

Métodos Científicos em Ciência da Computação

Gordana Dodig-Crnkovic
Departamento de Ciência da Computação
Universidade de Mälardalen
Västerås, Suécia +46
21 15 17 25

gordana.dodig-crnkovic@mdh.se

RESUMO Este

artigo analisa aspectos científicos da Ciência da Computação. Primeiro, define a ciência e o método científico em geral. Dá uma discussão das relações entre ciência, pesquisa, desenvolvimento e tecnologia.

A teoria da ciência existente (Popper, Carnap, Kuhn, Chalmers) tem a *Física* como ideal. Poucas ciências chegam perto desse ideal. A Filosofia da Ciência (Teoria da Ciência) como é hoje não ajuda muito quando se tenta analisar a Ciência da Computação.

A Ciência da Computação é um campo novo e seu objeto de investigação (universo) é o computador, que é um artefato em constante desenvolvimento, a materialização das ideias que tentam estruturar o conhecimento e as informações sobre o mundo, incluindo os próprios computadores.

Por mais diferentes que sejam, a Ciência da Computação tem sua base na Lógica e na Matemática, e os métodos de pesquisa teórica e experimental seguem padrões das áreas científicas clássicas. A modelagem e simulação por computador como método é específico para a disciplina, e vai se desenvolver ainda mais no futuro, não só aplicado a computadores, mas também a outros campos científicos, comerciais e artísticos.

Palavras-chave

Ciência da Computação, Teoria da ciência, metodologia científica.

1. INTRODUÇÃO Não é tão óbvio,

como o nome sugere, que a Ciência da Computação se qualifique como "ciência". A Ciência da Computação (CS) é uma disciplina jovem e necessariamente desde o início muito diferente da Matemática, da Física e outras ciências "clássicas" similares, que todas têm suas origens na filosofia da Grécia antiga.

Surgindo na modernidade (na década de 1940 foi construído o primeiro computador digital eletrônico), a CS tem necessariamente como pano de fundo outras ciências já existentes.

A Ciência da Computação baseia-se em uma ampla variedade de disciplinas. O estudo da Ciência da Computação, consequentemente, requer a utilização de conceitos de muitas áreas diferentes. A Ciência da Computação integra teoria e prática, abstração (geral) e design (específico).

O desenvolvimento histórico levou ao surgimento de um grande número de ciências que se comunicam cada vez mais não apenas porque os meios de comunicação estão se tornando muito convenientes e eficazes, mas também porque aumenta a necessidade de obter uma visão holística do nosso mundo, que atualmente é fortemente dominado pelo reducionismo.

2. O QUE É CIÊNCIA

O todo é mais do que a soma das partes.

Aristóteles, Metafísica

2.1 Ciências Clássicas Falando

em "Ciência" queremos dizer na verdade pluralidade de diferentes ciências. As diferentes ciências diferem muito umas das outras.

A definição de ciência, portanto, não é simples nem inequívoca. Veja [1] e [2] para várias classificações possíveis. Por exemplo, história e linguística são frequentemente, mas nem sempre, catalogadas como ciências.

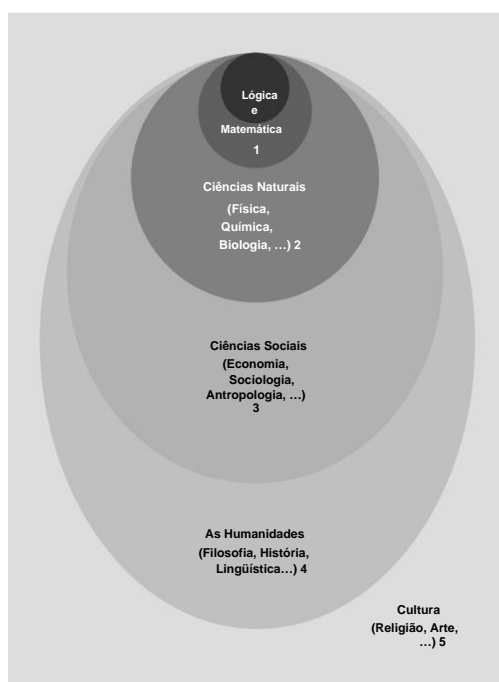


Figura 1 O que é ciência? Uma visão possível.

A partir do esquema escolhido da figura acima podemos perceber que as ciências possuem *áreas específicas de validade*. A Lógica e a Matemática (as ciências mais abstratas e ao mesmo tempo mais exatas) são partes mais ou menos importantes de todas as outras ciências. Eles são muito essenciais para a Física, menos importantes para a Química e a Biologia, e seu significado continua a diminuir para as regiões externas do nosso esquema.

O raciocínio lógico como base de todo o conhecimento humano está naturalmente presente em todo tipo de ciência, bem como na filosofia.

A estrutura da Figura 1 pode ser vista em analogia com a observação de um microscópio. Com a mais alta resolução podemos alcançar o mais íntimo região. Dentro da região central A lógica não é apenas a ferramenta usada para tirar conclusões. É ao mesmo tempo *objeto de investigação*. Embora grande parte da Matemática possa ser reduzida a Logic (Frege, Russell e Whitehead) a redução completa é impossível.

Em cada passo de zoom out, as regiões internas são dadas como pré-requisitos para os externos. A física está usando a matemática e Lógica como ferramentas, sem questionar sua estrutura interna. Dentro dessa forma informações sobre a estrutura mais profunda da Matemática e A lógica está escondida olhando de fora. Da mesma forma, A física é um pré-requisito para a Química que é um nível oculto dentro Biologia etc

A idéia básica da Figura 1 é mostrar de forma esquemática a relação entre os três principais grupos de ciências (Lógica e Matemática, Ciências Naturais e Ciências Sociais) bem como as conexões com os sistemas de pensamento representados pelas Humanidades.

Por fim, todo o corpo do conhecimento humano, científico e especulativo, está imerso e impregnado pelo meio cultural.

Tabela 1 Ciências, objetos e métodos

CIÊNCIA	OBJETOS	DOMINANDO MÉTODO
	Simple	Reduccionismo (análise)
Lógica e Matemática	Objetos abstratos: proposições, números, ...	Dedução
Ciências Naturais ences	Objetos naturais: físicos corpos, campos e interações, organismos vivos...	Hipotetico-dedutivo método
Ciências Sociais ences	Objetos sociais: indivíduos humanos, grupos, sociedade,	Hipotetico-dedutivo método + Hermenêutica
Humanidades	Objetos culturais: humanos ideias, ações e relacionamentos, linguagem, fatos artísticos...	Hermenêutica
	Complexo	Holismo (síntese)

As ciências mais íntimas, *Lógica e Matemática* são as mais fundamentais e aqueles com o mais alto grau de certeza. Eles têm os objetos de investigação mais abstratos e mais simples. Sua linguagem é a mais formal. Eles dependem predominantemente no método dedutivo. No entanto, é importante notar que *a elementos básicos em lógica e matemática foram extraídos de nossa linguagem da vida real e purificados em um conjunto de bem fórmulas/expressões simbólicas definidas através de um processo essencialmente indutivo.*

A próxima região, *Ciências Naturais*, não é uma teoria axiomatizada como o anterior. A física, que é o ideal de ciência para muitos filósofos da ciência (Popper, Carnap, Kuhn, Chalmers [4-7]) contém ambas as partes teóricas com formulações matemáticas puras derivados de "primeiros princípios" e partes que são empíricas, ou seja, expressões de atalho para fatos observados que são embutidos no sistema como eles se mostraram úteis. Longe de toda a Física teórica pode ser

axiomatizado. Menos ainda é o caso da Física experimental, pois razões bastante óbvias.

As ciências naturais são dominadas por um método que Popper chama *de método hipopotético-dedutivo*.

As *Ciências Sociais* incluem sociologia, pedagogia, antropologia, economia etc. Os objetos estudados são humanos como seres sociais, sozinhos ou em grupo. As ciências sociais baseiam-se principalmente nos métodos qualitativos. O objetivo é *compreender (no sentido de hermenêutica) e descrever* fenômenos. Os aspectos quantitativos de sua metodologia estão relacionados a métodos estatísticos.

As *Humanidades (As Artes Liberais)* incluem filosofia, história, linguística e afins. A diferença entre Humanidades e A Ciência Social não é muito afiada, mas podemos dizer que as Humanidades têm uma abordagem predominantemente qualitativa, e muito raramente dependem de quaisquer métodos estatísticos.

A Figura 1 representa um esquema dinâmico visto em um momento específico. Por exemplo, um esquema correspondente para as ciências medievais seria muito diferente. Em outras palavras, a *cultura* é como um fluxo que todas as ciências seguem. Embora muito lento, esse fluxo muda constantemente o estrutura para todas as ciências.

2.2 Ciências pertencentes a vários campos

O desenvolvimento do pensamento humano paralelo ao desenvolvimento da sociedade humana levou ao surgimento de ciências que não pertencem a qualquer um dos tipos clássicos que descrevemos anteriormente (ver Figura 1), mas compartilham partes comuns com vários deles.

Muitas das ciências modernas são de natureza interdisciplinar, "ecclética" tipo. É uma tendência das novas ciências buscarem seus métodos e mesmo perguntas em áreas muito amplas. Pode ser visto como resultado da fato de que as comunicações através das fronteiras de diferentes campos científicos são hoje muito mais fáceis e intensas do que antes.

A Ciência da Computação, por exemplo, inclui o campo da inteligência artificial que tem suas raízes na lógica matemática e na matemática, mas usa Física, Química e Biologia e ainda tem partes onde medicina e psicologia são muito importantes.

Parece que estamos testemunhando uma emocionante mudança de paradigma:

Devemos, aliás, estar preparados para algumas transformações radicais, e talvez surpreendentes, da estrutura disciplinar da ciência (incluída a tecnologia) à medida que o processamento da informação a permeia. Em particular, à medida que nos tornamos mais conscientes dos processos de informação detalhados que ocorrem ao fazer ciência, o as ciências se encontrarão cada vez mais assumindo uma meta posição, na qual fazer ciência (observar, experimentar, teorizar, testar, arquivar) envolverá a compreensão desses processos de informação e sistemas de construção que fazem a ciência em nível de objeto. Então os limites entre a empresa de a ciência como um todo (a aquisição e organização do conhecimento do mundo) e a IA (a compreensão de como o conhecimento é adquirido e organizado) se tornarão cada vez mais difuso.

Allen Newell, Artif. Intel. 25 (1985) 3.

Aqui podemos encontrar um potencial da nova visão de mundo sintética (holística) que está prestes a emergir no futuro.

3. O MÉTODO CIENTÍFICO

O método científico é o esquema lógico usado pelos cientistas busca de respostas para as questões colocadas dentro da ciência. O método científico é usado para produzir teorias científicas, incluindo metateorias científicas (teorias sobre teorias), bem como as teorias usadas para projetar as ferramentas para a produção de teorias (instrumentos, algoritmos, etc). A versão simples se parece com isto (veja também Figura 2):

1. Coloque a questão no contexto do conhecimento existente (teoria & observações). Pode ser uma nova questão que velhas teorias são capaz de responder (geralmente o caso), ou a pergunta que exige a formulação de uma nova teoria.
2. Formule uma hipótese como uma tentativa de resposta.
3. Deduzir consequências e fazer previsões.
4. Teste a hipótese em um campo específico de experimento/teoria. O nova hipótese deve provar se encaixar na visão de mundo existente (1, "ciência normal", segundo Kuhn). Caso a hipótese leve a contradições e exija uma mudança radical na base teórica existente, tem que ser testado com especial cuidado. *A nova hipótese deve revelar-se frutífero e oferecer vantagens consideráveis, a fim de substituir o paradigma científico existente.* Isso é chamado *"revolução científica"* (Kuhn) e isso acontece muito raramente. Como via de regra, o loop 2-3-4 é repetido com modificações da hipótese até que a concordância seja obtida, o que leva a 5. Se forem encontradas grandes discrepâncias, o processo deve começar a partir do início, 1.
5. Quando a consistência é obtida, a hipótese se torna uma teoria e fornece um conjunto coerente de proposições que definem uma nova classe de fenômenos ou um novo conceito teórico. *Os resultados têm que ser publicados.* A teoria nesse estágio é objeto de processo de "seleção natural" entre teorias concorrentes (6). UMA a teoria está então se tornando uma estrutura dentro da qual observações/fatos teóricos são explicados e previsões são feitas. O processo pode começar desde o início, mas o estado 1 tem alterado para incluir a nova teoria/teoria antiga melhorada.

A Figura 2 descreve de maneira muito geral a *estrutura lógica do método científico usado no desenvolvimento de novas teorias*. Como o diagrama de fluxo sugere, *a ciência está em um estado de mudança permanente e desenvolvimento*.

Uma das qualidades mais importantes da ciência é seu *caráter provisório*. *caráter*: está sujeito a reexame contínuo e autocorreção.

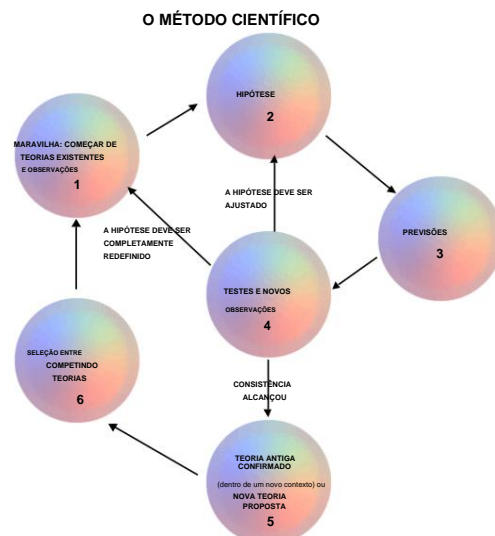


Figura 2 Diagrama descrevendo a natureza iterativa do método (hipotético-dedutivo)

É crucial entender que a *Lógica da ciência é recursiva*.

Antes de cada observação/experiência/teste teórico é uma hipótese (2) que tem suas origens no corpo de conhecimento pré-existente (1). Todo resultado experimental/observacional tem uma certa visão de mundo embutida. Ou, para dizê-lo por Feyerabend [8], todo experimento os dados estão "contaminados pela teoria".

Aqui também é interessante mencionar que a concepção de novos equipamentos ou procedimentos experimentais correspondem ao mesmo esquema: (1) Partir do quadro teórico/experimental existente; (2) Formule o problema; (3) Inferir consequências; (4) Teste se funciona como esperado; (5-6) Aceite.

Assim que um equipamento ou método é projetado e usado como uma ferramenta para testar novas hipóteses, supõe-se que funcione de acordo com a especificação do projeto. As informações detalhadas sobre sua estrutura interna está, portanto, oculta.

O mesmo é verdade para o contexto teórico existente de uma teoria em desenvolvimento - é um dado adquirido.

O esquema do método científico na Figura 2 é sem dúvida uma abstração e simplificação. Críticos do método hipotético-dedutivo argumentariam que de fato não existe tal coisa como "O método científico". *Pelo termo "método científico" eles na verdade significa o conjunto concreto de regras que definem como proceder em colocar novas questões relevantes e formular hipóteses.*

A vantagem importante do método científico é que ele é *imparcial*¹: não é preciso acreditar em um determinado pesquisador, pode-se (em

¹ *Imparcial* é usado aqui como sinônimo de *objetivo, imparcial, imparcial e imparcial*. Note-se, porém, que este é o declaração sobre *ciência, não sobre cientistas individuais* cujos atitude em relação à sua busca é, via de regra, apaixonada. O fato de a ciência ser compartilhada por toda a comunidade científica resulta em teorias em grande parte *livres de preconceitos individuais*. No Por outro lado, toda a comunidade científica costuma compartilhar com-

princípio) repita o experimento e determine se certos resultados são válidos ou não. As conclusões serão válidas independentemente do estado de espírito, ou a persuasão religiosa, ou o estado de consciência do investigador. A questão da *imparcialidade* está intimamente relacionada à *abertura* e *universalidade* da ciência, que são suas qualidades fundamentais.

Uma teoria é aceita com base em primeiro lugar nos resultados obtidos através de *raciocínio lógico*, *observações* e/ou *experimentos*. O os resultados obtidos pelo método científico têm de ser *reprodutíveis*. Se as alegações originais não forem verificadas, as causas de tais discrepâncias são exaustivamente estudadas.

Todas as verdades científicas são *provisórias*. Mas para uma hipótese obter a status de teoria é necessário ganhar a confiança da comunidade científica. Nos campos onde não existem teorias comumente aceitas (como, por exemplo, explicação do processo de criação do universo- onde a hipótese do "big bang" é a mais popular) o número de hipóteses alternativas pode constituir o corpo de conhecimento científico.

4. CIÊNCIA, PESQUISA, TECNOLOGIA

4.1 Ciência contra Tecnologia de Aristóteles

Em suas famosas reflexões sobre ciência e tecnologia, Aristóteles identificou algumas distinções-chave que ainda são frequentemente citadas e até usado para analisar a ciência e a tecnologia modernas.

Tabela 2 Distinções padrão: ciência versus tecnologia

	Ciência	Tecnologia
Objeto	imutável	mutável
Princípio do movimento	lado de dentro	fora
Fim	conhecendo o geral	conhecendo o concreto
Atividade	theoria: fim em si mesmo	poiesis: fim em outra coisa
Método	abstração	modelagem de concreto (complexo)
Processar	conceituando	otimizando
Formulário de inovação	declarações	invenção
Tipo de resultado	semelhantes a leis de descoberta	declarações do tipo regra
Perspectiva de tempo	longo prazo	curto prazo

4.2 Ciência Moderna contra Tecnologia

Distinções binárias nítidas tradicionais entre ciência e tecnologia parecem, no entanto, falhar quando aplicadas à ciência contemporânea, porque os conceitos subjacentes à ciência são ultrapassados. de hoje ciência é muito mais complexa e heterogênea do que a ciência da época de Aristóteles (as relações contemporâneas são ilustradas por Figura 3); o fato de que muitos filósofos modernos têm dificuldade em Admitem.

É por isso que a filosofia da ciência tem necessidade vital de uma visão mais profunda, mais compreensão realista das ciências contemporâneas. O tempo está maduro para a mudança de paradigma na filosofia da ciência!

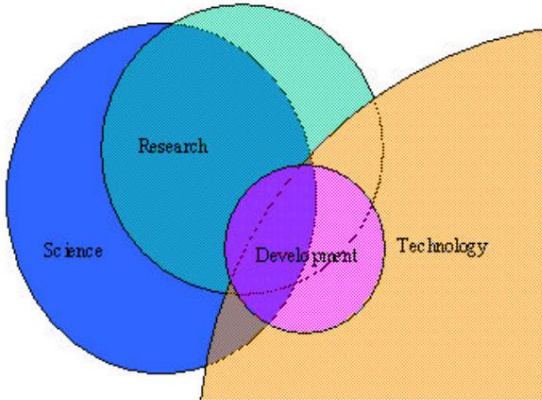


Figura 3 Relações entre ciência, pesquisa, desenvolvimento e Tecnologia

5. O QUE É CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO?

Claro que é impossível dar uma definição única e simples de Ciência da Computação. Deixe-me mencionar alguns dos existentes:

1. Ciência da Computação é o estudo dos fenômenos relacionados aos computadores, Newell, Perlis e Simon, 1967
2. A disciplina de computação é o estudo sistemático de processos algorítmicos que descrevem e transformam informações: seus teoria, análise, projeto, eficiência, implementação e aplicação [3], 2001. (Compare com: Ciência da Computação é o estudo de algoritmos, Knuth, 1968)
3. Ciência da Computação é o estudo das estruturas de informação, Wegner, 1968, Curriculum 68
4. Ciência da Computação é o estudo e gerenciamento da complexidade, Dijkstra, 1969. [9]
5. Ciência da Computação é a mecanização da abstração, Aho e Ullman1992 [10]

A primeira definição reflete uma tradição *empírica* , uma vez que afirma que a Ciência da Computação está preocupada com o estudo de uma classe de fenômenos. A segunda e a terceira definições refletem *uma* tradição já que algoritmos e estruturas de informação são duas abstrações dos fenômenos da Ciência da Computação.

A terceira definição foi usada por Wegner como a abstração unificadora em seu livro sobre Linguagens de Programação, Estruturas de Informação e Organização de Máquinas. Essa visão da Ciência da Computação tem suas raízes históricas na teoria da informação. Influenciou fortemente o desenvolvimento do Currículo 68; documento que tem se destacado muito no desenvolvimento dos currículos de graduação em Ciência da Computação. Está implícito no uso alemão e francês das respectivas termos "*Informatik*" e "*Informatique*" para denotar a disciplina de Ciência da Computação.

É interessante notar que o termo britânico "Computer Science" tem uma orientação empírica, enquanto os correspondentes alemão e Os termos franceses têm uma orientação abstrata. Essa diferença de terminologia parece apoiar a visão de que os traços do século XIX do empirismo britânico e da abstração continental persistiram.

A visão de que a informação é a ideia central da Ciência da Computação é científica e sociologicamente sugestivo. Cientificamente, ele

paradigmas mon, que são os conceitos muito amplos profundamente enraizado na cultura. A mudança de paradigma é um processo que ocorre de uma forma muito dramática, em parte por causa da cultura (não estritamente racional) natureza do paradigma, (Kuhn).

sugere uma visão da Ciência da Computação como uma generalização da teoria da informação que se preocupa não apenas com a *transmissão da informação*, mas também com sua *transformação e interpretação*.

Sociologicamente, sugere uma analogia entre a revolução industrial, que se preocupa com a utilização da energia, e a revolução do computador, que se preocupa com a utilização da informação.

A quarta definição reflete a grande complexidade dos problemas de engenharia encontrados no gerenciamento da construção de sistemas complexos de software-hardware.

Argumenta-se em [9] que a Ciência da Computação foi dominada por paradigmas de pesquisa empírica na década de 1950, por paradigmas de pesquisa matemática na década de 1960 e por paradigmas orientados à engenharia a partir da década de 1970.

A diversidade de paradigmas de pesquisa em Ciência da Computação pode ser responsável por divergências de opinião sobre a natureza da pesquisa em Ciência da Computação.

A questão fundamental subjacente a toda computação é: O que pode ser automatizado (com eficiência)?

A Ciência da Computação é um campo de estudo que se preocupa com disciplinas teóricas e aplicadas no desenvolvimento e uso de computadores para armazenamento e processamento de informações, Matemática, Lógica, ciências e muitas outras áreas.

A disciplina nasceu na década de 1940 através da junção de Lógica Matemática, teoria de algoritmos e computador eletrônico.

A lógica é importante não apenas porque forma a base de toda linguagem de programação, ou por sua investigação dos limites do cálculo automático, mas também por sua percepção de que sequências de símbolos (também codificadas como números) podem ser interpretadas tanto como dados. e como programas.

Subáreas de computação de acordo com [3]:

1. Estruturas Discretas
2. Fundamentos de programação
3. Algoritmos e Complexidade
4. Linguagens de Programação
5. Arquitetura e Organização
6. Sistemas Operacionais
7. Computação Centrada em Rede
8. Interação Humano-Computador
9. Computação Gráfica e Visual
10. Sistemas Inteligentes
11. Gestão da Informação
12. Engenharia de Software
13. Questões Sociais e Profissionais
14. Ciência Computacional e Métodos Numéricos

Dijkstra disse que chamar o campo de "Ciência da Computação" é como chamar a cirurgia de "Ciência da Faca". Ele observou que os departamentos de Ciência da Computação estão expostos a uma pressão permanente para enfatizar demais o "Computador" e subestimar a "Ciência".

Essa tendência corresponde à inclinação para apreciar o significado dos computadores apenas em sua capacidade de ferramentas.

A Ciência da Computação não lida apenas com o uso do computador, tecnologia ou software. É uma ciência que engloba o pensamento matemático abstrato e inclui um elemento de engenharia. O elemento matemático é expresso em encontrar soluções para problemas, ou em provar que as soluções não existem, enquanto o elemento de engenharia exige habilidades para projetar sistemas de software complexos.

6. MÉTODOS CIENTÍFICOS DA CS Basicamente, na

medida em que a CS é uma ciência, encontramos nela todas as características dos métodos científicos clássicos. Nosso esquema da Figura 2 também é aplicável aqui.

O que é específico para a SC é que seu objeto de investigação é um artefato (computador) que muda concomitantemente com o desenvolvimento das teorias que o descrevem e simultaneamente com a crescente experiência prática em seu uso. Computador em 1940 não é o mesmo que computador em 1970 que é diferente de computador em 2002. Mesmo a tarefa de definir o que é computador ano 2002 está longe de ser trivial.

6.1 Ciência da Computação Teórica No que diz respeito à Ciência da Computação Teórica, que adere às tradições da Lógica e da Matemática, podemos concluir que ela segue a metodologia muito clássica de construir teorias como sistemas lógicos com definições rigorosas de objetos (axiomas) e operações (regras) para derivar/provar teoremas.

Os principais conceitos recorrentes fundamentais para a computação são [10]:

- Modelos conceituais e formais

- Níveis de abstração

- Eficiência

Modelos de dados [10] são usados para formular diferentes conceitos matemáticos. Em CS um modelo de dados tem dois aspectos: os valores que os objetos de dados podem assumir e as operações nos dados. Aqui estão alguns modelos de dados típicos:

- O *modelo de dados de árvore* (a abstração que modela a estrutura de dados hierárquica)

- Os modelos de dados de lista (podem ser vistos como um caso especial de árvore, mas com algumas operações adicionais como push e pop. Strings de caracteres são tipos importantes de listas)

- O modelo de dados de conjunto (o modelo de dados mais fundamental da Matemática. Todos os conceitos em Matemática, de árvores a números reais, podem ser expressos como um tipo especial de conjunto)

- O modelo de dados relacional (a organização de dados em coleções ções de tabelas bidimensionais)

- O modelo de dados do gráfico (uma generalização do modelo de dados da árvore: dirigido, não dirigido e rotulado)

- Padrões, autômatos e expressões regulares Um padrão é um conjunto de objetos com alguma propriedade reconhecível. O autômato é uma maneira baseada em grafos de especificar padrões. Expressão regular é álgebra para descrever os mesmos tipos de padrões que podem ser descritos por autômatos.

Alguns dos temas metodológicos centrais em Computação teórica (herdadas da Matemática) são *iteração*, *indução* e *recursão*.

Iteração. A maneira mais simples de executar uma sequência de operações repetidamente é usar uma construção iterativa, como a instrução *for* ou *while*.

Recursão. Procedimentos recursivos se autodenominam direta ou indiretamente. Isso é autodefinição, na qual um conceito é definido em termos de si mesmo. (Por exemplo, uma lista pode ser definida como sendo uma lista vazia ou como um elemento seguido por uma lista). Não há circularidade envolvida na autodefinição usada corretamente, porque as subpartes autodefinidas são sempre "menores" do que o objeto que está sendo definido. Além disso, após um número finito de etapas, chegamos ao caso base no qual a autodefinição termina.

Indução. Definições e provas indutivas usam base e passo indutivo para abranger todos os casos possíveis.

Resumindo: a ciência da computação teórica busca em grande parte entender os limites da computação e o poder dos paradigmas computacionais. Os teóricos também desenvolvem abordagens gerais para a resolução de problemas.

Uma das funções mais importantes da ciência da computação teórica é a destilação do conhecimento adquirido através da conceituação, modelagem e análise. O conhecimento está se acumulando tão rapidamente que deve ser coletado, condensado e estruturado para se tornar útil.

6.2 Ciência da Computação Experimental A ciência da computação experimental é mais eficaz em problemas que exigem soluções de software complexas, como a criação de ambientes de desenvolvimento de software, a organização de dados que não são tabulares ou a construção de ferramentas para resolver problemas de otimização restritos. A abordagem é em grande parte identificar conceitos que facilitem soluções para um problema e então avaliar as soluções através da construção de sistemas protótipos [11].

Experimentos em diferentes campos (pesquisa, prova automática de teoremas, planejamento, problemas NP-completos, linguagem natural, visão, jogos, redes neurais/conexão, aprendizado de máquina) também são usados em CS e são descritos pela metodologia da Figura 2.

6.3 Simulação Computacional

Nos últimos anos, a computação, que compreende modelagem e simulação baseada em computador, tornou-se a terceira metodologia de pesquisa, complementando a teoria e o experimento.

Hoje, os ambientes de computação e os métodos para usá-los tornaram-se poderosos o suficiente para enfrentar problemas de grande complexidade.

O domínio das ferramentas de Ciência da Computação, como visualização 3D e simulação por computador, manuseio eficiente de grandes conjuntos de dados, capacidade de acessar uma variedade de recursos distribuídos e colaborar com outros especialistas pela Internet, etc. Licenciados em Ciências. Essas habilidades estão se tornando parte da cultura científica.

Com as mudanças dramáticas na computação, a necessidade de uma Ciência Computacional dinâmica e flexível se torna cada vez mais óbvia.

A Ciência Computacional surgiu, na interseção da Ciência da Computação, Matemática aplicada e disciplinas científicas tanto na investigação teórica quanto na experimentação.

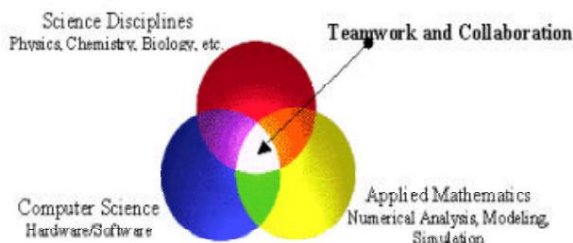


Figura 4. A Ciência da Computação surge na interseção da Ciência da Computação, Matemática Aplicada e disciplinas de Ciências.

A simulação computacional permite investigar regimes que estão além das capacidades experimentais atuais e estudar fenômenos que não podem ser replicados em laboratórios, como a evolução do universo. No campo da ciência, as simulações computacionais são guiadas tanto pela teoria quanto pelos resultados experimentais, enquanto os resultados computacionais muitas vezes sugerem novos experimentos e modelos teóricos.

Na engenharia, muito mais opções de projeto podem ser exploradas por meio de modelos de computador do que pela construção de modelos físicos, geralmente por uma pequena fração do custo e do tempo decorrido.

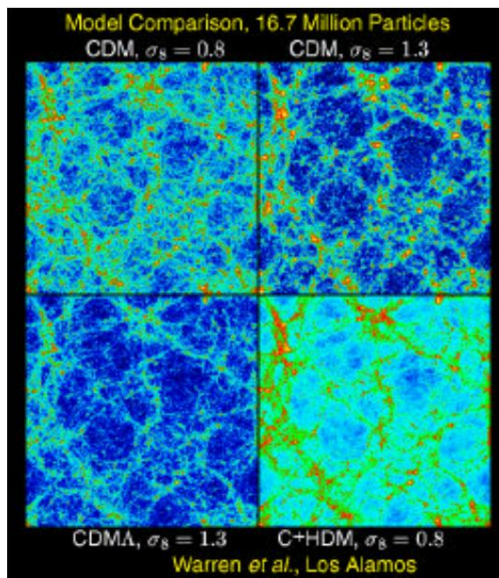


Figura 5 Simulação: Comparação de quatro variantes astrofísicas do Modelo de Matéria Escura Fria de N-corpos.

Simulações como esses estudos de formação de galáxias só podem ser realizadas em computadores muito poderosos.

A ciência geralmente prossegue com rajadas de intensa atividade de pesquisa. Embora o termo "simulação" seja antigo, ele reflete a maneira como boa parte da ciência será feita no próximo século. Cientistas

realizará experimentos em computador, além de testar hipóteses científicas, realizando experimentos em objetos físicos reais de investigação.

Pode-se dizer também que a simulação representa uma disciplina fundamental por direito próprio, independentemente da aplicação específica. Se a Ciência da Computação tem sua base na teoria da computabilidade, então a Ciência da Computação tem como base a simulação computacional.

Vamos pegar algumas das principais áreas de foco do passado para esclarecer o papel potencial ou existente que a simulação desempenha em cada uma delas:

Caos e Sistemas Complexos: A ideia de que se pode observar a complexidade dentro de um modelo determinístico estruturalmente simples é de interesse fundamental. As características topológicas qualitativas do espaço de fase de sistemas lineares podem ser determinadas estaticamente, mas a simulação deve ser usada para sistemas não lineares.

Realidade Virtual: A realidade virtual é *mergulhar* o analista dentro do mundo simulado. Embora muitas vezes seja vista como sinônimo de interfaces de hardware homem-máquina, a tecnologia deve incorporar métodos para construir mundos digitais (virtuais) dinâmicos, o que é um problema típico da simulação computacional.

Vida Artificial: A vida artificial é um resultado da Ciência Computacional que desafia nossa definição do termo *experimento*. Um experimento com vida artificial é aquele em que um programa de computador é escrito para simular formas de vida artificiais, muitas vezes carregando metáforas como reprodução genética e mutação.

Modelagem com Base Física e Animação por Computador: Dentro da computação gráfica, tem havido um notável avanço na direção da modelagem com base física (modelos baseados em restrições derivados de leis físicas).

7. CONCLUSÕES Apesar de

todas as características que diferenciam o jovem campo da Ciência da Computação das ciências com milhares de anos como a Matemática e a Lógica, podemos concluir que a Ciência da Computação contém uma massa crítica de características científicas para se qualificar como ciência.

Do ponto de vista principal, é importante concluir que todas as ciências modernas são muito influenciadas pela tecnologia. Isso é uma consequência natural do fato de que a pesquisa que leva ao desenvolvimento das ciências modernas está fortemente ligada à tecnologia.

É o caso da Biologia, da Química e da Física, e mais ainda da Ciência da Computação, que é claramente influenciada pela indústria via engenharia.

Partes de engenharia na Ciência da Computação geralmente têm conexão com os aspectos de hardware do computador, mas até aparecem na forma de engenharia de software.

A Ciência da Computação Teórica, por outro lado, é científica no mesmo sentido que as partes teóricas de qualquer outra ciência. Baseia-se em bases sólidas de Lógica e Matemática.

A diferença importante é que o computador (o objeto físico que está diretamente relacionado com a teoria) não é um foco de investigação (nem mesmo a sensação de ser a causa de certo algoritmo proceder de certa maneira), mas sim a teoria materializada. , uma ferramenta sempre capaz de mudar para acomodar conceitos teóricos ainda mais poderosos.

8. REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.chem.ualberta.ca/~plambeck/udc/> Classificação Decimal Universal (UDC)
- [2] <http://www.tnrplib.bc.ca/dewey.html> Classificação decimal de Dewey
- [3] <http://www.computer.org/education/cc2001/index.htm> Currículos de Computação 2001 Denning, PJ et al. Computação: como uma disciplina. Comum. ACM 32, 1 (Janeiro de 1989), 9-23.
- [4] Popper, KR The Logic of Scientific Discovery, NY: Routledge, 1999
- [5] Carnap, R. Uma Introdução à Filosofia da Ciência, NY: Basic Books, 1994
- [6] Kuhn, T. A Estrutura das Revoluções Científicas, Chicago: Univ. Chicago Press, 1962 [7] Chalmers, A. O que é essa coisa chamada ciência?, Hackett Publishing Co., 1990
- [8] Feyerabend, P. Against Method, Londres, Reino Unido: Verso, 2000
- [9] Peter Wegner, Paradigmas de Pesquisa em Ciência da Computação, Proc. 2º Int. Conferência sobre Engenharia de Software, 1976, San Francisco, Califórnia
- [10] AV Aho, JD Ullman, Foundations of Computer Science, WH Freeman, Nova York, 1992.
- [11] <http://books.nap.edu/html/acesc/> Carreiras Acadêmicas para Cientistas e Engenheiros Experimentais da Computação, Conselho Nacional de Pesquisa Washington, DC