



Governo do Estado do Paraná
Secretaria de Estado da Educação
Departamento de Educação Básica
Simpósio de Filosofia

FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Concepções de Ciência
A questão do método científico

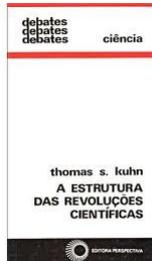
Prof. Eduardo Salles de O. Barra
Departamento de Filosofia
Universidade Federal do Paraná
www.filosofia.ufpr.br



Thomas S. Kuhn
(1922-1996)

A FUNÇÃO DO DOGMA NA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Kuhn, T.S. "The Function of Dogma in Scientific Research". pp. 347–69 in
A. C. Crombie (ed.). *Scientific Change* (Symposium on the History of
Science, University of Oxford, 9–15 July 1961). New York and London:
Basic Books and Heineman, 1963.



A Estrutura das Revoluções Científicas
1962



O Caminho desde a Estrutura
2000

Parte I

Introdução ao dogmatismo e seus condicionantes

Uma imagem difundida da atividade científica

"Ser científico é ser objetivo e ter espírito aberto"

- o investigador sem preconceitos em busca da verdade;
- o explorador da natureza;
- o homem que rejeita preconceitos quando entra no laboratório,
- que coleciona e examina os fatos crus, objetivos,
- que é fiel a tais fatos e só a eles.

Confusão entre a CIÊNCIA e o CIENTISTA

- o cientista conhece de antemão pormenores dos resultados que serão alcançados com a sua pesquisa → se o resultado aparecer rapidamente, melhor; mas, se não, ele lutará com os seus instrumentos e com as suas equações até que, se for possível, lhe forneçam os **resultados que estejam conformes** com o modelo que ele tinha previsto desde o começo;
- o mesmo se verifica nas suas réplicas ao **trabalho de outros cientistas** → as novidades factuais ou teóricas encontram resistências e, com frequência, são rejeitadas por muitos membros da comunidade profissional científica.

"Uma verdade científica nova não é geralmente apresentada de maneira a convencer os que se opõem a ela... simplesmente a pouco e pouco eles morrem, e nova geração que se forma familiariza-se com a verdade desde o princípio" (PLANCK, 1948).

Como conciliar esses fatos com com a imagem acima?

Solução da tradição

- resistências e preconceitos são elementos **estranhos à ciência**;
- são produtos das inevitáveis **limitações humanas**;
- em um verdadeiro método científico não há lugar para tal, pois ele é de tal modo poderoso que a mera **idiosincrasia humana** não pode por muito tempo impedir o seu êxito.

Solução kuhniana

- Preconceito e resistência parecem ser mais a regra do que exceção no desenvolvimento científico avançado → em condições normais eles caracterizam a **melhor** investigação e a mais **criativa** e também a mais **rotineira**;
- não está também em questão qual a sua origem, pois não se trata de características anômalas de *indivíduos*, mas de características da *comunidade* com raízes profundas no processo como os **cientistas são treinados** para trabalhar na sua profissão;
- as fortes convicções que existem antes da própria investigação frequentemente aparecem como precondições para o **sucesso das ciências**.



O dogmatismo das ciências maduras

Embora o preconceito e a resistência às inovações possam muito facilmente paralisar o progresso científico, a sua onipresença é, porém, sintomática como característica requerida para que a investigação tenha **continuidade e vitalidade**.

A necessidade de uma adesão profunda a uma maneira de ver o mundo e de praticar a ciência

Dois aspectos dessa adesão que a tornam fundamental para a investigação:

O cientista como solucionador de quebra-cabeça (primeiro aspecto)

- a adesão define os **problemas** suscetíveis de ser analisados e a natureza das soluções aceitáveis para eles;
- Normalmente, o cientista é um solucionador de quebra-cabeças como um jogador de xadrez, e a adesão induzida pela educação é o que lhe dá as **regras do jogo** que se pratica no seu tempo.

O sucesso como resultado do fracasso prévio (segundo aspecto)

- o objeto da adesão fornece um detector imensamente sensível dos **focos de dificuldades** de onde surgem inevitavelmente as inovações importantes nos fatos e nas teorias.
- Nas ciências maduras, a maior parte das **descobertas** de fatos inesperados e todas as **inovações** fundamentais da teoria são respostas a um fracasso prévio usando as regras do jogo estabelecido.

Portanto, embora uma adesão quase dogmática seja, por um lado, uma fonte de resistência e controvérsia, é também um instrumento inestimável que **faz das ciências a atividade humana mais consistentemente revolucionária**. Uma pessoa não precisa fazer da resistência ou do dogma uma virtude para reconhecer que as ciências maduras não poderiam viver sem eles.

A educação científica como instrumento da adesão ao paradigma

A educação científica "semeia" o que a comunidade científica, com dificuldade, alcançou até aí – uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar a ciência.



Uma vista rápida que seja da pedagogia científica sugere que ela pode induzir uma rigidez profissional praticamente impossível de alcançar noutros campos, exceto talvez na teologia.

O papel dos manuais

- Até que ele esteja preparado, ou quase preparado para fazer a sua dissertação, o estudante de química, física, astronomia, geologia, ou biologia, raramente é posto ante o problema de conduzir um projeto de investigação, ou colocado ante os produtos diretos da investigação conduzida por outros – isto é, as comunicações profissionais que os cientistas escrevem para os seus colegas.
- As coleções de "textos originais" jogam um papel limitado na educação científica.
- Igualmente o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos da história do seu campo – obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizados que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu.
- Aparentemente os cientistas estão de acordo sobre o que é que cada estudante deve saber da matéria, por isso para a preparação dos futuros cientistas eles podem usar manuais em vez de uma combinação eclética de originais de investigação.

- os manuais apresentam, desde o começo, soluções concretas de problemas que a profissão aceita como paradigmas, e então pede-se aos estudantes, quer usando um lápis e papel quer servindo-se de um laboratório, que resolvam por si mesmo problemas modelados à semelhança, na substância e no método, dos que o manual lhes deu a conhecer;



É por tudo isso que, embora o desenvolvimento científico seja particularmente produtivo em novidades que se sucedem, a educação científica continua a ser uma iniciação relativamente dogmática a uma tradição preestabelecida de resolver problemas, para a qual o estudante não é convidado e não está preparado para apreciar.

O papel dos "clássicos" da ciência

- Até o início do século XIX, esse esquema de educação sistemática por meio dos manuais não existia em nenhuma parte e em nenhuma ciência.
- Onde não existiam manuais, havia feitos científicos descritos em livros que todos os praticantes daquele campo de investigação conheciam intimamente e admiravam e que forneciam os modelos para as suas próprias investigações e os padrões para avaliar os seus próprios resultados:
 - *A Física* de Aristóteles,
 - o *Almagesto* de Ptolomeu,
 - os *Principia* e a *Optica* de Newton,
 - a *Eletricidade* de Franklin,
 - a *Química* de Lavoisier e
 - a *Geologia* de Lyell
- Embora esses livros sejam clássicos da ciência, eles não se assemelham aos grandes clássicos em outros campos criativos, um Rembrandt ou um Adam Smith – eles **são genuinamente paradigmas, pois são exclusivos.**

A exclusividade dos paradigmas

- Muitos clássicos, mas um só paradigma:

A comunidade dos artistas pode se inspirar simultaneamente em Rembrandt e Cézanne – a comunidade dos astrônomos não tinha alternativa senão escolher entre os modelos em competição fornecidos por Copérnico e Ptolomeu.

- Feita a escolha, deve-se esquecer a obra rejeitada

A unanimidade do paradigma

- Ao aceitar um paradigma, a comunidade científica adere toda ela, conscientemente ou não, à atitude de considerar que todos os problemas resolvidos, o foram de fato, de uma vez para sempre.
- Em virtude disso as novas gerações podem começar por onde os homens que antes deles partilhavam o mesmo paradigma tinham alcançado

Os paradigmas determinam todo o desenvolvimento futuro nas ciências maduras. Mas eles são uma aquisição a que se chega relativamente tarde no processo de desenvolvimento científico.

Parte II

A eletricidade nos sécs. XVII e XVIII: um exemplo de prática científica pré e pós-paradigma

O período pré-paradigmático: Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson e Franklin

- no começo do século XVIII, bem como no século XVII, havia quase tantos pontos de vista sobre a **natureza da eletricidade** como o número de experimentadores importantes;
- todos os diversos conceitos que eles possuíam sobre a eletricidade tinham algo em comum: eram derivados (i) em parte das **experiências e observações** e (ii) em parte de uma ou outra versão da **filosofia mecânico-corpúscular**, herdada de uma das duas tradições dominantes nesse período: a tradição cartesiana ou a tradição newtoniana;
- entre os trabalhos desses teóricos da eletricidade havia não mais que uma vaga semelhança, existindo de fato uma grande variedade de escolas e subescolas em competição, cada uma dando relevo especial ao **conjunto de fenômenos elétricos mais facilmente explicado por ela**.

As duas questões que dividiam os grupos:

1. Qual dos efeitos da eletricidade deve ser tomado como **fundamental**, a atração ou a repulsão?
 2. Como explicar a **condução elétrica**, então recentemente descoberta por Gray?
- Os teóricos que assumiam uma posição qualquer sobre a primeira pergunta tinham dificuldade de responder a segunda pergunta.
 - Aqueles que, ao contrário, assumiam eletricidade como um "**fluido**", percorrendo os condutores e não como um "**eflúvio**" emanado dos corpos não-condutores tinham, por sua vez, dificuldade para reconciliar a sua explicação com um número razoável de efeitos de atração e repulsão.

Os efeitos da ausência de um paradigma

- Uma **definição de cientista** que exclua os membros dessas escolas, deverá excluir igualmente os seus sucessores modernos.
- Contudo, alguém que se debruce sobre o desenvolvimento da eletricidade antes de Franklin pode muito bem tirar a conclusão de que, embora os praticantes no ofício fossem cientistas, **o resultado imediato da sua atividade era algo menos do que ciência.**
- Cada experimentador em eletricidade era forçado a **construir o seu domínio de novo a partir da base**, uma vez que o conjunto de convicções que ele podia tomar como certas era muito limitado.
- Ao fazer isso, a sua **escolha de experiências e observações fundamentais era relativamente livre**, porque o conjunto de métodos, padrão e fenômenos que cada teórico da eletricidade podia utilizar e explicar era extraordinariamente reduzido.

- Como consequência, durante a primeira metade do século, as investigações em eletricidade tendiam a **andar em círculo**, voltando sempre ao mesmo ponto. Novos efeitos eram descobertos repetidas vezes, mas muitos deles perdiam-se rapidamente de novo.



Na ausência de **uma teoria bem articulada e amplamente aceita** – uma propriedade que nenhuma ciência possui de início e que poucas das ciências sociais, se é que alguma, possuem atualmente –, a situação só muito dificilmente poderia ter sido diferente.

O mudou com Franklin: Cavendish, Coulomb, Volta

- explicava muitos – embora nem todos – efeitos elétricos reconhecidos pelas várias escolas anteriores;
- embora não pusesse fim a todos os desacordos, reduziu ao mínimo a constante reavaliação dos fundamentos;
- despertou nos teóricos a convicção de estarem no caminho correto, incentivando-os a se lançarem em trabalhos de maior envergadura, mais exatos e esotéricos;
- permitiu ao novo grupo agora unido dirigir sua atenção para fenômenos elétricos selecionados e estudá-los com muito mais pormenor,

- permitiu ao novo grupo conceber uma **aparelhagem especializada** para seu trabalho e utilizá-la com uma persistência e um grau de sistematização desconhecidas dos anteriores teóricos da eletricidade.
- Nas mãos de um Cavendish, de um Coulomb ou de um Volta, a verificação dos fenômenos elétricos e a articulação da teoria da eletricidade tornaram-se, pela primeira vez, **atividades altamente orientadas**.

E assim...

Durante o período de 1740 a 1780, os teóricos da eletricidade, como um grupo, alcançaram o que os astrônomos tinham conseguido na antiguidade, os estudiosos da mecânica na Idade Média, os da óptica física no fim do século XVII e os da geologia histórica no começo do século XIX. Tinham chegado a um paradigma, e a posse deste permitia-lhes tomar os fundamentos do seu campo de atividade como bem estabelecidos e enveredar para problemas mais concretos e mais complexos. É difícil conceber outro critério que estabeleça tão claramente o campo de atividade de uma ciência.

Gray
(1666-1736)

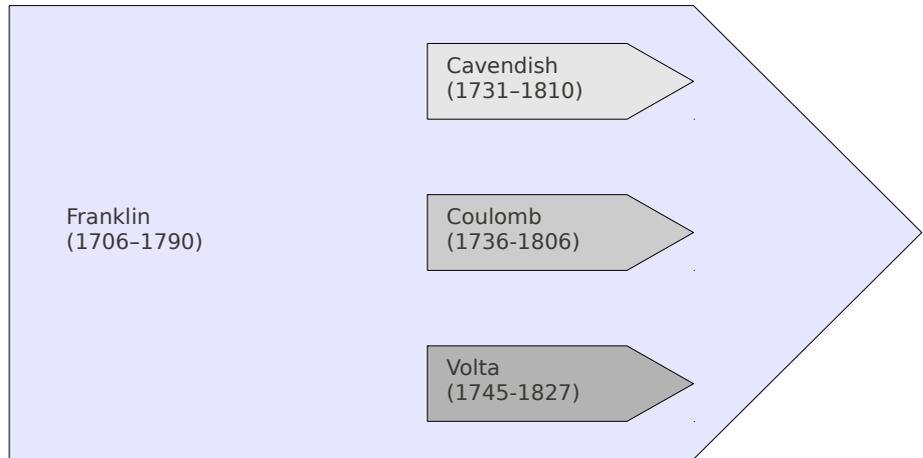
Desaguliers
(1688-1744)

Du Fay
(1698-1739)

Nollet
(1700-1770)

Watson
(1715-1787)

Franklin
(1706-1790)



Parte III

A natureza e a necessidade dos paradigmas

O que é um paradigma? (I)

- um resultado científico fundamental que inclui ao mesmo tempo **uma teoria e algumas aplicações exemplares** aos resultados das experiências e da observação;
- um resultado cujo **completar está em aberto** e que deixa toda espécie de investigação ainda por ser feita;
- um resultado aceito no sentido de que é recebido por um grupo cujos membros abandonam, desde então, toda tentativa de rivalizar-se com ele ou de lhe oferecer alternativas. Pelo contrário, tentam desenvolvê-lo e explorá-lo numa variedade de formas. Nisso reside **a razão da sua especial eficácia**.

Eficácia e permanência (verdade e validade) do paradigma

acolher de um paradigma → aumentar a eficácia da investigação científica

paradigmas que aumentam a eficácia da investigação → **paradigmas permanentes**

O fato de que paradigmas são com frequência postos de lado e substituídos por outros bastante incompatíveis com eles não acarreta qualquer **revisão nos juízos sobre a eficácia desses paradigmas**

Não podemos recorrer a **noções como "verdade" ou "validade"** a propósito dos paradigmas na tentativa de compreender a especial eficácia da investigação que a sua aceitação permite.

Pelo contrário, o historiador com frequência tem de reconhecer que, com a rejeição da perspectiva proposta por dada escola pré-paradigmática, uma comunidade científica rejeitou o embrião de uma importante ideia científica a que seria forçada a voltar mais tarde.

Mas de modo algum se pode dizer que a profissão **atrasou o desenvolvimento científico** com esse procedimento.

Exemplos do mito do precursor

1. Teria a mecânica quântica nascido antes, se os cientistas do século XIX mais facilmente estivessem prontos a admitir que a visão corpuscular da luz de Newton poderia ainda ter algo de significativo a ensinar-lhes sobre a natureza?
2. Teriam a astronomia e a dinâmica avançado mais depressa se os cientistas tivessem reconhecido que tanto Ptolomeu como Copérnico tinham escolhido processos igualmente legítimos para descrever a posição da Terra?
3. Será que uma maior atenção durante os séculos XVIII e XIX, quer para as obras de Ptolomeu, quer para as posições relativistas de Descartes, Huygens e Leibniz, teria acelerada a revolução na física com que começou o século XX?

O avançar de paradigma em paradigma, em vez do perpetuar uma concorrência entre clássicos reconhecidos, deve ser **uma característica funcional e um fato inerente ao desenvolvimento científico maduro.**

O que é um paradigma? (II)

Muito do que se disse até aqui tem a intenção de indicar que os praticantes de uma especialidade científica madura aderem profundamente a **uma determinada maneira de olhar e investigar a natureza** baseada em um paradigma.

O paradigma diz-lhes:

- qual o tipo de **entidades com que o universo está povoado** e qual a maneira como essa população se comporta;
- quais as **questões** sobre a natureza que podem legitimamente ser postas e das **técnicas** que podem ser devidamente aplicadas na busca das respostas a essas questões.

Por que as revoluções científicas despertam mais o interesse dos leigos? A invisibilidade da ciência normal

De fato, um paradigma diz tantas coisas aos cientistas que as questões que ele deixa para investigar raramente têm algum interesse intrínseco para os que estão fora da profissão.



Sem dúvida essa é a razão pela qual tanto os historiadores como os divulgadores devotaram a maior parte de sua atenção aos episódios revolucionários dos quais resultam uma mudança de paradigma – episódios que podem ser compreendidos por aqueles que estão fora da profissão – e desprezaram tão completamente o tipo de trabalho que mesmo os maiores cientistas necessariamente fazem durante a maior parte do tempo.

Existe vida na ciência após a conquista do paradigma?

O que fica para a comunidade científica fazer quando existe um paradigma?

1. Aumentar a precisão do ajuste entre o paradigma e a natureza: uma vez estabelecido um paradigma, os cientistas esforçam-se para o colocar cada vez mais de acordo com a natureza. Esse esforço se concentra naquelas áreas em que a formulação original fora – como não podia deixar de ser – vaga.

Por exemplo, conhecendo já que a eletricidade era um fluido com partículas em interação mútua à distância, os teóricos da eletricidade após Franklin asumiram como tarefa (i) determinar a lei quantitativa da força entre as partículas elétricas e (ii) buscar as inter-relações entre o comprimento da faísca, deflexão do eletroscópio, a quantidade de eletricidade e a geometria dos condutores

2. **Aplicá-lo a outros fenômenos**: o ajustamento do paradigma à natureza em tais casos com frequência ocupa os melhores talentos científicos de uma geração.
3. Melhorar o acordo em um campo onde se demonstrou já existir certo acordo aproximado.
4. Projetar e construir a **aparelhagem especial** que possam permitir, por exemplo, a determinação de Coulomb da lei da força elétrica.

Dois efeitos adicionais do paradigma

1. todos os problemas que efetivamente interessam aos cientistas são **dependentes do paradigma**, e não podem sequer ser colocados na ausência de um paradigma apropriado

Por exemplo, o problema de determinar a lei das forças elétricas poderia ser colocada antes do aparecimento do paradigma em que acabaram por ser resolvidos. Mas não poderia ser atacado com êxito. Aqueles que descreviam as atrações e as repulsões elétricas em termos de "eflúvios" tentaram medir as forças resultantes colocando um disco carregado a uma distância determinada por baixo do prato de uma balança. Nessas condições não se conseguiu chegar a resultados consistentes susceptíveis de interpretação. A precondição para o sucesso acabou por ser um paradigma que **reduzia a ação elétrica a uma ação do tipo gravitacional**, ação à distância entre partículas pontuais. A partir de Franklin os teóricos da eletricidade passaram a pensar a ação elétrica nesses termos; tanto Coulomb como Cavendish os tinham em vista ao conceber as suas aparelhagens.

2. O cientista que trabalha numa investigação normal, de modo algum se ajusta à antiga imagem do **cientista como um explorador ou um inventor** de novas e luminosas teorias que permitem previsões brilhantes e inesperadas. Pelo contrário, **em todos os seus problemas, o próprio resultado é conhecido de antemão em seus pormenores**. O esforço não tem por finalidade desvendar o desconhecido, mas de obter o conhecido. Em vez de se assemelhar a uma exploração, a investigação normal apresenta-se antes como o esforço de juntar um cubo mágico cujo aspecto final é conhecido desde o princípio.

Por exemplo, nenhum cientista que aceitasse o paradigma de Franklin poderia duvidar da existência de uma lei de atração entre partículas minúsculas de eletricidade, e era razoável supor que essa lei se poderia exprimir por uma relação algébrica simples. Alguns deles previam que teria mesmo de ser uma lei envolvendo o inverso do quadrado da distância.

O que é um paradigma? (III) (o cientista normal como solucionador de quebra-cabeças)

Não há dúvidas de que os problemas pelos quais o praticante da ciência madura normalmente se interessa pressupõem a adesão profunda a um paradigma, pois:

- o paradigma fornece ao cientista as **regras do jogo**, descreve as peças com que se deve jogar e indica o objetivo que se pretende alcançar;
- qualquer falha, deve ser creditada à falta de habilidade do cientista, pois **as regras fornecidas pelo paradigma não podem ser postas em questão**, uma vez que sem essas regras nem haveria quebra-cabeças a ser resolvido;
- e essa adesão não deve ser abandonada com facilidade, pois é muito fácil observar que os **esforços repetidos**, quer do indivíduo, quer do grupo profissional, acabam finalmente por produzir, dentro do âmbito do paradigma, uma solução mesmo para os problemas mais difíceis.

As vantagens do dogmatismo científico:

A natureza é demasiado complexa para ser explorada ao acaso mesmo de maneira aproximada.

Tem que existir algo que diga ao cientista **onde procurar e por que procurar**, e esse algo – que pode muito bem não durar mais que uma geração – é o paradigma que lhe foi fornecido com a sua educação de cientista.

Em virtude desse paradigma e da necessária confiança nele, o cientista em grande parte deixa de ser um explorador, ou pelo menos de ser um explorador do desconhecido. Em vez disso, ele luta por **articular e concretizar o conhecido**, e esse objetivo específico leva-o a conceber diversos aparelhos e variadas versões da teoria.

Desses quebra-cabeças que o levam a projetar e a adaptar, ele tira o seu prazer. A menos que tenha uma sorte extraordinária, é do êxito em resolver os quebra-cabeças que irá depender a sua reputação.

A redução do foco como condição para o conhecimento

A tarefa em que o cientista está empenhado caracteriza-se, a dada altura, e inevitavelmente, por uma visão drasticamente reduzida.

Mas dentro do campo para que está focada a sua visão o esforço continuado para ajustar os paradigmas à natureza produz um conhecimento e uma compreensão de pormenores esotéricos que não poderiam ter sido alcançados de nenhuma outra maneira.

O inelutável fracasso da ciência normal

- Uma das grandes virtudes da adesão a paradigmas consiste em que ela liberta os cientistas para que possam se ocupar com os pequenos quebra-cabeças;
- porém, essa imagem da investigação científica como resolução de quebra-cabeças ou ajustamento de paradigmas deve estar, em última análise, bastante incompleta, pois: (i) embora o cientista possa não ser um explorador, os cientistas estão sempre **descobrendo tipos novos e inesperados de fenômenos**, e (ii) embora o cientista não se esforce normalmente por inventar **novos tipos de teorias fundamentais**, tais teorias com frequência têm surgido da prática continuada da investigação.

- Mas nenhuma inovação desse gênero apareceria se a atividade a que chamei de ciência normal tivesse sempre êxito;
- a alteração das regras do jogo é algo a que os cientistas resistem por sua **conotação intrinsecamente subversiva**;
- ocorre, entretanto, que esse elemento subversivo é justamente o aspecto mais destacado de inovações teóricas de grande importância como as associadas aos nomes de Copérnico, Lavoisier ou Einstein;
- o que se segue é que, se a atividade normal de solucionar quebra-cabeças tivesse sempre êxito, o desenvolvimento da ciência não poderia conduzir a nenhum tipo de inovação fundamental.

Mais vantagens do dogmatismo científico: o reconhecimento e o isolamento de uma anomalia

O praticante de uma ciência madura sabe com precisão razoável a que tipo de resultado pode chegar com a sua investigação. Em consequência disso, está em posição especialmente favorável para detectar **um problema de investigação que saia do esperado**.

Um reconhecimento dessa natureza é **precondição para quase todas as descobertas de novos tipos de fenômenos e para todas as inovações fundamentais da teoria científica**.

Depois que um primeiro paradigma foi alcançado, uma quebra nas regras do jogo preestabelecido é o prelúdio habitual para uma inovação científica importante.

As descobertas

- Trata-se de acontecimentos ou propriedades que não poderiam ter sido antecipados por extrapolação do conhecido; de certa maneira, ocorrem "por acidente";
- mas o acidente de onde elas surgiram não poderia ter ocorrido a uma pessoa qualquer que simplesmente estivesse olhando ao redor;
- nas ciências maduras, a descoberta requer equipamento muito especializado, que foi constantemente desenvolvido e aplicado com o fim de resolver os quebra-cabeças da investigação normal;
- a descoberta aparece quando esse equipamento deixa de funcionar da forma como deveria.

- Além disso, como falhas temporárias de várias espécies ocorrem em quase todos os projetos de investigação, a descoberta surge só quando o fracasso é particularmente persistente ou espetacular ou quando pareça pôr em questão convicções, e maneiras de proceder aceitas.

Os paradigmas estabelecidos são, portanto, muitas vezes duplamente precondições para descobertas:

1. sem eles o projeto que **sai do esperado** nunca poderia ter sido iniciado;
2. mesmo depois que o projeto saiu do esperado, como acontece com a maior parte deles durante algum tempo, o paradigma pode ajudar a determinar **se o fracasso merece mais investigação**.

As invenções teóricas

- numa ciência madura, todos os fatos cuja relevância é aceita ajustam-se à teoria existente ou estão em via de se ajustarem, e o processo de aperfeiçoar esse ajuste dá origem à maioria dos problemas padrões da ciência normal;
- porém, nem sempre esse processo obtém o êxito esperado e, quando nenhum esforço parece ser suficiente para reverter esse quadro, a comunidade científica depara com uma CRISE;
- a crise consiste no reconhecimento de que algo está fundamentalmente errado na teoria com a qual trabalham;
- os cientistas reagirão a esse reconhecimento empenhando-se em articular uma teoria mais fundamental do que as que eram admitidas antes;
- também começarão mais ou menos ao acaso experiências na zona da dificuldade, na esperança de descobrir algum efeito que sugira um modo de esclarecer a situação;

- unicamente em circunstâncias como essa uma inovação fundamental na teoria científica não somente será inventada, como também será aceita.

As novas teorias surgem do trabalho conduzido de acordo com as velhas teorias, e isso só acontece quando se observa alguma coisa que não está andando bem.

O prelúdio ao seu aparecimento é uma anomalia amplamente conhecida, e tal conhecimento só pode existir em um grupo que sabe muito bem o que aconteceria se as coisas houvesse seguido o caminho "certo" (isto é, esperado).

A tensão essencial

a investigação susceptível de ter êxito requer uma adesão profunda ao *statu quo*;

a inovação continua a ocupar uma posição central;

os cientistas são treinados para funcionar como solucionadores de quebra-cabeças dentro de regras estabelecidas.

os cientistas são ensinados a se enxergar como exploradores e inventores que não conhecem outras regras além das ditadas pela natureza

Quase ninguém, talvez mesmo ninguém, precisa de ser informado de que a vitalidade da ciência depende da continuidade nas inovações que abalem as tradições.

Mas, aparentemente em conflito, a dependência da investigação de uma profunda adesão a instrumentalidades e convicções estabelecidas recebe o mínimo possível de atenção.

Pressiono para que lhe seja dada mais atenção. Até que isso aconteça, algumas das características mais importantes da educação científica e do desenvolvimento da ciência continuarão a ser extremamente difíceis de compreender.