhecimento cada vez mais sólido.



Exemplo prático: Avaliação de um software educacional

1

Divisão de grupos

Grupo A utilizou o software; Grupo B não utilizou (grupo controle)

2

Observação inicial

Grupo A teve média superior em desempenho nas avaliações

3

Questionamento crítico

Essa diferença é estatisticamente significativa ou pode ser resultado do acaso?

4

Validação estatística

Uso de testes estatísticos apropriados para confirmar se a diferença é real

Ponto importante: Diferenças observadas precisam ser comprovadas com testes estatísticos apropriados para garantir que não ocorreram simplesmente por variação aleatória.

Princípios de construção do conhecimento

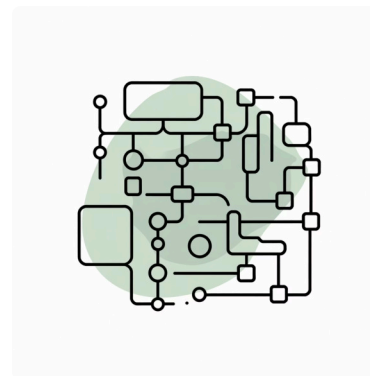
Indução

A indução generaliza um padrão a partir de múltiplas observações. Embora não garanta a verdade absoluta, permite formular hipóteses plausíveis com base em padrões observados repetidamente.

Aplicações na computação:

- Indução matemática e estrutural para provar propriedades de algoritmos
- Algoritmos de aprendizado de máquina que generalizam padrões a partir de dados observados
- Inferência de tipos em linguagens de programação

Exemplo: Um modelo de machine learning observa milhares de imagens de gatos e aprende a identificar características comuns, generalizando o conceito de "gato".



Refutação

Toda teoria deve estar aberta a ser refutada por novas evidências. Este princípio, proposto por Karl Popper, é fundamental para o progresso científico. Refutar uma teoria não significa invalidá-la completamente, mas sim aprimorá-la com novos dados.

Exemplo na computação: A teoria de que "um algoritmo é sempre mais rápido que outro" pode ser invalidada por novos testes que demonstrem o contrário em diferentes contextos ou tamanhos de entrada, levando a uma compreensão mais precisa de quando cada algoritmo é mais apropriado.

Conceitos, Leis e Teorias

Conceitos

Construções lógicas dentro de um sistema de referência que servem como instrumentos de trabalho do cientista.

Exemplo: Em computação, o conceito de *complexidade algorítmica* ajuda a classificar o desempenho de algoritmos, permitindo comparações objetivas entre diferentes soluções.

Leis Científicas

Regularidades observadas que permitem previsões sobre fenômenos com alto grau de confiabilidade.

Exemplo: A *Lei de Amdahl* na computação estabelece limites matemáticos para a aceleração de programas em sistemas paralelos, considerando a parte sequencial inevitável do processamento.

Teorias Científicas

Conjunto de conceitos inter-relacionados que explicam fenômenos e fazem previsões testáveis. Não representam uma verdade absoluta, mas refletem o estado da arte do conhecimento em determinado momento.

Exemplos: A *Teoria da Complexidade Computacional* categoriza problemas computacionais de acordo com sua dificuldade (P, NP, NP-completo, etc.).

❏ **Nota importante:** A Lei de Moore não é uma lei científica no sentido estrito, mas sim uma observação empírica sobre a evolução da tecnologia de semicondutores, que pode mudar com o tempo conforme limitações físicas são alcançadas.

Classificações das Ciências

As ciências podem ser classificadas de diversas formas, dependendo dos critérios utilizados. Cada classificação oferece uma perspectiva diferente sobre como organizamos e compreendemos o conhecimento científico.

Pela natureza do objeto

- **Ciências formais:** matemática, lógica
- **Ciências empíricas:** física, biologia, sociologia

Pelo objetivo da pesquisa

- **Ciências puras:** buscam conhecimento fundamental
- **Ciências aplicadas:** buscam aplicações práticas

Pelo grau de precisão

- **Ciências exatas:** matemática, física
- **Ciências inexatas:** biologia, psicologia

Pelo rigor metodológico

- **Ciências hard:** naturais, matemática
- **Ciências soft:** sociais, humanas

É importante notar que essas classificações não são rígidas ou excludentes. Uma mesma área pode se enquadrar em diferentes categorias dependendo do aspecto considerado, e a Ciência da Computação é um exemplo notável dessa multidisciplinaridade.

Ciências Formais



As ciências formais estudam **estruturas abstratas**, sem aplicação direta à realidade física. Elas não dependem de experimentação ou observação da natureza, mas sim de raciocínio lógico e dedução matemática.

Seu foco está em sistemas axiomáticos, onde verdades são derivadas de princípios fundamentais através de provas rigorosas.

Exemplos na Computação



Teoria de Algoritmos

Prova matemática de que um algoritmo é correto e eficiente, utilizando técnicas como invariantes de loop e análise de complexidade assintótica.



Linguagens Formais

Modelagem de gramáticas para linguagens de programação, como o uso de autômatos finitos para expressões regulares e análise léxica.



Álgebra Relacional

Base matemática dos bancos de dados relacionais, definindo operações como seleção, projeção e junção de forma rigorosa e precisa.

Nas ciências formais, a verdade é estabelecida por *demonstração lógica*, não por observação empírica. Um teorema provado permanece verdadeiro independentemente de experimentos físicos.

Ciências Empíricas

As ciências empíricas estudam **fenômenos do mundo real** e dependem fundamentalmente de observação e experimentação. Elas se baseiam em dados coletados do mundo natural ou social para construir e validar teorias.

Ciências Naturais

Investigam fenômenos da natureza através de métodos experimentais rigorosos

- Física
- Química
- Biologia

Ciências Sociais

Estudam as interações humanas e fenômenos sociais usando métodos adaptativos

- Sociologia
- Economia
- Psicologia

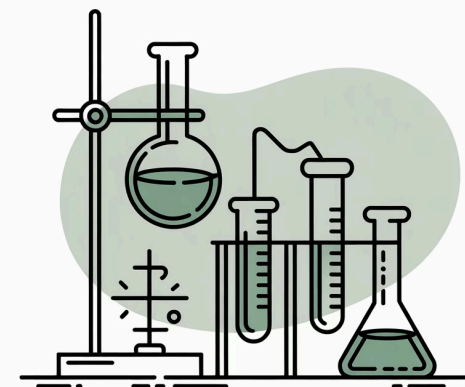
Exemplos na Computação

Aspectos de Ciências Naturais

- Estudo de hardware e arquitetura de computadores
- Pesquisa em eficiência energética de processadores
- Física de semicondutores aplicada a chips
- Computação quântica e suas bases físicas

Aspectos de Ciências Sociais

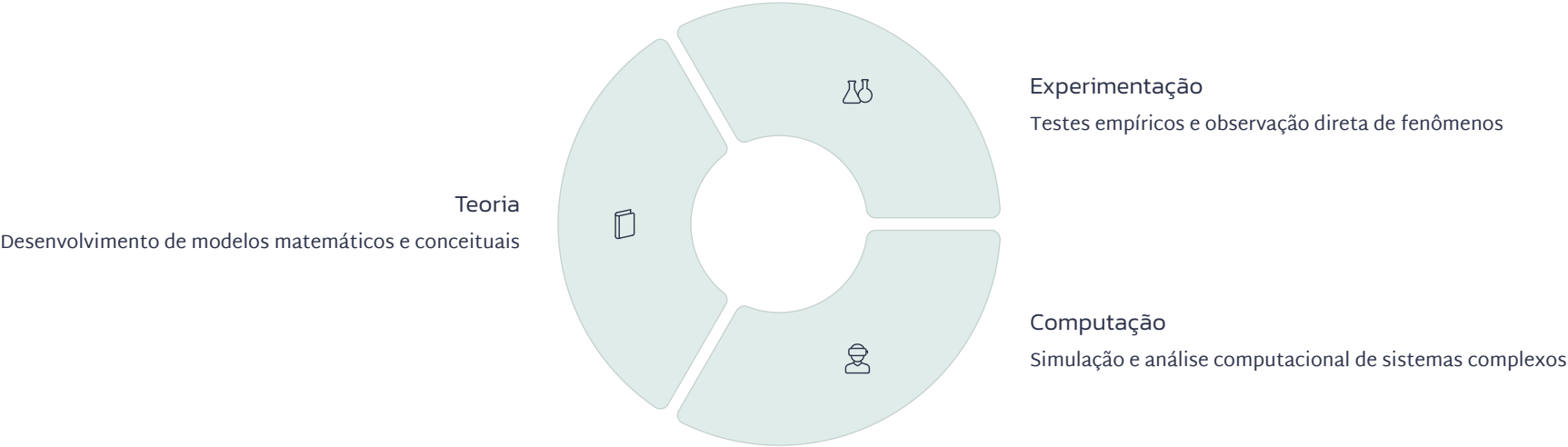
- Interação humano-computador (IHC)
- Impacto da inteligência artificial na sociedade
- Ética em sistemas computacionais
- Redes sociais e comportamento online



Computação Científica: O Terceiro Pilar

O terceiro modo da ciência

A Computação Científica representa um **terceiro modo da ciência**, complementando os pilares tradicionais da teoria e experimentação. Surgiu devido à necessidade de simular fenômenos complexos que não podem ser reproduzidos fisicamente ou testados apenas por métodos analíticos.



Características da Computação Científica

Construção de modelos matemáticos Representação formal de fenômenos através de equações e algoritmos	Simulação computacional Resolução de problemas complexos através de poder computacional massivo	Análise de fenômenos Estudo computacional de sistemas físicos, biológicos e sociais
---	--	--

Exemplos de Aplicações

- **Modelagem climática:** Resolução numérica de equações diferenciais para prever mudanças climáticas
- **Biomedicina:** Simulação de dobramento de proteínas para desenvolvimento de medicamentos
- **Inteligência Artificial:** Treinamento de redes neurais profundas para reconhecimento de padrões

Ciências Puras vs. Ciências Aplicadas

Ciências Puras

Estudam conceitos básicos sem preocupação com aplicação imediata. O foco está na expansão do conhecimento fundamental e na compreensão profunda dos princípios que regem o universo.

Exemplos:

- Cosmologia e física teórica
- Lógica matemática pura
- Teoria dos números

Ciências Aplicadas

Focam em descobertas voltadas para aplicações práticas, utilizando conhecimento científico para resolver problemas reais e desenvolver novas tecnologias.

Exemplos:

- Engenharia de software
- Desenvolvimento de algoritmos de IA
- Medicina aplicada

A Conexão entre Pesquisa Pura e Aplicada



Exemplo clássico: O estudo inicial da *teoria dos grafos* por Euler no século XVIII era puramente matemático. Hoje, é essencial para algoritmos de busca, redes sociais, GPS e sistemas de recomendação.

📄 **Referência:** Pure and Applied - <https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/pure-and-applied>

Ciências Exatas vs. Inexatas

Ciências Exatas (Determinísticas)

Produzem resultados **previsíveis e quantitativos**, baseando-se em modelos matemáticos rigorosos que permitem previsões precisas.

Características:

- Resultados reproduzíveis com alta precisão
- Modelos matemáticos determinísticos
- Previsibilidade baseada em leis naturais

Exemplos:

- Matemática pura
- Física clássica
- Análise de complexidade de algoritmos

Na Computação: A análise de complexidade de algoritmos tem previsibilidade matemática - podemos determinar exatamente quantas operações um algoritmo executará em função do tamanho da entrada.

Ciências Inexatas (Estocásticas)

Podem prever **padrões gerais**, mas os resultados não são sempre precisos devido à complexidade e variabilidade dos sistemas estudados.

Características:

- Trabalham com probabilidades e tendências
- Lidam com incerteza inerente aos sistemas
- Usam modelos estatísticos e estocásticos

Exemplos:

- Economia e previsão de mercados
- Psicologia comportamental
- Redes neurais e aprendizado de máquina

Na Computação: Sistemas de recomendação lidam com incerteza e comportamento humano imprevisível, utilizando modelos probabilísticos para fazer previsões aproximadas.

📖 **Referência:** K. Dompere, ed., *Fuzziness and Foundations of Exact and Inexact Sciences*, Berlin, Heidelberg: Springer, p. 35–51.

Ciências Hard vs. Soft

Ciências Hard (Duras)

Caracterizadas por **rigor metodológico elevado**, com uso intensivo de estatística e matemática para validação de hipóteses.

- Controle preciso de variáveis experimentais
- Resultados altamente reproduzíveis
- Modelos matemáticos formais

Exemplos: Pesquisa médica, Física experimental, Análise de algoritmos

Ciências Soft (Moles)

Aceitam evidências baseadas em **estudos de caso** e métodos qualitativos, devido à dificuldade em controlar todas as variáveis experimentais.

- Lidam com maior complexidade nas variáveis
- Usam validação alternativa (estudos longitudinais, triangulação de dados)
- Consideram contexto e fatores humanos

Exemplos: Sociologia, Psicologia, Engenharia de Software

A distinção entre ciências hard e soft não implica que uma seja superior à outra. As ciências soft lidam com fenômenos de **maior complexidade**, onde múltiplas variáveis interagem de formas imprevisíveis, exigindo abordagens metodológicas adaptativas e complementares.

Na Computação: A Engenharia de Software é frequentemente classificada como uma ciência soft, pois lida com fatores humanos, processos organizacionais e contextos variados que não podem ser completamente controlados em experimentos. Por outro lado, a análise de algoritmos segue princípios de ciências hard.

📄 **Referência:** Hard and Soft Science - https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_and_soft_science

Critérios Fundamentais para Validação Científica

A validação científica depende de critérios rigorosos que garantem a confiabilidade e objetividade do conhecimento produzido. Estes princípios fundamentam toda a pesquisa científica moderna.

Empirismo

O conhecimento deve ser baseado em **observações e testes controlados**. Teorias devem ser testáveis e capazes de prever fenômenos de maneira confiável e verificável.

- Baseado em evidências observáveis
- Requer experimentação sistemática
- Permite verificação independente

Na Computação: Validação experimental de algoritmos através de benchmarks padronizados e testes em diferentes cenários.

Objetividade

Resultados científicos devem ser **reproduzíveis por outros pesquisadores**. A interpretação dos dados deve ser independente de opiniões pessoais ou vieses individuais.

- Resultados replicáveis
- Independência do pesquisador
- Transparência metodológica

Na Computação: A objetividade vem da execução repetida de experimentos computacionais, onde código-fonte e dados podem ser compartilhados para verificação independente.

Exemplo Prático: Teste de Desempenho de Algoritmos

Ao avaliar um novo algoritmo, o teste de desempenho deve ser comparado com **benchmarks reconhecidos** pela comunidade científica, não apenas com resultados de um único pesquisador. Isso inclui:

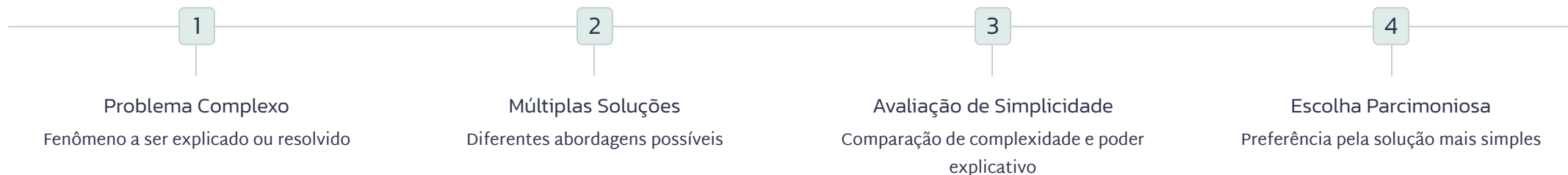
- Usar conjuntos de dados padronizados e publicamente disponíveis
- Comparar com implementações de referência de algoritmos existentes
- Documentar completamente o ambiente de teste (hardware, sistema operacional, versões de software)
- Realizar múltiplas execuções para calcular médias e desvios padrão

Diferente de outras áreas, a ciência da computação **evita argumentos baseados em autoridades**. Um resultado é válido pela sua fundamentação lógica e evidências empíricas, não pela reputação de quem o propõe.

A Navalha de Occam

Simplicidade como critério científico

A **Navalha de Occam** é um princípio fundamental na filosofia da ciência: *"Entre duas explicações para um fenômeno, a mais simples tende a ser a correta."* Este princípio não afirma que a solução mais simples é sempre correta, mas que devemos preferir explicações parcimoniosas quando ambas têm poder explicativo equivalente.



Exemplo na Computação: Overfitting em Machine Learning

Modelo Complexo

- Pode ter melhor desempenho no conjunto de treinamento
- Risco de sobreajustamento (overfitting)
- Captura ruído junto com padrões reais
- Generaliza mal para novos dados

Modelo Simples

- Captura apenas padrões essenciais
- Melhor generalização
- Mais interpretável e explicável
- Menor risco de overfitting

❏ **Cuidado:** Simplicidade excessiva pode comprometer a precisão. Um modelo de IA que ignora variáveis importantes será simples, mas ineficaz. A escolha do modelo deve **equilibrar simplicidade e precisão**.

Dica prática: Prefira sempre a solução mais simples que resolva o problema adequadamente. Se um algoritmo linear resolve seu problema tão bem quanto uma rede neural profunda, escolha o algoritmo linear - ele será mais rápido, interpretável e mantível.

Métodos e Técnicas na Pesquisa Científica

Compreender a distinção entre métodos e técnicas é fundamental para o planejamento e execução de pesquisas científicas de qualidade. Ambos são essenciais, mas desempenham papéis diferentes no processo investigativo.

O que é Método?

- Definição
Conjunto ordenado de procedimentos sistemáticos usados para investigar um fenômeno
- Objetivo
Garantir rigor e confiabilidade na produção do conhecimento
- Exemplo
O método científico é um processo estruturado para formular hipóteses, testá-las e chegar a conclusões confiáveis

O que são Técnicas?

- Definição
A aplicação prática de um método - as ferramentas específicas usadas para executá-lo
- Objetivo
Implementar o método de forma eficiente e mensurável
- Exemplos
Experimentação controlada, simulações computacionais, análise estatística, surveys

Diferença essencial: O **método** fornece a *estrutura geral* da pesquisa, enquanto a **técnica** define *como essa estrutura será executada* na prática.

Método Escolhido

Revisão sistemática da literatura para avaliar tendências em algoritmos de aprendizado de máquina aplicados a reconhecimento de imagens

Técnicas Aplicadas

- Análise estatística de citações** para identificar artigos mais influentes
- Mineração de dados** em bases como IEEE Xplore e ACM Digital Library
- Análise qualitativa** do conteúdo dos artigos selecionados
- Meta-análise quantitativa** dos resultados experimentais reportados

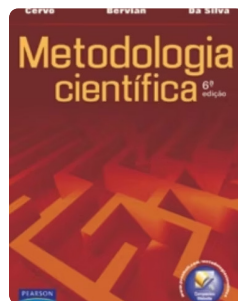
Referências Bibliográficas

Esta apresentação foi desenvolvida com base em obras fundamentais sobre metodologia científica e escrita acadêmica, essenciais para o desenvolvimento de competências em pesquisa e análise de artigos científicos. Estas referências representam contribuições seminais que orientam pesquisadores em todas as etapas do processo investigativo, desde a concepção do problema até a comunicação efetiva dos resultados.



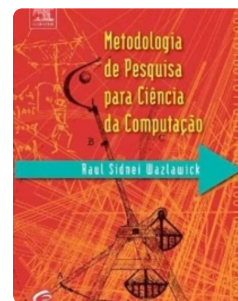
Perovano (2016)

Manual de metodologia da pesquisa científica - Editora Intersaberes. Obra completa e abrangente sobre fundamentos metodológicos, oferecendo uma visão integrada dos principais métodos e técnicas de pesquisa científica.



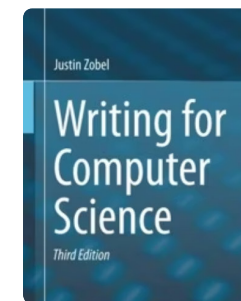
Cervo, Bervian & Silva (2006)

Metodologia Científica - Pearson Universidades. Referência clássica consolidada em metodologia de pesquisa, amplamente utilizada na formação acadêmica por sua clareza didática e rigor conceitual.



Wazlawick (2017)

Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação - Elsevier Brasil. Abordagem especializada e direcionada para a área de computação, contemplando as particularidades metodológicas deste campo do conhecimento.



Zobel (2015)

Writing for Computer Science - Springer. Guia essencial e prático para escrita científica em computação, abordando desde a estruturação de artigos até técnicas avançadas de comunicação acadêmica.

Estas obras constituem um acervo bibliográfico robusto que fornece fundamentos teóricos e práticos indispensáveis para a condução de pesquisas científicas de qualidade, auxiliando na compreensão profunda dos processos de investigação e na produção de conhecimento válido e relevante.