

Unidade IV

7 PESQUISA, INOVAÇÃO E PRÁTICA DE MERCADO

Esta unidade será dedicada a trazer exemplos práticos de inovações relevantes, oriundas de pesquisas científicas, que impactam direta ou indiretamente as nossas vidas. Algumas delas são voltadas à área de saúde e bem-estar, e outras são intimamente relacionadas à área tecnológica, que é o foco do nosso estudo.

Vamos começar com algumas definições importantes: pesquisa, inovação e prática de mercado. Em seguida, abordaremos alguns exemplos gerais de inovação, que foram muito relevantes para suas respectivas áreas, as quais só foram possíveis devido à pesquisa científica desenvolvida, que embasou o conhecimento científico necessário para a sua realização.

7.1 Conceitos gerais

Agora, vamos trazer as definições delimitadas ao tema deste livro-texto para os termos pesquisa, inovação e prática de mercado. Além disso, ilustraremos a relação entre os termos, por meio do processo pesquisa → inovação → prática de mercado.

7.1.1 Pesquisa

Ao nos referirmos à pesquisa, estamos falando especificamente da pesquisa científica, que se trata de uma atividade sistemática voltada ao aumento do conhecimento científico em determinada área. A pesquisa básica, por exemplo, visa apenas ampliar o conhecimento científico de sua área, sem se preocupar com uma aplicação prática imediata.

Podemos dizer, assim, que a pesquisa pode ou não levar a uma inovação, que é o termo que discutiremos a seguir.

7.1.2 Inovação

Segundo Vasconcellos (2021, p. 28), a inovação, de maneira geral, pode ser definida como "uma ideia que sofreu alguma ação, com resultados positivos para todas as partes interessadas". O autor cita, ainda, dois tipos básicos de inovação:

- **Inovação baseada na ciência:** nesse tipo de inovação, os conhecimentos são adquiridos ou por atividades próprias de pesquisa ou pela absorção do conhecimento científico gerado externamente.
- **Inovação baseada na prática:** aqui, a criação de conhecimento acontece nos locais de trabalho, a partir das experiências pessoais, das observações e das interações que ocorrem nas atividades diárias de todos os indivíduos.

Quando, neste livro-texto, falamos de inovação, estamos nos referindo ao primeiro tipo. Isto é, falamos da utilização do conhecimento científico gerado a partir de pesquisas para criar ou para aprimorar produtos, processos ou serviços. A pesquisa é o ponto de partida, e a inovação é a aplicação efetiva do conhecimento adquirido a partir da pesquisa para gerar valor.

De acordo com Cordaro (2024), a demanda é considerada a principal motivação para uma inovação, por trazer uma necessidade que precisa de solução.

Desse modo, as inovações são, geralmente impulsionadas por demandas. Por exemplo, um fabricante de baterias pode querer desenvolver uma nova bateria para ser utilizada em smartphones, porque o tempo de duração das baterias atuais está gerando insatisfação nos usuários.

Para isso, o fabricante não vai elaborar um novo projeto de bateria "do zero": ele vai utilizar todo o conhecimento científico disponível até então, vai promover pesquisas aplicadas a esse fim específico e, então, vai usar esse conhecimento para construir sua inovação. Por isso, a pesquisa é mandatória para a inovação.

7.1.3 Prática de mercado

A prática de mercado é a ampla utilização das inovações no mercado, ou seja, é a abrangência da incorporação das inovações geradas nas práticas das empresas, das fábricas, das indústrias ou das organizações.

Isso significa que inovações muito relevantes e de grande viabilidade costumam se transformar em práticas de mercado, ao longo do tempo.

Se a bateria do fabricante do exemplo anterior se mostrar um produto com bom custo-benefício, sem grandes novos impactos ambientais e com uma boa performance em comparação às baterias utilizadas anteriormente, é bem provável que esse produto inovador se torne uma prática de mercado.

Assim, a pesquisa, quando aplicada, dá origem a uma inovação que, quando viável, bem difundida e bem aceita, se torna uma prática de mercado.

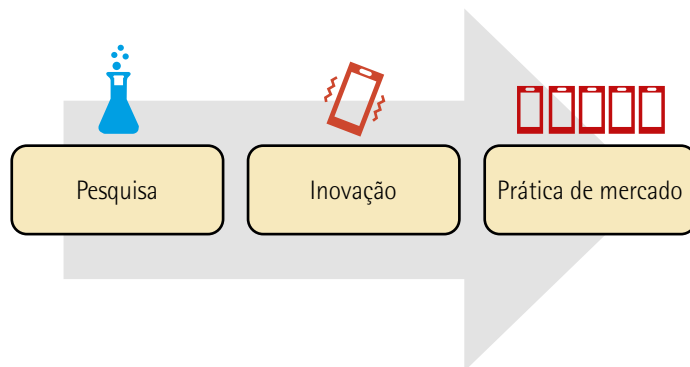


Figura 29 – Ilustração do processo pesquisa → inovação → prática de mercado

7.2 Exemplos gerais de inovações

Agora que já entendemos a relação entre pesquisa, inovação e prática de mercado, vamos trazer alguns exemplos reais de inovações baseadas na ciência que se transformaram em práticas de mercado ou que têm um grande potencial para isso. As inovações abordadas aqui fogem da área computacional, que terá um tópico dedicado a ela.

É importante frisar que o objetivo desta seção não é esgotar as inovações oriundas de pesquisas científicas, mas sim citar apenas algumas delas que causaram grande impacto tecnológico.

Além disso, nossa intenção não é compreender profundamente todos os conceitos científicos que existem por trás de cada inovação abordada, no entanto, queremos apresentar um panorama a respeito de suas pesquisas, de seu processo de inovação e de sua prática de mercado.

Vacinas de mRNA

De acordo com o artigo científico elaborado por Kisakova *et al.* (2023), as vacinas de mRNA são uma plataforma promissora para o desenvolvimento de vacinas contra diversos agentes infecciosos, e contribuíram muito com o combate à pandemia de Covid-19. Ainda de acordo com os autores, em 2020, ocorreu a primeira aprovação de uma vacina de mRNA, da Moderna e Pfizer/BioNTech. Entre as vantagens desse tipo de vacina, estão a simplicidade de fabricação, o baixo custo de produção e a rápida capacidade de produção, fatores importantes para sua adoção em larga escala.

As pesquisas científicas a respeito do tema, no entanto, começaram muito antes de 2020. De acordo com um artigo de divulgação científica dos Laboratórios Pfizer (2022), o mRNA foi descoberto na década de 1960 e já na década de 1970 começou a ser pesquisado para a utilização em vacinas.

Para entendermos um pouco a respeito do seu funcionamento, vamos abordar alguns conceitos introdutórios, explanados pelos Laboratórios Pfizer (2022).

O ácido desoxirribonucleico (DNA) é uma molécula presente no núcleo de todas as células de qualquer ser vivo (com exceção de alguns vírus). A função dele é armazenar as informações genéticas do ser e transmiti-las ao ácido ribonucleico (RNA).

O RNA, por sua vez, é responsável pela síntese das proteínas que formam todas as células do ser vivo, a partir das informações armazenadas no DNA. Há três tipos de RNA que participam desse processo de síntese, sendo que um deles é o RNA mensageiro (mRNA).

Antes da produção de vacinas de mRNA, todas as vacinas eram produzidas a partir de uma parte de um agente infeccioso específico (como um vírus) morto ou atenuado. Essas vacinas fazem com que o organismo da pessoa vacinada reconheça o agente estranho e desenvolva uma resposta imunológica, que é capaz de prevenir infecções graves. A produção desse tipo de vacina pode demorar anos.

As vacinas de mRNA são feitas a partir de um mRNA sintético, que corresponde a uma proteína do agente infeccioso. Nesse caso, o indivíduo vacinado não é exposto a uma parte do agente que causa

a doença, mas sim a um modelo do RNA mensageiro dele. Isso faz com que as células do indivíduo produzam parte de uma proteína específica do agente infeccioso. Essa proteína é inofensiva, mas, com essa produção, o organismo "aprende" que a proteína é estranha, e desenvolve uma resposta imunológica a ela. Desse modo, o corpo da pessoa vacinada é capaz de se proteger contra futuras infecções pelo mesmo tipo de vírus.

Em muitos casos, a vacina não é capaz de impedir que a pessoa fique doente, mas a resposta imunológica que ela produziu auxilia na redução da gravidade da doença.



Lembrete

A produção de vacinas de mRNA exigiram o conhecimento de décadas de pesquisa científica, desde a pesquisa básica em RNA mensageiro, iniciada nos anos 1960. A aprovação da primeira vacina de mRNA aconteceu em 2020, e, rapidamente, sua produção foi adotada em larga escala.

Crispr/Cas9

Segundo o comunicado de imprensa do Nobel Prize (2020), no ano de 2020, as cientistas Emmanuelle Charpentier e Jennifer A. Doudna receberam o prêmio Nobel de Química por terem descoberto a técnica Crispr/Cas9, em 2012. O comunicado afirma que essa tecnologia teve um impacto revolucionário nas ciências da vida, o que contribui para a geração de novas terapias contra o câncer e pode ajudar a curar doenças hereditárias.

Na biologia, um **gene** é um trecho do DNA de um ser vivo, e é considerado a unidade fundamental da hereditariedade. Se pensarmos no DNA como um livro de receitas, consideraríamos que cada receita é um gene. Assim, o DNA representa todo o material genético do indivíduo, e cada gene é responsável por trazer uma "receita" específica (por exemplo, a "receita" para produzir melanina, que dá cor à pele).

A **edição genética** é um tipo de engenharia genética que possibilita que genes sejam inseridos, substituídos ou removidos do código genético. O Crispr/Cas9 é uma dessas técnicas.

Em termos simples, o Crispr (pronunciamos "crisper") é um sistema de defesa natural de bactérias, que foi descoberto e adaptado para o uso científico. Cas é uma proteína que age como uma "tesoura", que corta o DNA no local exato que os cientistas querem editar. A proteína Cas mais famosa é a Cas9.

O **Crispr/Cas9**, portanto, é uma técnica de edição genética que funciona como uma tesoura molecular, propiciando aos cientistas que modifiquem o DNA de organismos com alta precisão.

Os cientistas, basicamente, levam uma proteína Cas9 até o gene específico que deve ser alterado, e então a proteína "corta" o DNA naquele ponto, removendo os genes defeituosos, promovendo a correção de mutações e a inserção de novos genes.

O Crispr/Cas9 é uma técnica considerada simples de ser implementada e foi amplamente difundida na pesquisa básica. A técnica é usada em laboratório para alterar o DNA de células com o objetivo de entender como diferentes genes atuam e interagem entre si.

Duas das aplicações mais óbvias dessa técnica de edição genética são tratar doenças genéticas e criar plantas mais resistentes a pragas.

De acordo com Zorzetto (2020), o primeiro uso da técnica em seres humanos foi publicado em 2019, mas a Crispr/Cas9 não é a primeira forma de edição genética testada em humanos. A ideia de que era possível "cortar" material genético nasceu na década de 1960, com a descoberta de um sistema de defesa de bactérias. Posteriormente, nos anos 1990 e 2000, duas outras técnicas se favoreceram desse princípio. Desse modo, a evolução da engenharia genética até o estágio atual demandou décadas de conhecimento científico acumulado.

De acordo com Felix (2023), a técnica Crispr/Cas9 já é utilizada comercialmente, mas muitas pesquisas ainda são feitas nessa área. O Reino Unido foi o primeiro país a aprovar, em 2023, uma terapia baseada no Crispr/Cas9 para tratar doenças como anemia falciforme e talassemia beta.



Saiba mais

A bióloga Ana Cláudia Munhoz Bonassa atua como divulgadora científica no canal de YouTube intitulado Nunca vi 1 cientista. No vídeo de curta duração "O bebê que pode mudar a medicina", ela fala a respeito do primeiro uso totalmente personalizado e *in vivo* da técnica Crispr em um ser humano. Assista ao vídeo em:

O BEBÊ que pode mudar a medicina. 2021. 1 vídeo (1 min). Publicado pelo canal Nunca Vi 1 Cientista. Disponível em: <https://tinyurl.com/53p8fk9s>. Acesso em: 20 jun. 2025.



Lembrete

Em geral, conteúdos de divulgação científica trazem vocabulário mais simples e algumas simplificações do conteúdo científico original, pois são destinados a pessoas que não são profissionais da área.

Soja tropicalizada

De acordo com Medrades (2023), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), criada em 1972, implantou um programa de pós-graduação que objetivava capacitar pesquisadores. Em 1975, foi concebido o centro de pesquisa Embrapa Soja, destinado a promover o avanço da pesquisa relativa ao cultivo de soja adaptada ao clima brasileiro.

Quando cultivada fora do sul do Brasil, a soja tendia a florescer precocemente em ambientes com dias mais longos, e, com isso, sua produtividade caía. Para superar o desafio, foi necessário desenvolver uma variedade de soja com características genéticas que inibissem o florescimento. Isso foi alcançado ainda na década de 1970 pela Embrapa.

Com essa nova variedade, que é a soja tropicalizada, o Brasil foi capaz de expandir sua produção. Hoje, a soja é o nosso principal produto de exportação.

O aumento da produção de soja também incentivou o desenvolvimento de maquinário agrícola, a melhora do sistema de transporte e de armazenagem e contribuiu com a urbanização do país.

Esses avanços impactam diariamente outros setores da agricultura brasileira, a sociedade e a economia de maneira geral. Eles somente foram possíveis graças à pesquisa produzida por uma rede de cientistas empenhados em desenvolver uma soja adaptada ao clima do Brasil.

Atualmente, a Embrapa Soja se mantém relevante. De acordo com Landgraf (2025), a cientista brasileira Mariangela Hungria da Cunha, pesquisadora da Embrapa Soja, foi a laureada da edição de 2025 do World Food Prize (Prêmio Mundial de Alimentação), conhecido como o Prêmio Nobel da agricultura. A nomeação ocorreu devido à sua relevante contribuição ao desenvolvimento de insumos biológicos para a agricultura.

8 INOVAÇÕES COMPUTACIONAIS ORIUNDAS DE PESQUISAS CIENTÍFICAS

Agora vamos abordar inovações especialmente relevantes para a área computacional.

É importante frisar que o objetivo desta seção não é esgotar as inovações computacionais advindas de pesquisas científicas, mas sim citar apenas algumas delas, que causaram grande impacto tecnológico.

Além disso, nossa intenção não é compreender profundamente todos os conceitos científicos que existem por trás de cada inovação apresentada, o que significa que pretendemos trazer um panorama a respeito de suas pesquisas, de seu processo de inovação e de sua prática de mercado.

De acordo com Carvalho e Lorena (2017), boa parte dos recursos de computação que utilizamos hoje surgiram de ideias e de inovações geradas em universidades e em centros de pesquisa. Além disso, pesquisas realizadas em outras áreas do conhecimento fazem uso intenso da computação para simulação de problemas, de situações e de possíveis soluções, assim como usam a computação para o controle da realização de experimentos. Logo, a computação está intimamente ligada à ciência.

Por mais que os conceitos de hardware e de software sejam pilares da computação e estejam intimamente ligados, vamos abordá-los separadamente.

8.1 Exemplos de inovações na área de hardware

Carvalho e Lorena (2017) definem o termo hardware como a parte material, física e tocável de um sistema computacional. Isso abarca, por exemplo, o monitor de vídeo, o teclado, os dispositivos de memória, os fios, o processador e as placas.

Veremos, a seguir, duas inovações científicas que foram especialmente importantes para o desenvolvimento tecnológico do *hardware* computacional.

Transistor

Historicamente, os circuitos de processamento de dados dos computadores usam dispositivos que atuam como interruptores, ou seja, dispositivos que funcionam em dois estados – ou ligado ou desligado.

De acordo com Wazlawick (2016), os primeiros computadores efetivos construídos no século XX tinham seus circuitos de processamento feitos com relês ou com válvulas, que são dispositivos capazes de atuar como interruptores. No entanto, enquanto isso acontecia, o próximo dispositivo que seria empregado para a construção dos computadores já estava sendo criado na Bell Labs, uma empresa de pesquisa industrial e de desenvolvimento científico sediada nos Estados Unidos, fundada em 1925.

Em 1947, os físicos John Bardeen e Walter Brattain, pesquisadores da Bell Labs, construíram o primeiro transistor operacional. De forma simplificada, o transistor é um dispositivo eletrônico de três terminais capaz de realizar as mesmas funções que a válvula, atuando como interruptor eletrônico ou como amplificador de sinais.

Porém, a invenção do transistor propiciou que esses componentes fossem usados em grandes quantidades e com vasta confiabilidade, o que o tornava especialmente atrativo para a computação.

Para processar dados, os relês eram muito lentos. As válvulas, além de queimarem com frequência, consumiam muita energia. Com o transistor, surgia uma nova opção: interruptores em estado sólido (ou seja, sem partes móveis), rápidos e confiáveis.

A pesquisa sobre transistores foi iniciada durante a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de trabalhar com recepção de micro-ondas, que são ondas de rádio de frequência muito alta. As válvulas não davam conta dessa tarefa. Desse modo, os pesquisadores começaram a trabalhar com cristais de germânio, um material semicondutor.

Diversos experimentos foram feitos sem sucesso, até que os pesquisadores executaram o esquema ilustrado na figura a seguir. Eles fixaram uma fina lâmina de ouro sobre uma cunha de material plástico. Os cientistas, então, cortaram a lâmina bem na aresta da cunha, dividindo-a em duas partes, mas deixando-as muito próximas fisicamente. Essa aresta, na qual o corte foi feito, foi apoiada sobre um cristal de germânio.

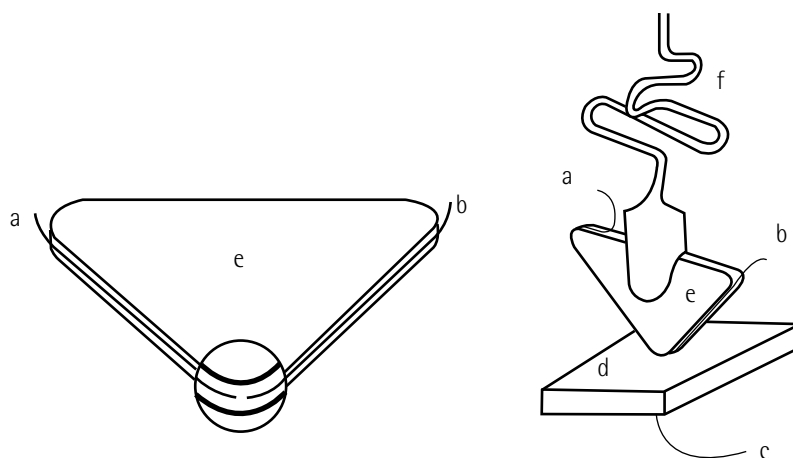


Figura 30 – Esquema ilustrativo do transistor de ponto de contato

Disponível em: <https://tinyurl.com/3uyyx2js>. Acesso em: 20 jun. 2025.

Na figura, (a) e (b) representam dois terminais do transistor, conhecidos como coletor e emissor, respectivamente. O coletor é um contato posicionado sobre uma parte da lâmina de ouro, e o emissor é um contato posicionado sobre a outra parte. A cunha de plástico está representada em (e). O corte na lâmina de ouro pode ser visto no detalhe, destacado à esquerda. O cristal de germânio é ilustrado em (d). O terminal de base, que representa o "controle do interruptor", é mostrado em (c). Uma mola (f) foi utilizada para pressionar a aresta contra o cristal de germânio.

Ao aplicar uma corrente elétrica sobre o lado oposto do cristal de germânio, ou seja, na base (c), o circuito se fechava e a corrente era capaz de fluir entre as duas partes da lâmina de ouro, do emissor (a) para o coletor (b), representando o estado "ligado" ou "fechado". Sem a aplicação da corrente na base, o contato se abria e a corrente parava de fluir entre as duas partes da lâmina de ouro, representando o estado "desligado" ou "aberto".

Daí, temos um dispositivo capaz de trabalhar como interruptor que é comandado não por um movimento mecânico, como fazemos com os interruptores das lâmpadas da nossa casa, mas sim pela corrente aplicada no terminal de base do dispositivo.

Esse primeiro modelo de transistor, representado na figura, é chamado de transistor de ponto de contato. Outros modelos mais sofisticados foram fabricados posteriormente. O transistor de junção bipolar, por exemplo, foi inventado em 1948, também na Bell Labs, por William B. Shockley. O transistor de efeito de campo, outro modelo de dispositivo, se difundiu na década de 1970.

Schuler (2013) afirma que a invenção do transistor foi tão significativa para a ciência e para a tecnologia que Bardeen, Brittain e Shockley foram agraciados com o prêmio Nobel de Física por suas pesquisas com materiais semicondutores e pela descoberta do efeito transistor.

Transistores tornaram-se dispositivos de amplo uso comercial em equipamentos eletrônicos. Até hoje, são eles que executam as funções de processamento nos circuitos integrados dos nossos computadores.

Circuitos integrados

Wazlawick (2016) afirma que, ao longo da década de 1950, o uso do transistor no lugar da válvula representou um grande avanço na indústria dos computadores. Porém, conforme a demanda por maior capacidade de processamento aumentava, os engenheiros tinham cada vez mais dificuldade em conectar cada vez mais transistores individuais entre si, uma vez que um único ponto de solda defeituoso poderia inviabilizar o funcionamento do computador.

Além disso, à medida que os computadores ficavam maiores devido ao maior número de dispositivos, os sinais elétricos levavam cada vez mais tempo para atravessar os fios que conectavam os dispositivos entre si.

Com isso, na década de 1960 chegou uma inovação que prometia resolver esses problemas: o circuito integrado. Ele consiste em um bloco (hoje em dia, uma lâmina) de material semicondutor, no qual são construídos diversos dispositivos já conectados entre si, dispensando as soldas e os fios.

Segundo Wazlawick (2016), o britânico George W. A. Dummer é conhecido como o primeiro idealizador desse conceito. Dummer trabalhava em um laboratório de pesquisas em telecomunicações, e seu trabalho era fazer com que circuitos baseados em transistores se tornassem cada vez mais confiáveis. Suas pesquisas demonstraram que a confiabilidade era aumentada ao reduzir o tamanho dos componentes. Ele concluiu, então, que o próximo passo seria construir um conjunto de componentes em um único bloco de cristal semicondutor. Em 1952, ele publicou essa ideia em uma conferência, a qual se tornou a primeira publicação a mencionar circuitos integrados na história. Em 1957, Dummer construiu um flip-flop sobre um bloco sólido de semicondutor. Um flip-flop é um dispositivo formado por alguns transistores e outros componentes, que funciona como memória de 1 bit. Os britânicos, no entanto, não enxergaram potencial no projeto e não investiram nele.

Nos Estados Unidos, o engenheiro Jack Kilby, que trabalhava em um laboratório na empresa Texas Instruments, depois de muito trabalho e muitas tentativas, conseguiu construir o primeiro circuito integrado patenteado. O feito ocorreu em 1960.

Curiosamente, em 1959, de forma independente, o físico Robert Noyce teve a mesma ideia. Ele trabalhava na empresa Fairchild Semiconductor e também foi capaz de construir um circuito integrado, com um processo que tornava mais fácil a construção do circuito. A Fairchild entrou com um pedido de patente um pouco depois da Texas, o que levou Noyce a ficar sabendo da iniciativa de Kilby. Noyce, então, detalhou bastante sua proposta, enfatizando que não infringia nenhuma das ideias de Kilby. Por fim, ambas as empresas reconheceram que, de forma independente, tinham inventado o circuito integrado.

Tanto a Texas Instruments quanto a Fairchild Semiconductor começaram a usar comercialmente circuitos integrados em seus produtos ainda na década de 1960. A partir de 1962, outras empresas também passaram a produzi-los.

Jack Kilby foi agraciado com o prêmio Nobel de Física no ano de 2000, por ter participado na invenção do circuito integrado. À época, Noyce já havia falecido.

Hoje, circuitos integrados são largamente utilizados na indústria de computadores, e são popularmente conhecidos como chips. Eles permitiram a miniaturização dos componentes, favorecendo que cada vez mais dispositivos fossem fabricados em um pequeno "pedaço" de cristal. Atualmente, o material semicondutor padrão da indústria é o silício.

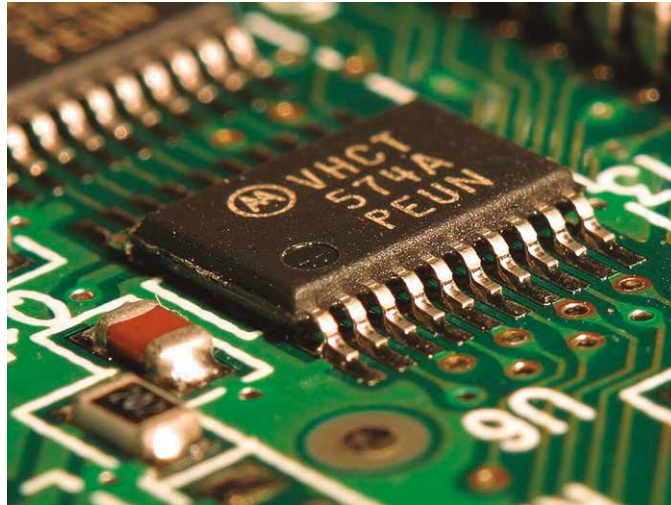


Figura 31 – Circuito integrado conectado a uma placa de circuito impresso

Disponível em: <https://tinyurl.com/hvm49u3y>. Acesso em: 20 jun. 2025.

O encapsulamento, que é o invólucro preto, é a proteção que envolve o chip, o que garante sua segurança e propicia seu manuseio. A lâmina de silício, na qual os dispositivos eletrônicos que compõem o circuito são fabricados de forma integrada, não fica visível em dispositivos comerciais.

Na figura a seguir, vemos o detalhe de uma lâmina de silício com alguns circuitos integrados fabricados que, obviamente, ainda não foram encapsulados. Cada seção quadrada que se repete representa um circuito integrado.

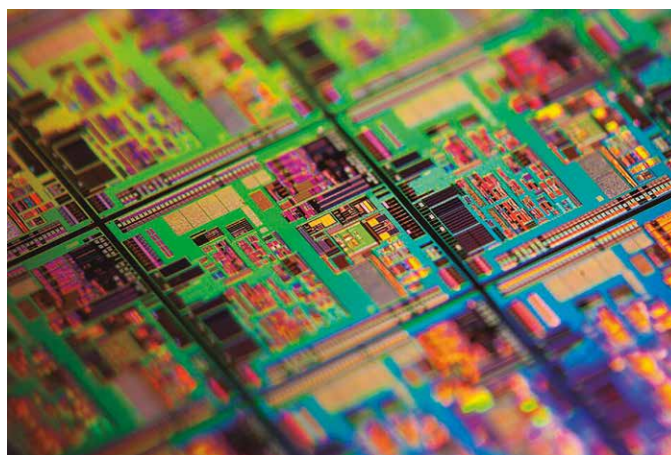


Figura 32 – Lâmina de silício com alguns circuitos integrados fabricados

Disponível em: <https://tinyurl.com/2uztzarx>. Acesso em: 20 jun. 2025.

8.2 Exemplos de inovações na área de software

Segundo Carvalho e Lorena (2017), computadores processam dados por meio de um modelo que transforma um conjunto de dados de entrada em um conjunto de dados de saída. Em geral, esse modelo assume a forma de um composto de instruções, chamado de programa. O conjunto de programas utilizado em um computador compõe seu software. O software, portanto, é a parte lógica, não palpável, de um sistema de computação.

De modo geral, o que um programa faz é receber, manipular e gerar dados. Para isso, ele é escrito de maneira que o computador possa entender, a partir do uso de uma linguagem de programação, a qual especifica uma sequência de instruções que propiciam a realização de uma tarefa específica. As instruções definidas no programa desencadeiam uma série de operações na máquina, ou seja, no hardware, que fazem com que a tarefa desejada seja concretizada.

Linguagem C

De acordo com Backes (2025, p. 2),

A linguagem C é uma das mais bem-sucedidas linguagens de alto nível já criadas, e é considerada uma das linguagens de programação mais utilizadas de todos os tempos. Define-se como linguagem de alto nível aquela que possui um nível de abstração relativamente elevado, que está mais próximo da linguagem humana do que do código de máquina. Ela foi criada em 1972, nos laboratórios Bell, por Dennis Ritchie, sendo revisada e padronizada pelo ANSI (American National Standards Institute), em 1989.

A linguagem de programação C é muito utilizada até os dias atuais em aplicações que exigem alto desempenho, alto controle de hardware ou eficiência de recursos. Entre as suas aplicações vigentes, estão: kernels de sistemas operacionais, firmware de dispositivos, drivers de dispositivos, sistemas embarcados, firewalls e compiladores/interpretadores de outras linguagens de programação.

Embora linguagens mais modernas dominem aplicações de alto nível, a linguagem C permanece como a base de muitas tecnologias atuais. A implementação principal da linguagem Python, intitulada CPython, é programada em linguagem C, por exemplo.

De acordo com Wazlawick (2016), a linguagem BCPL foi criada pelo cientista Martin Richards, na Universidade de Cambridge, em 1966. A BCPL era uma linguagem estruturada, que foi inicialmente projetada para o desenvolvimento de compiladores.

Posteriormente, a linguagem B foi implementada por Ken Thompson e Dennis Ritchie, na Bell Labs, em 1969. Ela foi criada como uma simplificação da BCPL, pensada para ser descomplicada, compacta e eficiente.

Já a linguagem C foi desenvolvida como a sucessora da B. Ela também foi criada para ser compacta e eficiente, mas oferecia vários tipos de dados e de estruturas de controle, recursos não oferecidos pela B.

A criação da linguagem C está fortemente relacionada ao sistema operacional Unix, que foi originalmente desenvolvido em Assembly (que é uma linguagem de baixo nível) por Ritchie e Thompson. Eles pretendiam lançar uma versão do Unix em B, mas a falta de tipos de dados e de estruturas de controle impulsionou a evolução da linguagem B até o desenvolvimento da C. A autoria da linguagem C, na literatura, é atribuída exclusivamente a Ritchie.

Em 1972, foi concluído um compilador para a linguagem C, e, nesse mesmo ano, o sistema operacional Unix foi reescrito em C. A linguagem C não teve sucesso comercial imediato, tendo ficado restrita a pesquisas por alguns anos. No entanto, a publicação do livro intitulado *The C Programming Language*, em 1978, causou uma revolução no mundo da programação de computadores, tornando-a uma linguagem extremamente popular. A autoria do livro é creditada a Brian Kernighan e Dennis Ritchie, ambos da Bell Labs.



Lembrete

A Bell Labs é uma empresa de pesquisa aplicada e de desenvolvimento científico, sediada nos Estados Unidos e fundada em 1925. Tanto o primeiro transistor operacional quanto a linguagem C foram desenvolvidos nesta empresa.

A figura a seguir mostra como a linguagem C influenciou, direta ou indiretamente, o desenvolvimento de outras linguagens de programação, como C++, Python, Java e C#. A terceira coluna, com símbolos que se encontram logo abaixo do símbolo da C original, corresponde a diferentes versões da própria linguagem.

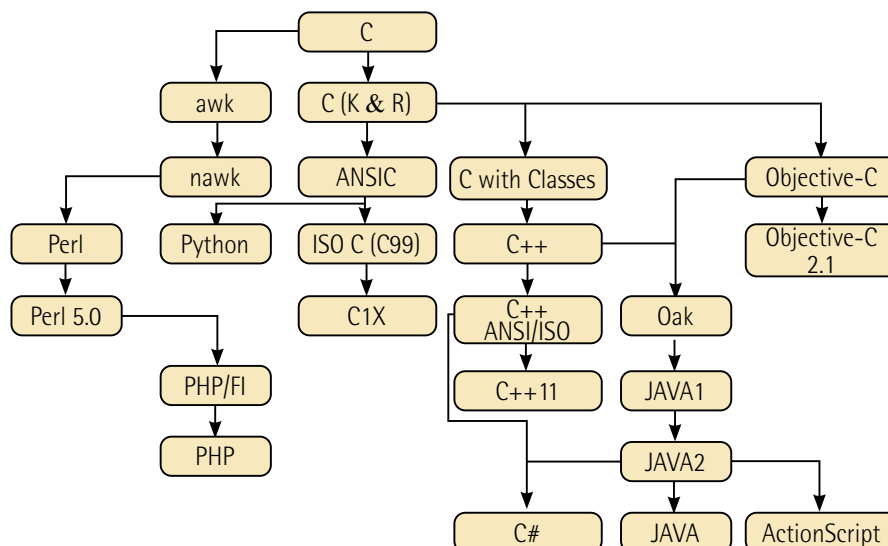


Figura 33 – Diagrama que mostra a influência da linguagem C em outras linguagens de programação

Fonte: Backes (2025, p. 2).

World Wide Web

Wazlawick (2016) afirma que, em 1989, o físico britânico Tim Berners-Lee trabalhava como engenheiro de software no grande laboratório de física de partículas Cern (Organização Europeia para Pesquisa Nuclear), na Suíça. Lá, ele testemunhava o desenvolvimento do trabalho de cientistas do mundo inteiro, mas tinha dificuldades de trocar informações com eles, principalmente em projetos grandes. Arquivos que se apresentavam em diferentes formatos e mídias ou conexões incompatíveis faziam com que, frequentemente, em vez de obter dados em arquivos, as pessoas resolvessem perguntá-las umas às outras, de maneira mais informal.

Em março daquele ano, ele desenvolveu e apresentou a seu chefe o documento **Information Management: a proposal**, que revolucionaria a comunicação humana. O documento propunha a criação da World Wide Web (WWW).

Na proposta, Berners-Lee estudou os problemas de perda de informação enfrentados pelos cientistas do Cern. Ele analisou duas possibilidades: organizar as informações em árvores de diretórios (porém, argumentou que o "mundo real" não se organiza desse modo); ou organizar as informações por palavras-chave (mas justificou que pessoas distintas escolhem palavras-chave igualmente distintas). Ele concluiu, finalmente, que a melhor forma de organizar os dados do Cern seria por intermédio de um hipertexto, um conceito já existente na época. Entretanto, esse hipertexto seria acessível pela rede mediante ferramentas universais.



Observação

Hipertexto é um conceito fundamental da computação e da comunicação digital que se refere a textos interconectados por links, possibilitando uma estrutura não linear de leitura e de navegação. Por exemplo, ao ler um artigo da Wikipedia, você encontra trechos clicáveis que o levam a outros artigos. Essa rede de conexões é a essência do hipertexto.

A Web nunca foi um projeto oficial do Cern, mas o chefe de Berners-Lee permitiu que o físico trabalhasse nele. Em outubro de 1990, ele já havia criado três tecnologias que seriam o "coração" da Web, elencadas a seguir:

- **Hypertext Markup Language (HTML):** trata-se de uma linguagem utilizada para descrever e formatar documentos que seriam exibidos nos aplicativos de visualização da Web, os browsers.
- **Uniform Resource Identifier (URI):** consiste em um sistema de endereçamento de páginas que possibilita dar um nome único a qualquer página da Web, como, por exemplo, www.unip.br. Atualmente, esse sistema é referenciado como Uniform Resource Locator (URL).
- **Hypertext Transfer Protocol (HTTP):** trata-se de um protocolo de comunicação entre os browsers (clientes) e os computadores que disponibilizam acesso às páginas (servidores).

No final de 1990, a primeira página da web foi ao ar, e, em 1991, pessoas de fora do CERN puderam acessar a recém-criada Web. A partir daí, o número de servidores Web passou a crescer. Em janeiro de 1993, eram 50. Em outubro do mesmo ano, já eram várias centenas.

A Web transformou a comunicação científica. Antes dela, a disseminação de pesquisas dependia de publicações físicas, de congressos ou de redes acadêmicas restritas. Ela favoreceu o acesso instantâneo a artigos científicos e à criação de repositórios de dados.

Além disso, a Web tornou possível a criação de plataformas científicas para simulações online, além de propiciar os sistemas de computação distribuída.

Seu caráter universal a torna uma das inovações de software com o maior impacto científico até hoje.

Redes neurais

Na área de software, o termo aprendizado de máquina refere-se a um ramo da inteligência artificial voltada a possibilitar que computadores "imitem" a maneira como os seres humanos aprendem.

Nesse contexto, uma rede neural consiste em um modelo computacional de aprendizado de máquina que toma decisões de modo semelhante ao cérebro humano, por meio de processos que simulam a maneira como neurônios biológicos funcionam.

Uma rede neural é constituída de camadas de neurônios artificiais, que são chamados de nós. Uma rede neural tradicional é formada por uma camada de entrada, por pelo menos uma camada intermediária e por uma camada de saída. Cada nó se conecta a outro e apresenta as características de peso e de limiar. Quando a saída de um nó individual fica acima do valor de limiar, há a ativação do nó, que faz com que os dados sejam enviados à próxima camada da rede (IBM, [s.d.]).

Veja, na figura a seguir, que, à esquerda, há a camada de entrada, com dois nós; ao centro, vemos uma camada intermediária; e, à direita, temos a camada de saída:

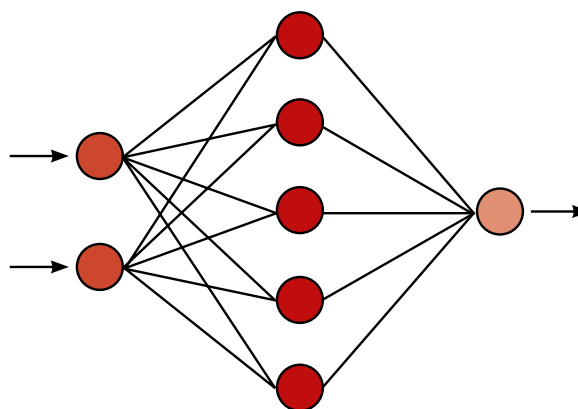


Figura 34 – Diagrama simplificado de uma rede neural

O algoritmo de busca do Google incorpora redes neurais em seus subsistemas e é, talvez, o exemplo mais conhecido de aplicação do modelo. Sistemas de recomendação de conteúdo, como o usado no YouTube, também faz uso da tecnologia. Além disso, bots de processamento de linguagem natural, como o ChatGPT ou o DeepSeek, também usam redes neurais em seus algoritmos para a geração de texto.

O desenvolvimento dessa tecnologia, contudo, não começou há pouco tempo. Haykin (2001) afirma que os anos formativos das redes neurais ocorreram entre 1943 e 1958, por meio de alguns trabalhos de destaque. Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts introduziram a ideia de redes neurais como máquinas computacionais. Em 1949, Donald Hebb postulou a primeira regra de aprendizagem auto-organizada. Em 1958, Frank Rosenblatt propôs o primeiro modelo algorítmico para aprendizagem supervisionada, chamado *perceptron*.

De acordo com Kaufman (2022), a ideia de usar aprendizagem de máquina remete também ao matemático britânico Alan Turing. Em seu artigo publicado em 1950, intitulado "Computing machinery intelligence", Turing propõe um teste capaz de responder se uma máquina é capaz de pensar. Ele cogitou a produção de um programa que, em vez de simular a mente de um adulto, simule a mente de uma criança, evoluindo ao longo do tempo.

Diversas pesquisas foram desenvolvidas nas décadas seguintes e, mais recentemente, um estudo conduzido por Vaswani *et al.* (2017) intitulado "Attention is all you need" introduziu a arquitetura Transformer, utilizada nos bots atuais de processamento de linguagem natural.

As redes neurais, estudadas há várias décadas, estão se tornando mais poderosas, eficientes e multifuncionais, com uma gama enorme de aplicações, que fazem, cada vez mais, parte do nosso cotidiano.

Atualmente, o Python é uma das linguagens de programação mais relevantes para o desenvolvimento e a pesquisa em redes neurais, graças ao seu ecossistema de bibliotecas especializadas, à comunidade ativa e à integração com ferramentas de alto desempenho.



Saiba mais

Leia a obra do autor Raul Wazlawick que conta um pouco da história profissional de vários cientistas importantes para o desenvolvimento computacional, como Charles Babbage, Ada Lovelace e Alan Turing. O livro aborda diversas outras inovações que mudaram o rumo da computação:

WAZLAWICK, R. S. *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*. Rio de Janeiro: LTC, 2020.



Resumo

Estivemos dedicados ao estudo dos conceitos de pesquisa, inovação e prática de mercado, com destaque a diversas inovações disruptivas que ocorreram ao longo do desenvolvimento científico.

Começamos trazendo os conceitos iniciais os quais foram desenvolvidos ao longo do texto. A pesquisa científica é uma atividade sistemática voltada ao aumento do conhecimento científico em determinada área. Uma inovação corresponde à utilização do conhecimento científico gerado a partir de pesquisas para criar ou para aprimorar produtos, processos ou serviços. A prática de mercado é a ampla utilização das inovações no mercado, ou seja, é a ampla incorporação das inovações geradas nas práticas das empresas, das fábricas, das indústrias ou das organizações.

Ainda nesse título, trouxemos alguns exemplos de inovações gerais que se tornaram práticas de mercado. Essas inovações correspondem às vacinas de mRNA, à técnica Crispr/Cas9 e à soja tropicalizada.

Depois, apresentamos inovações específicas da área computacional. Na seção dedicada ao *hardware*, abordamos como a invenção do transistor foi importante para substituir os relês e as válvulas em circuitos de processamento de dados. Em sequência, discutimos como a invenção do circuito integrado foi revolucionária e importante para o aumento da capacidade de processamento e para a miniaturização dos circuitos eletrônicos.

Na seção dedicada ao *software*, tratamos da criação da linguagem C, concluída em 1972, e a sua importância para a programação de alto nível. Até hoje, ela é muito utilizada em aplicações que exigem alto desempenho, alto controle de hardware ou eficiência de recursos.

Discutimos, também, a respeito da criação da World Wide Web, por parte do físico britânico Tim Berners-Lee, no Cern. Seu caráter universal a torna uma das inovações de software com o maior impacto científico até hoje.

Por último, falamos um pouco a respeito das redes neurais, que são algoritmos de aprendizado de máquina que tomam decisões de forma semelhante ao cérebro humano. O algoritmo de busca do Google é um dos exemplos mais conhecidos de aplicação de modelos de redes neurais.



Exercícios

Questão 1. Vimos que, segundo Vasconcellos (2021, p. 28), a inovação, de maneira geral, pode ser definida como "uma ideia que sofreu alguma ação, com resultados positivos para todas as partes interessadas".

Em relação a esse tema, avalie as asserções e a relação proposta entre elas.

I – A inovação baseada em ciência e a inovação baseada na prática são indistintas e oriundas do mesmo tipo de atividade.

porque

II – Tanto a inovação baseada em ciência quanto a inovação baseada na prática são consequências naturais do aumento populacional.

Assinale a alternativa correta:

- A) As asserções I e II são verdadeiras, e a asserção II justifica a I.
- B) As asserções I e II são verdadeiras, e a asserção II não justifica a I.
- C) A asserção I é verdadeira, e a asserção II é falsa.
- D) A asserção I é falsa, e a asserção II é verdadeira.
- E) As asserções I e II são verdadeiras.

Resposta correta: alternativa E.

Análise da questão

Segundo Vasconcellos (2021), podemos considerar dois tipos de inovação: a inovação baseada em ciência; e a inovação baseada na prática.

Na inovação baseada na ciência, os conhecimentos são adquiridos por atividades próprias de pesquisa ou pela absorção do conhecimento científico gerado externamente.

Na inovação baseada na prática, a criação de conhecimento acontece nos locais de trabalho, a partir das experiências pessoais, das observações e das interações que ocorrem nas atividades diárias de todos os indivíduos.

Questão 2. Vimos que alguns exemplos de inovações na área de software são a linguagem C e as redes neurais.

Em relação a essas inovações, avalie as afirmativas.

I – A linguagem de programação C tem aplicações nos kernels de sistemas operacionais, no firmware de dispositivos e nos drivers de dispositivos, por exemplo.

II – Conquanto linguagens mais modernas dominem aplicações de alto nível, a linguagem C ainda é a base de muitas tecnologias atuais.

III – Uma rede neural pode ser definida como um modelo computacional de aprendizado de máquina que toma decisões de maneira semelhante ao cérebro humano, usando processos que simulam a maneira como neurônios biológicos funcionam.

É correto o que se afirma em:

A) I e II, apenas.

B) II e III, apenas.

C) I e III, apenas.

D) II, apenas.

E) I, II e III.

Resposta correta: alternativa E.

I e II – Afirmativas corretas.

Justificativa: a linguagem de programação C é muito utilizada até os dias atuais em aplicações que exigem alto desempenho, alto controle de hardware ou eficiência de recursos. Entre as suas aplicações vigentes, estão: kernels de sistemas operacionais, firmware de dispositivos, drivers de dispositivos, sistemas embarcados, firewalls e compiladores/interpretadores de outras linguagens de programação. Embora linguagens mais modernas dominem aplicações de alto nível, a linguagem C permanece como a base de muitas tecnologias atuais. A implementação principal da linguagem Python, intitulada CPython, é programada em linguagem C, por exemplo.

III – Afirmativa correta.

Justificativa: uma rede neural consiste em um modelo computacional de aprendizado de máquina que toma decisões de modo semelhante ao cérebro humano por meio de processos que simulam a maneira como neurônios biológicos funcionam. Esse tipo de rede é composto por camadas de neurônios

artificiais, que são chamados de nós. Uma rede neural tradicional é formada por uma camada de entrada, por pelo menos uma camada intermediária e por uma camada de saída. Cada nó se conecta a outro e apresenta as características de peso e de limiar. Quando a saída de um nó individual fica acima do valor de limiar, há a ativação do nó, que faz com que os dados sejam enviados à próxima camada da rede (IBM, [s.d.]).

REFERÊNCIAS

Audiovisuais

O BEBÊ que pode mudar a medicina. 2021. 1 vídeo (1 min). Publicado pelo canal Nunca Vi 1 Cientista. Disponível em: <https://tinyurl.com/53p8fk9s>. Acesso em: 20 jun. 2025.

Textuais

AMAZÔNIA – *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*. [s.d.]. Pará. Disponível em: <https://tinyurl.com/5bek2bz8>. Acesso em: 17 jun. 2025.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science*. Disponível em: <https://www.science.org/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

APPOLINÁRIO, F.; GIL, I. *Como escrever um texto científico: teses, dissertações, artigos e TCC*. São Paulo: Trevisan, 2013.

ABNT. *NBR 6023: Informação e documentação: referências: elaboração*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT. *NBR 6028: Resumo, resenha e recensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. *NBR 10520: Informação e documentação: citações em documentos: apresentação*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT. *NBR 12225: Informação e documentação: lombada: apresentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT. *NBR 14724: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação*. 4. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABQ. *64º Congresso Brasileiro de Química*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/>. Acesso em 17 jun. 2025.

AQUINO, I. S. *Como ler artigos científicos: da graduação ao doutorado*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AZEVEDO, C. B. *Metodologia científica ao alcance de todos*. 4. ed. Barueri: Manole, 2018.

BACCHI, A. D. *Afinal, o que é ciência?... e o que não é*. São Paulo: Contexto, 2024.

BACKES, A. *Linguagem C: completa e descomplicada*. Rio de Janeiro: LTC, 2025.

BARBOSA, M. L. O.; QUINTANEIRO, T.; RIVERO, P. *Conhecimento e imaginação: sociologia para o Ensino Médio*. Belo Horizonte: Autêntica, 2012.

BIBLIOTECA DA UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP. *Guia de normalização para apresentação de trabalhos acadêmicos da Universidade Paulista*: ABNT. São Paulo: UNIP, 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/5euf4z6p>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. *Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998*. Brasília, 1998. Disponível em: <https://tinyurl.com/yc8rzn97>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BRASILEIRO, A. M. M. *Como produzir textos acadêmicos e científicos*. São Paulo: Contexto, 2021.

CARVALHO, A. C. P. L. F. de; LORENA, A. C. *Introdução à computação: hardware, software e dados*. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

CIÊNCIA. In: *Wikipédia, a enciclopédia livre*. [s.d.]. Flórida: Wikimedia Foundation, 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/3jpz223b>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CAPES. *Portal de Periódicos da Capes*. [s.d.]. Brasília, DF. Disponível em: <https://tinyurl.com/5a48y73h>. Acesso em: 20 jun. 2025.

COPYSPIDER. *Qual o percentual aceitável para ser considerado plágio?* Disponível em: <https://tinyurl.com/5n8x8b29>. Acesso em: 20 jun. 2025.

CORDARO, P. G. B. *Tu inovas? Tutorial da inovação!:* estabelecimento de uma atuação filosófica-científica para se inovar efetivamente. São Paulo: Blucher, 2024.

CORDEIRO, G. R.; MOLINA, N. L.; DIAS, V. F. *Orientações e dicas práticas para trabalhos acadêmicos*. Curitiba: Intersaberes, 2014.

CRESPINO, A. A. *Estatística fácil*. Rio de Janeiro: Saraiva, 2009.

DAMIANI, L. R. *Filmes de óxido de índio dopado com estanho depositados por magnetron sputtering*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://tinyurl.com/4w7dapmb>. Acesso em: 18 jun. 2025.

FELIX, P. Os impactos da aprovação comercial da principal técnica de edição de DNA. *Veja*, 1 dez. 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/3zd3hjz>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GENETIC scissors: a tool for rewriting the code of life. *Nobel Prize*, 7 out. 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/3t887cte>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GIACON, F. P.; FONTES, K. M.; GRAZZIA, A. R. *Metodologia científica e gestão de projetos*. São Paulo: Érica, 2017.

HAYKIN, S. *Redes neurais: princípios e práticas*. São Paulo: Bookman, 2001.

IBM. *O que é uma rede neural?* [s.d.]. Disponível em: <https://tinyurl.com/4tjbezvx>. Acesso em: 20 jun. 2025.

IBICT. *Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações*. [s.d.]. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

JORNALISMO IOC. Simpósio Brasileiro em Química Medicinal: inscrições abertas para a 12ª edição. *Fiocruz*, 5 nov. 2024. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/y4xbnt45>. Acesso em: 18 jun. 2025.

KAUFMAN, D. *Desmistificando a inteligência artificial*. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

KERNIGHAN, B. W.; RITCHIE, D. M. *The C programming language*. New Jersey: Prentice-Hall, 1978.

KISAKOVA, L. A.; APARTSIN, E. K.; NIZOLENKO, L. F.; KARPENKO, L. I. Dendrimer-Mediated Delivery of DNA and RNA Vaccines. *Pharmaceutics*, v. 15, n. 4, p. 1106, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2224226>. Acesso em: 20 jun. 2025.

KROKOSZ, M. *Outras palavras sobre autoria e plágio*. São Paulo: Atlas, 2015.

LANDGRAF, L. Cientista da Embrapa é laureada com Prêmio Mundial da Alimentação, reconhecido como "Nobel" da agricultura. *Notícias Embrapa*. 13 maio 2025. Brasília. Disponível em: <https://tinyurl.com/y7vw2bhe>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MACHADO, N. J.; CUNHA, M. O. *Lógica e linguagem cotidiana: linguagem, coerência e comunicação*. Belo Horizonte: Autêntica, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2021.

MEDRADES, J. P. Biotecnologia brasileira: a importância da Embrapa para o cultivo de soja nacional. *Revista Blog do Profissão Biotec*, v. 10, 21 ago. 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/4jweep2b>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MINHA BIBLIOTECA. *Minha Biblioteca*: streaming de livros digitais. Disponível em: <https://minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

NASCIMENTO, F. P.; SOUSA, F. L. *Metodologia da pesquisa científica: teoria e prática*. Manual de instrução: como elaborar TCC. Brasília: Thesaurus, 2015.

NASCIMENTO, L. P. *Elaboração de projetos de pesquisa: monografia, dissertação, tese e estudo de caso, com base em metodologia científica*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

O QUE são as vacinas de RNA mensageiro e como essa tecnologia também pode tratar doenças? *Laboratórios Pfizer Ltda.*, 3 nov. 2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/mwhw5sna>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PEARSON HIGHER EDUCATION. *Biblioteca Virtual Pearson*. Disponível em: <https://www.bvirtual.com.br/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PERKOVIC, L. *Introdução à computação usando Python: um foco no desenvolvimento de aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

PORTAL DRAUZIO VARELLA. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PROEC UFABC. *Você sabe o que é divulgação científica?* São Bernardo do Campo, 31 jul. 2014. Disponível em: <https://tinyurl.com/3jh57ydx>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PIERRO, B. Direto ao ponto. *Revista Pesquisa Fapesp*, nov. 2019. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://tinyurl.com/4vu954ec>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SEPTET SYSTEMS. *Plagium*: verificador de plágio livre. [s.d.]. Disponível em: <https://tinyurl.com/rrvaabeb>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez, 2017.

SCHULER, C. A. *Eletrônica I*. Porto Alegre: McGraw Hill, 2013.

SHARPE, N. R.; DE VEAUX, R. D.; VELLEMAN, P. F. *Estatística aplicada: administração, economia e negócios*. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SILVA NETO, S. L. da; LEITE, B. S. Aprendizagem tecnológica ativa no ensino de Química no contexto do ensino médio. *Amazônia –Revista de Educação em Ciências e Matemática*, [s. l.], v. 20, n. 45, p. 195-212, 2024.

SORDI, J. O. de. *Elaboração de pesquisa científica: seleção, leitura e redação*. São Paulo: Saraiva, 2013.

SPRINGER NATURE LIMITED. *Nature*. Disponível em: <https://www.nature.com/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

UNIP. Bases de dados on-line. Disponível em: <https://tinyurl.com/44ex3d4e>. Acesso em: 20 jun. 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos da USP*. [s.d.]. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/index.php>. Acesso em: 17 jun. 2025.

VASCONCELLOS, M. *Inovação pelas pessoas: o caminho para o sucesso das organizações*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J. JONES, L.; GOMEZ, A. N.; KAISER, L. Attention Is All You Need. In: *Advances in neural information processing systems 30 (NIPS 2017)*. Disponível em: <https://tinyurl.com/yh2kb2dc>. Acesso em: 20 jun. 2025.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal blue lines. Each line is preceded by a small blue dot, serving as a guide for letter height and placement.



Informações:
www.sepi.unip.br ou 0800 010 9000