

CURRÍCULOS DE NÍVEL ELEVADO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA E LITERACIA CIENTÍFICA

Ana Maria Morais

Isabel Pestana Neves

Instituto de Educação, Universidade de Lisboa

Leonor Saraiva

Escola Superior de Educação, IPS / IE, UL

Sílvia Ferreira

CNE / EBI do Carregado / IE, UL

2 . MARÇO . 2015

**CONCEPTUALIZAÇÃO
DA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA:
FUNDAMENTOS E MODELOS DE ANÁLISE**

FUNDAMENTOS



“Eu creio que continua a existir uma ignorância geral acerca de como a ciência é feita. Isto não significa que toda a ciência seja feita da mesma maneira... Os estilos de investigação científica variam quase tanto como a personalidade dos investigadores.”

Watson, 1987

“A ciência, ensinada meramente como um assunto técnico ou uma ‘retórica de conclusões’, não faz justiça quer à própria ciência quer à educação.”

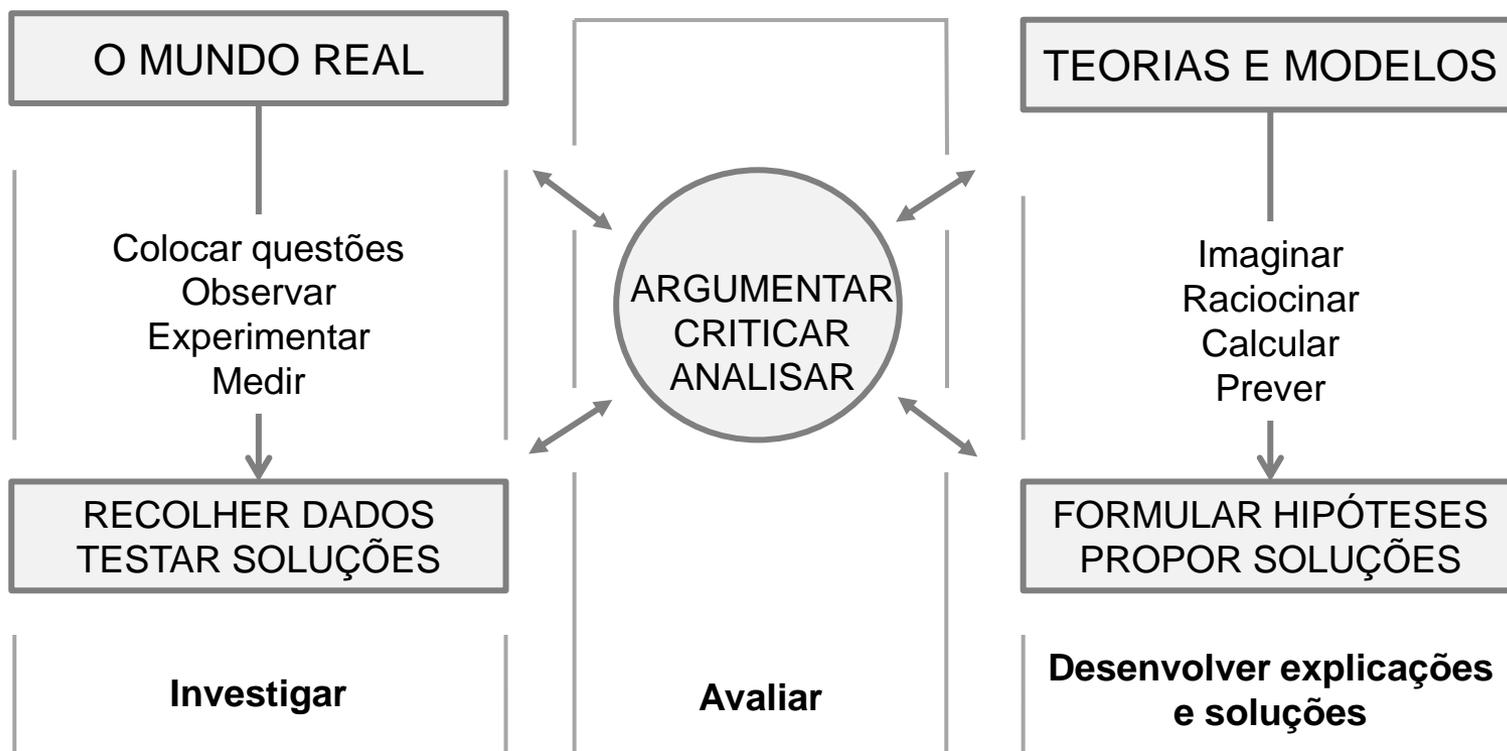
Matthews, 2009

“Deve ser feito um esforço considerável para a compreensão das questões envolvendo a atividade científica para bem da ciência em si mesma e dos cidadãos em geral.”

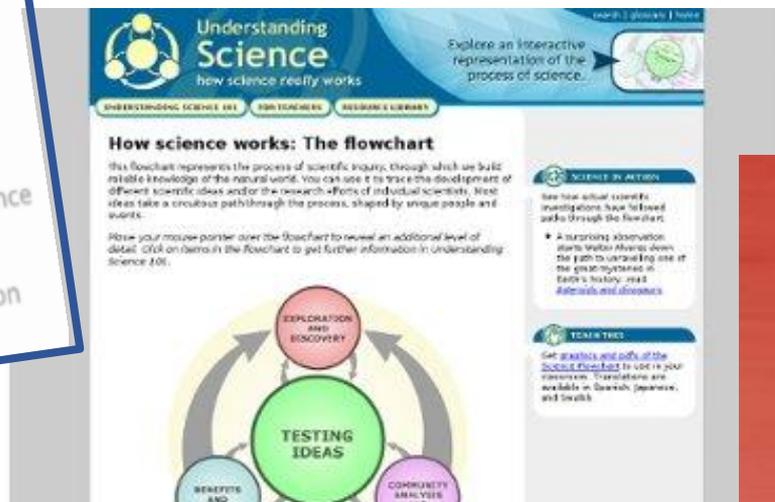
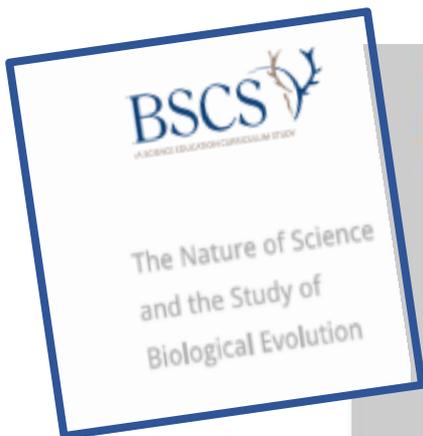
Caraça, 2004

A 'natureza da ciência' continua a ser defendida como um dos objetivos da educação científica por diversas organizações.

(ex., AAAS, 1989, 1993; NRC, 1996, 2012; CE, 2007; OCDE/PISA, 2009)



A natureza da ciência nos currículos



ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO

Volume 1: Linguagem, Códigos e suas Tecnologias
Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
Volume 3: Ciências Humanas e suas Tecnologias

Jointly prepared by the Curriculum Development Council and The Hong Kong Examinations and Assessment Authority

Recommended for use in schools by the Education Bureau HKSARG

2007 (with updates in January 2014)

Students are also expected to appreciate the evidence-based, developmental and falsifiable **nature of science**.

Investigative studies are inquiry-oriented activities to provide students with direct exposure to experiences that reinforce the **inquiry nature of science**.

Contextualização sócio-cultural

Ciência e tecnologia na história

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea

Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade

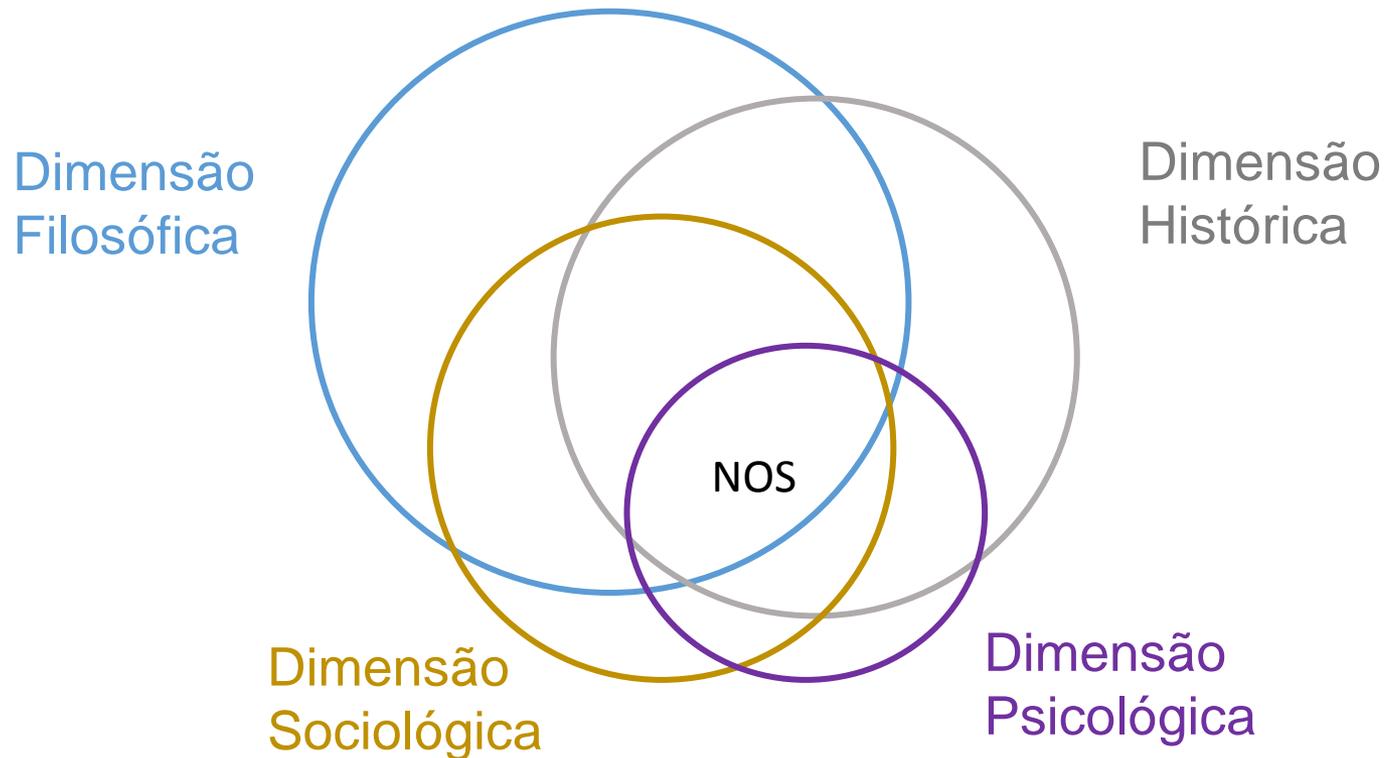
Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania

Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.

A 'natureza da ciência' nos currículos

Estatuto relativo das dimensões de análise da natureza da ciência



McComas & Olson, 1998 (adaptado)

De que se fala, quando se fala da ‘natureza da ciência’?

“A expressão ‘**natureza da ciência**’ é usada para descrever a interseção de assuntos relacionados com a filosofia, história, sociologia e psicologia da ciência no modo como se aplicam e potencialmente influenciam o ensino e aprendizagem da ciência. Como tal, a natureza da ciência é um domínio fundamental para guiar os educadores de ciência na representação cuidada da ciência aos alunos”.

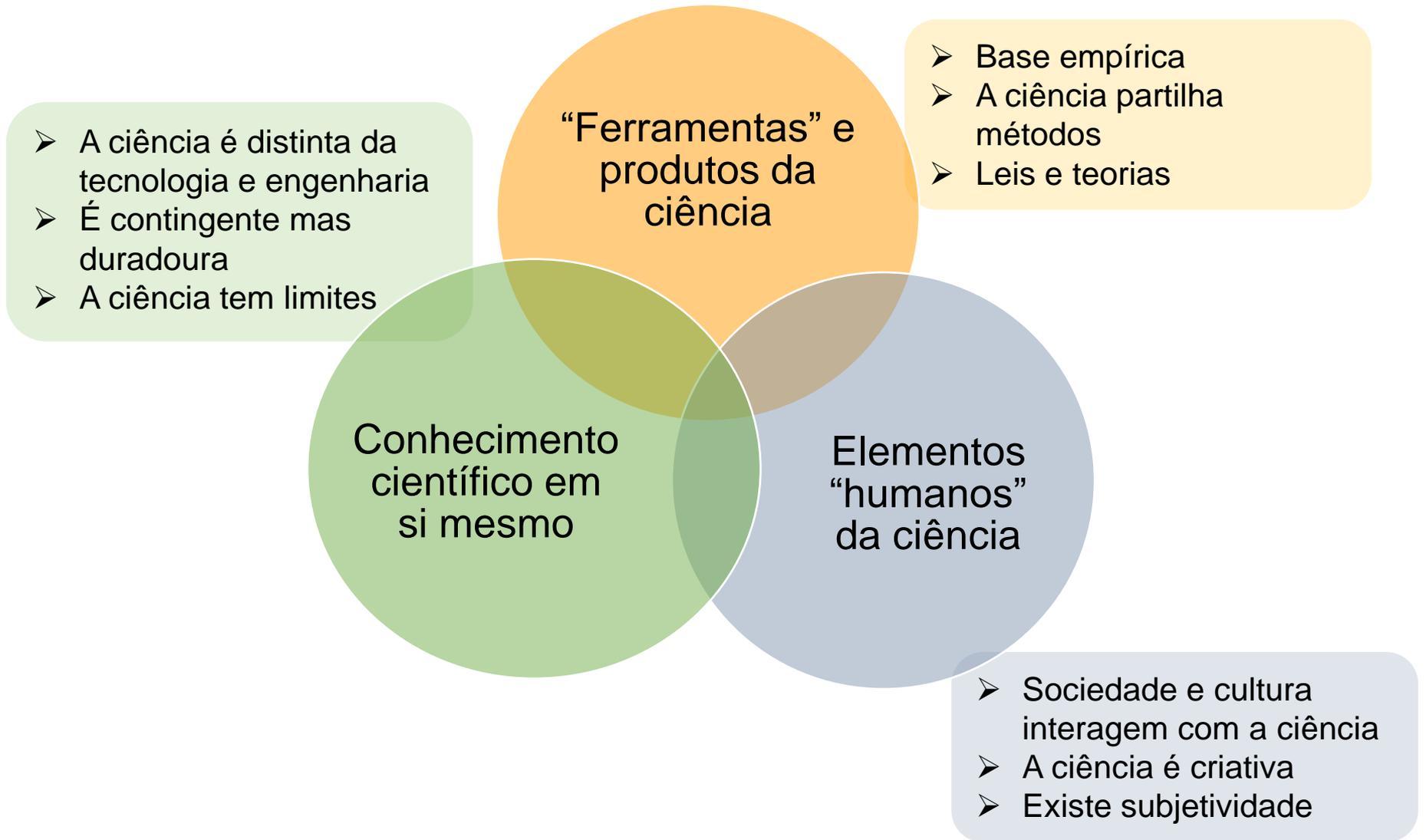
McComas, Clough & Almazroa, 1998

De que se fala, quando se fala da ‘natureza da ciência’?

“Tipicamente, a ‘natureza da ciência’ refere-se à epistemologia e sociologia da ciência, à ciência como um modo de adquirir conhecimento, ou os valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento” [...]

Os sete elementos da natureza da ciência: 1- A natureza empírica da ciência; 2- As leis e teorias científicas; 3- A natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico; 4- A natureza do conhecimento científico de base teórica; 5- O conhecimento científico está integrado na cultura e na sociedade; 6- O mito do “método científico”; 7- A natureza contingente do conhecimento científico.”

Lederman, Abd-el-Khalick, Bell & Schwartz, 2002



Porquê ensinar sobre a ‘natureza da ciência’?

Duschl & Grandy defendem que o ensino da ‘natureza da ciência’ deve assentar na experiência dos alunos em ‘construir e refinar práticas científicas baseadas em modelos’ [...] e no desenvolvimento de práticas epistêmicas, cognitivas e sociais que os cientistas e os alunos de ciências usam quando geram e avaliam evidências, explicações e conhecimentos científicos e quando criticam e comunicam ideias e informações científicas’. E esta é uma forma de promover a *literacia científica*.

Duschl & Grandy, 2012

Porquê ensinar sobre ‘natureza da ciência’?

Todos os documentos de reforma da educação científica afirmam que a promoção da *literacia científica* exige a atenção para a natureza da ciência. Um cidadão cientificamente “literato” deve compreender o que é a ciência, como funciona, as suas limitações, a distinção entre ciência e tecnologia e o modo como se relacionam e como a ciência influencia e é influenciada pela sociedade.

Clough, Olson & Niederhauser, 2013

Porquê ensinar sobre ‘natureza da ciência’?

A compreensão sobre a natureza da ciência tem sido encarada por diversos autores como um dos objetivos centrais no quadro atual do ensino/aprendizagem das ciências e tem recebido também uma atenção renovada como componente fundamental da *literacia científica*.

(ex., Lederman, 2007; Lederman et al., 2012; Matthews, 2009, 2012)

O que é a literacia científica ?

Segundo Roberts, existem diversas tipologias sobre a literacia científica num *continuum* entre dois extremos. Num dos extremos pressupõe-se que os alunos compreendam um assunto como um cientista faria [A ciência como *inquiry*] [...], correndo o risco de incluir material orientado para situações tradicionais apenas como fonte de motivação para os estudantes. No outro extremo, pressupõe-se que o ensino das ciências se processa através de um único contexto: “as perspetivas pessoais e sociais da ciência”.

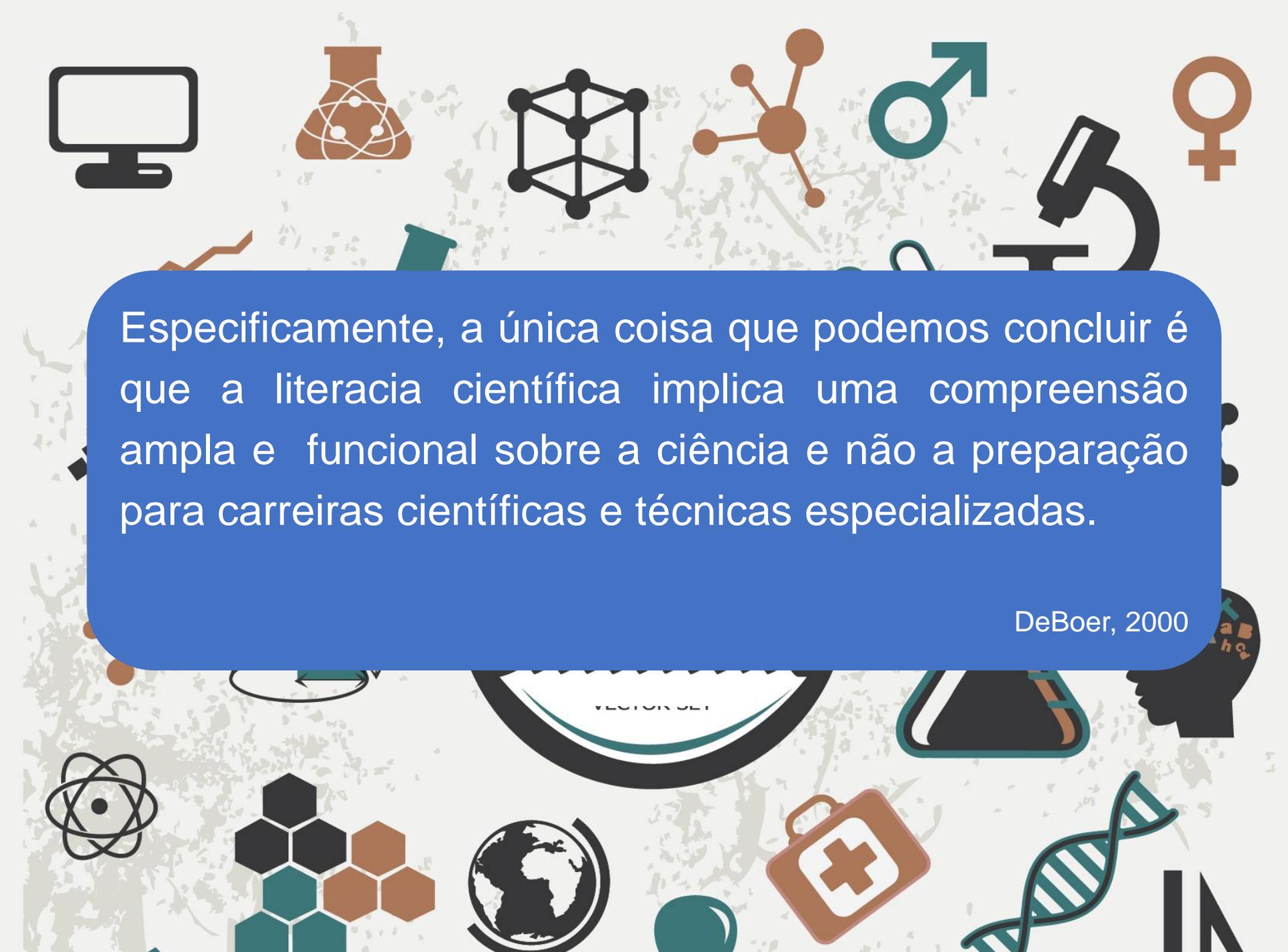
Roberts, 2007

O que é a literacia científica?

“Em termos individuais, a literacia científica é:

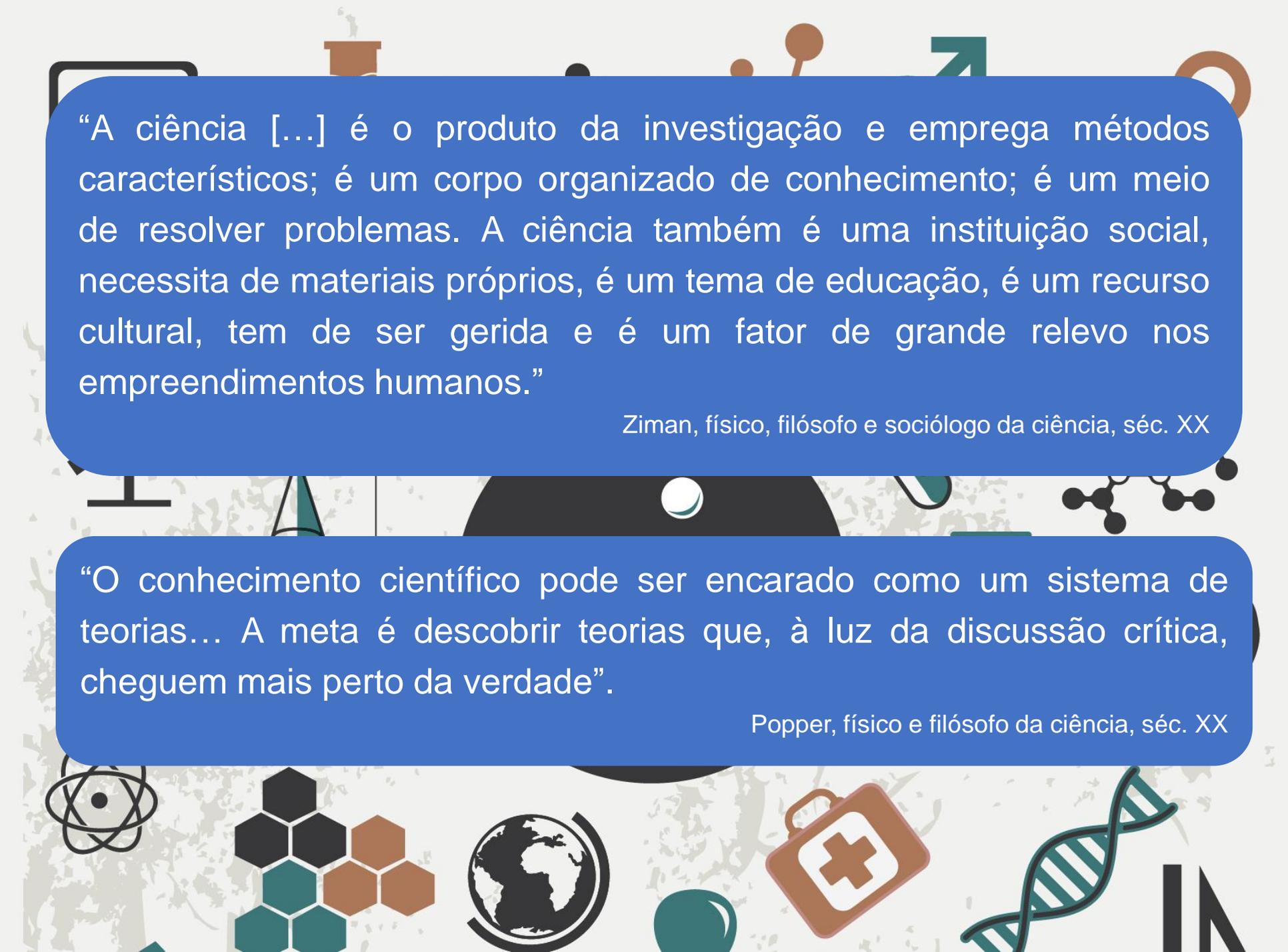
-  Possuir conhecimento científico e usá-lo para identificar problemas, adquirir novos conhecimentos, explicar fenómenos científicos e concluir baseado em evidências científicas;
-  Compreender os aspetos característicos da ciência como uma forma de conhecimento humano e investigação;
-  Reconhecer o modo como a ciência e a tecnologia modelam o nosso meio cultural, material e intelectual;
-  Ter disponibilidade para se envolver como um cidadão reflexivo nas questões relacionadas com a ciência e as ideias científicas”.

OCDE/PISA, 2009



Especificamente, a única coisa que podemos concluir é que a literacia científica implica uma compreensão ampla e funcional sobre a ciência e não a preparação para carreiras científicas e técnicas especializadas.

DeBoer, 2000



“A ciência [...] é o produto da investigação e emprega métodos característicos; é um corpo organizado de conhecimento; é um meio de resolver problemas. A ciência também é uma instituição social, necessita de materiais próprios, é um tema de educação, é um recurso cultural, tem de ser gerida e é um fator de grande relevo nos empreendimentos humanos.”

Ziman, físico, filósofo e sociólogo da ciência, séc. XX

“O conhecimento científico pode ser encarado como um sistema de teorias... A meta é descobrir teorias que, à luz da discussão crítica, cheguem mais perto da verdade”.

Popper, físico e filósofo da ciência, séc. XX



“A ciência não é fácil, é competitiva, nem toda a gente é capaz de fazer bem ciência, mas o prazer de estar na fronteira entre o conhecido e o desconhecido e perceber como é que os mecanismos funcionam é das coisas mais fabulosas que existe. É das áreas que mais mistério trazem às pessoas”.

Alexandre Quintanilha, biofísico, séc. XXI



Como é que a ciência se constrói?

A partir do final do século XIX, com a emergência de novas áreas do conhecimento, da crescente especialização da ciência e da tecnologia e da progressiva complexidade das relações entre a ciência e a sociedade, a **construção da ciência** e as características do trabalho científico foram e continuam a ser objeto de debates epistemológicos.

“Durante o processo de desenvolvimento [tecnológico], os grupos que trabalham numa tecnologia têm igualmente de se por à prova a si mesmos e mostrar continuamente a sua capacidade ao público. Aqueles grupos que dispõem de melhores recursos (maior potencial humano, etc.) podem ganhar o concurso por serem capazes de exibir a sua tecnologia da melhor forma”.

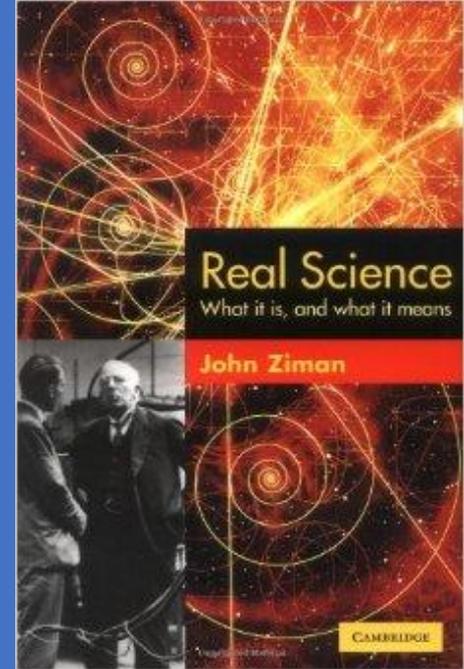
Knorr-Cetina, socióloga da ciência, séc. XX

Como é que a ciência se constrói?

“Antes de tudo o mais, a ciência é obra de indivíduos colaborando com outros indivíduos. [...]. Se assim é, como se obtém e se garante a objetividade, ou seja, uma ciência que será a mesma para todos porque se impõe da mesma maneira a todos? A história das ciências torna patente que a objetividade não é dada mas conquistada [...], que ela nunca é total e constitui a resultante de um conjunto de fatores que não são todos interiores ao trabalho científico”.

Gil, filósofo de ciência, séc. XX

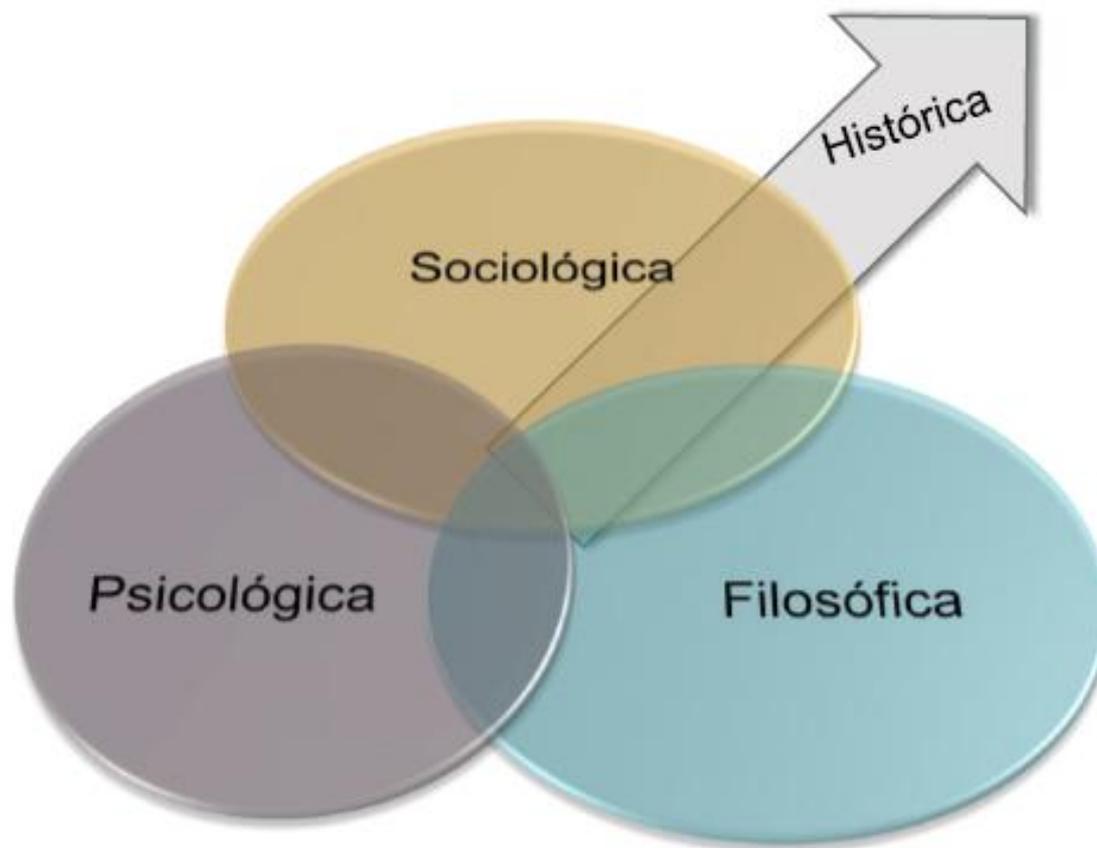
“Ciência em ação é investigação... a ciência pode ser definida como um inquérito sistemático cada vez mais profundo e normalmente direcionado para a resolução de problemas de forma cada vez mais sofisticada e poderosa”.



“A concepção de ciência é demasiado complexa para poder ser descrita por uma qualquer ‘definição’ formal, correndo-se o risco de ignorar alguns dos seus aspetos significativos, pela dificuldade em agregar as perspetivas filosóficas, psicológicas e sociais que a caracterizam”.

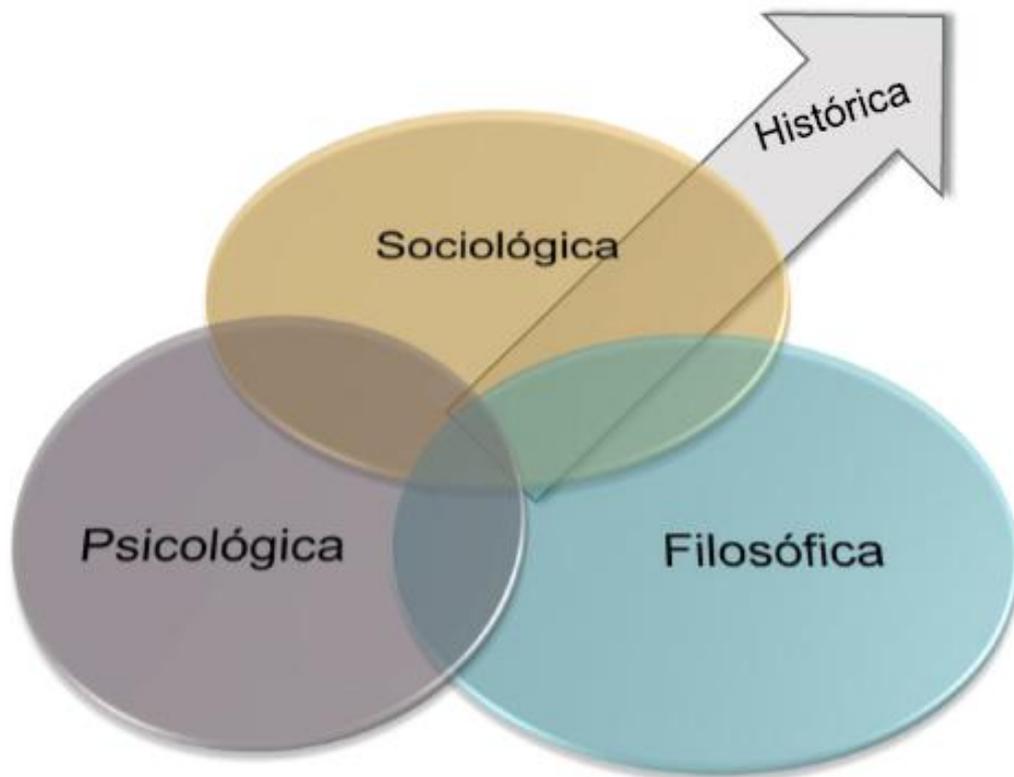
Modelo de construção da ciência

Dimensões de construção da ciência



Ziman, 1984, 2000 (adaptado)

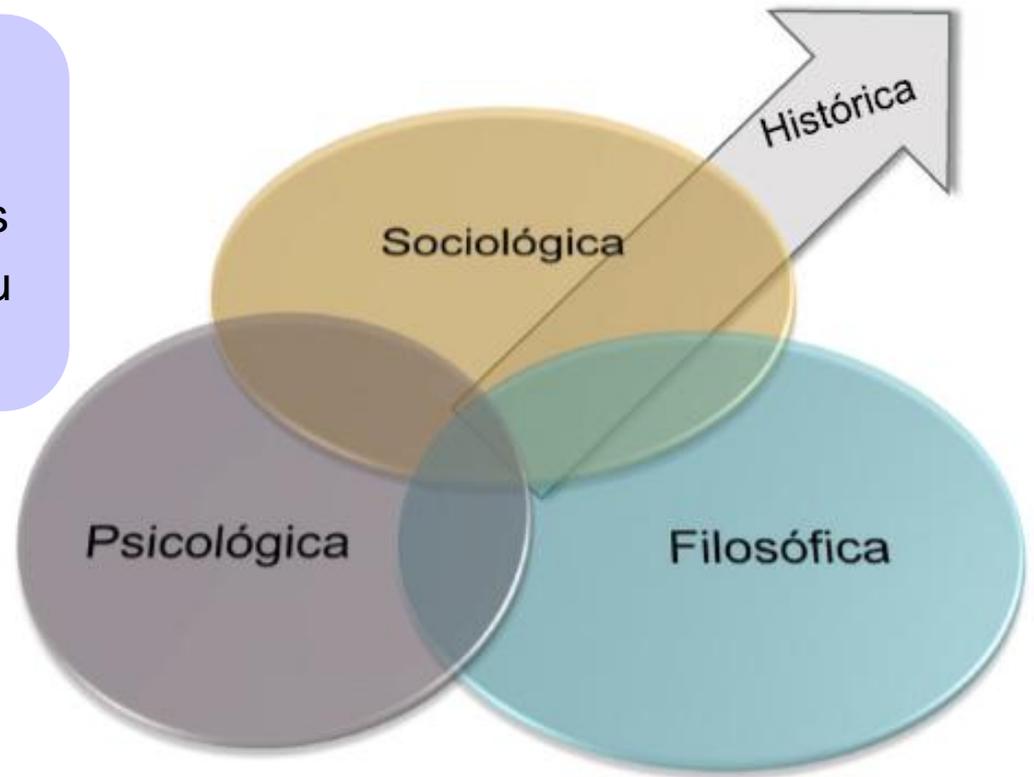
Dimensão filosófica



A **dimensão filosófica (DF)** caracteriza a ciência no seu aspecto dinâmico e dá ênfase aos processos investigativos de trabalho, usados pelos cientistas, como elementos de metodologias próprias (ex., a observação, a experimentação, a teorização) destinadas a obter informação fidedigna (confiável) acerca do mundo natural.

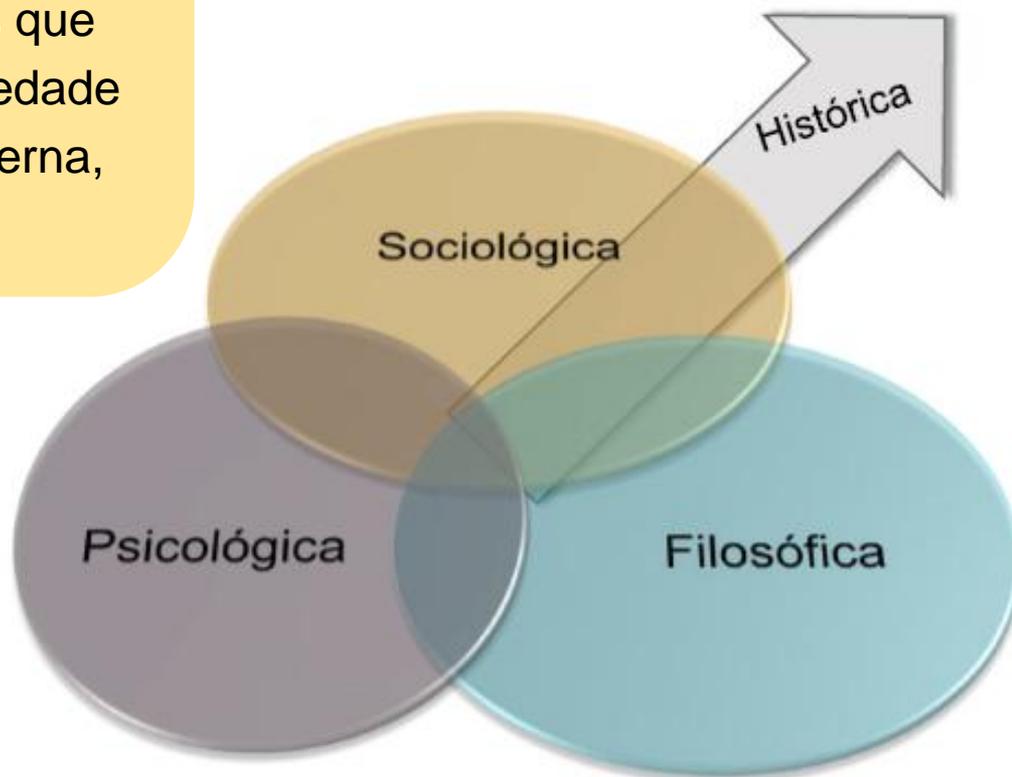
Dimensão psicológica

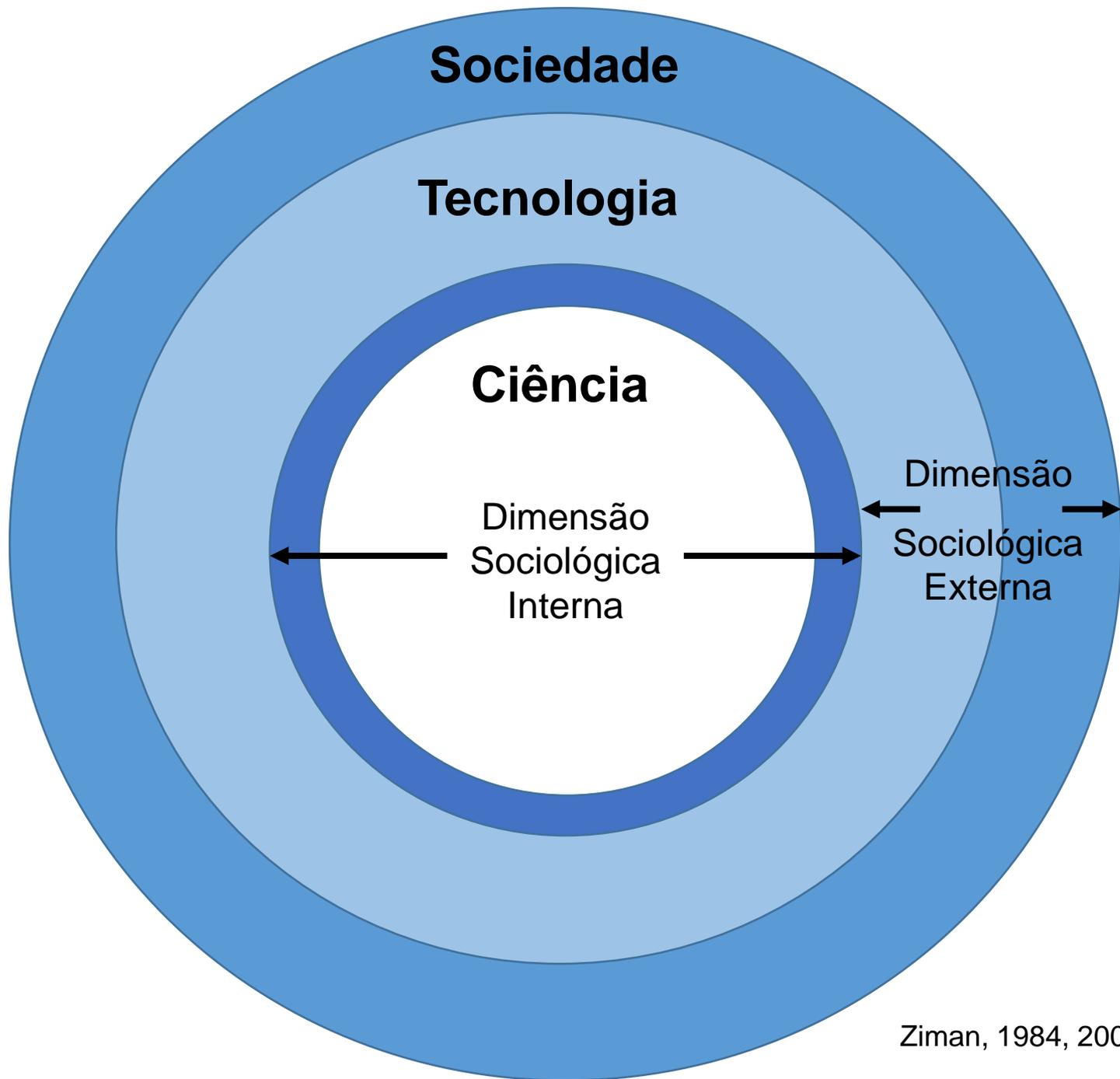
A **dimensão psicológica (DP)** da ciência refere-se às características psicológicas dos cientistas que influenciam o seu trabalho.



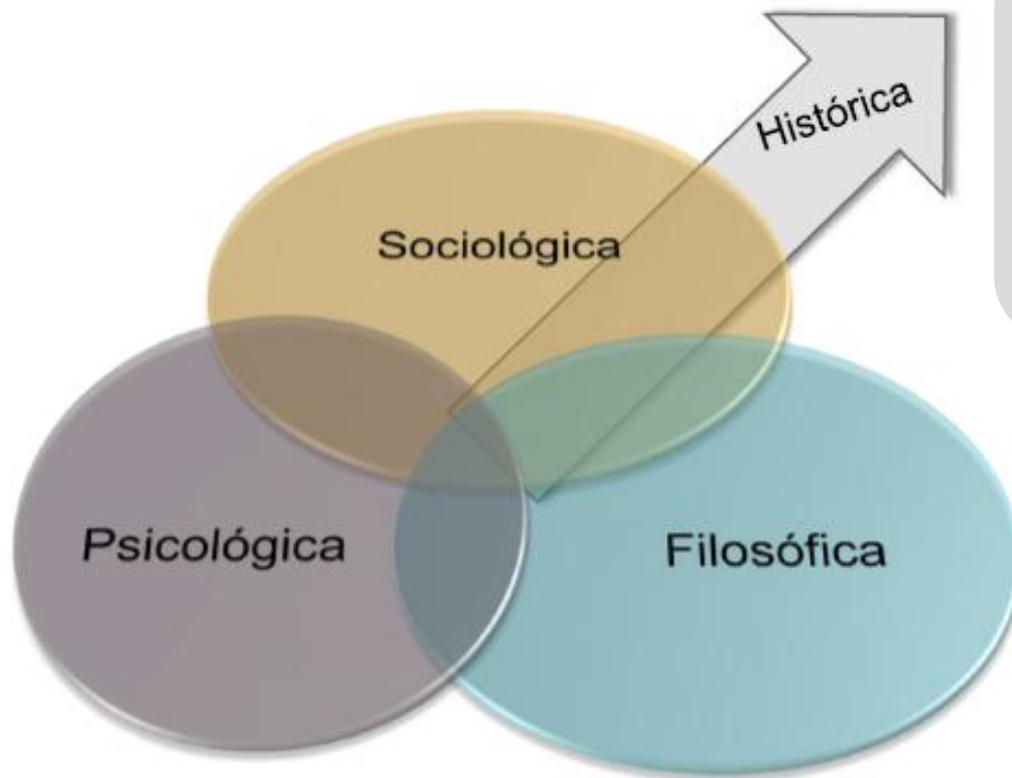
Dimensão sociológica

A **dimensão sociológica** refere-se às relações entre os membros da comunidade científica (sociologia interna, DSI) e às inter-relações que estabelecem com a sociedade em geral (sociologia externa, DSE).



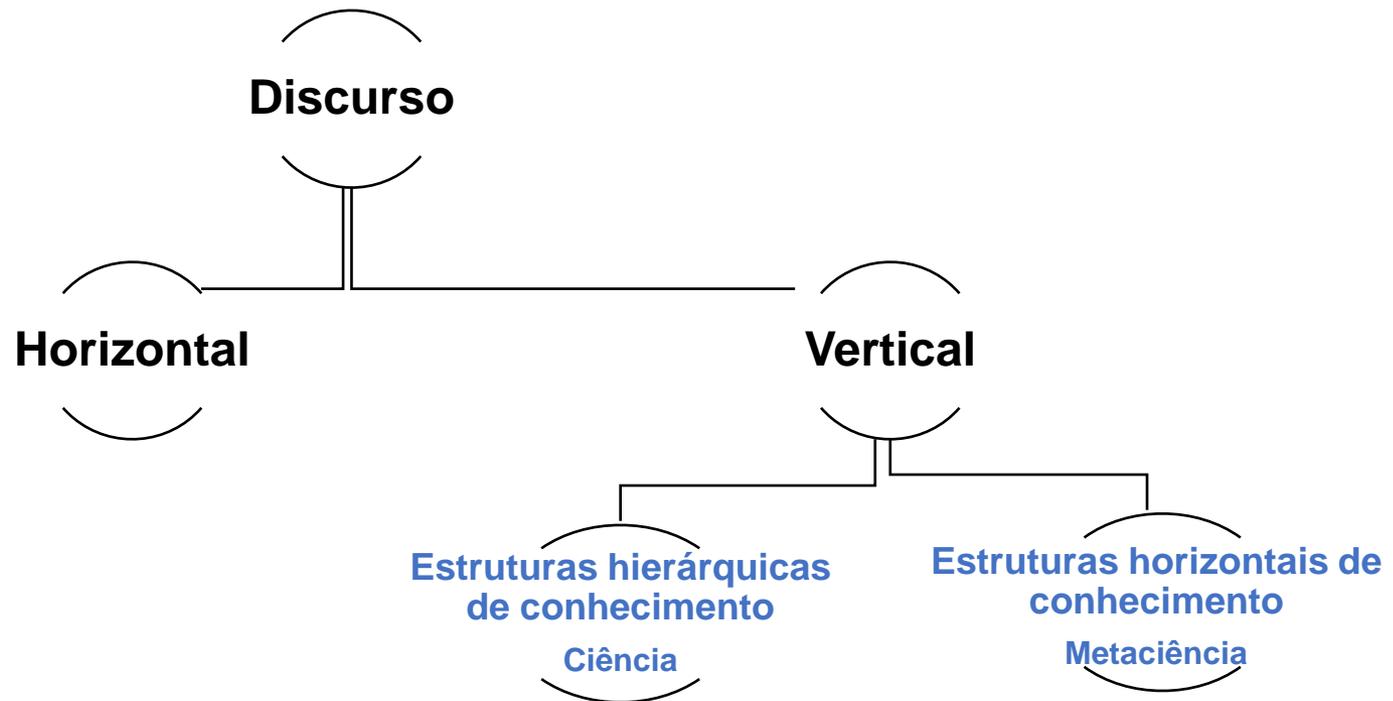


Dimensão histórica



A **dimensão histórica (DH)** realça o caráter de “arquivo” da ciência e confere-lhe uma perspectiva de atividade dinâmica que progride ao longo do tempo.

Estruturas de conhecimento



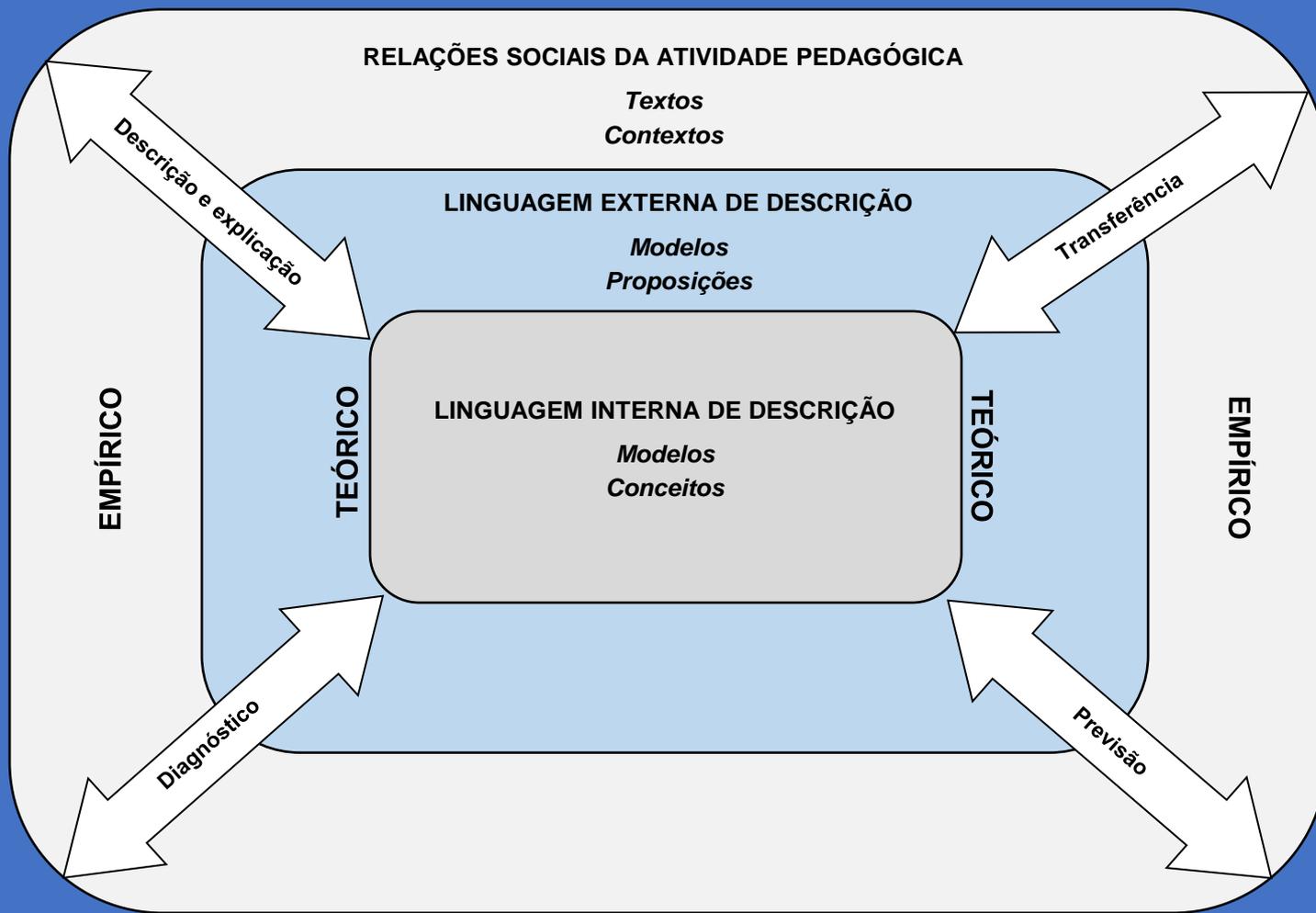
Bernstein, 1999 (adaptado)

Ensino da construção da ciência

O ensino da construção da ciência implica um posicionamento “duplo” dos professores de ciências; ao nível de o *que* ensinar, têm de lidar, desejavelmente em harmonia, com um *que* com uma estrutura hierárquica (ciência) e com um *que* caracterizado por ter uma estrutura horizontal (metaciência).

A estrutura horizontal do conhecimento metacientífico, sendo diferente da estrutura hierárquica do conhecimento científico, poderá levantar dificuldades de operacionalização aos professores de ciências, socializados em estruturas hierárquicas (disciplinas científicas) do conhecimento durante a sua formação académica.

(ex., Morais & Neves, 2012)

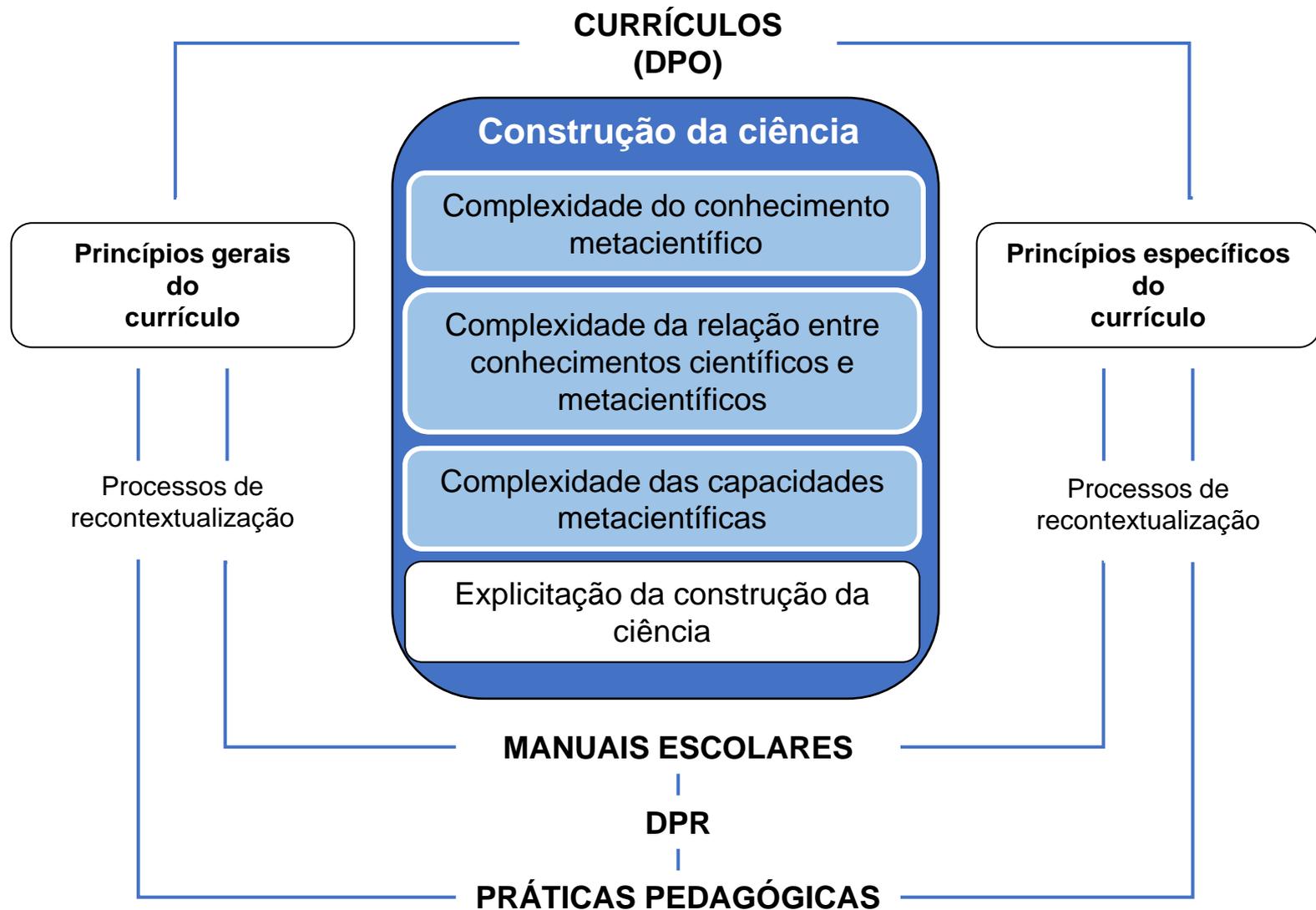


CONCEPTUALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA: FUNDAMENTOS E MODELOS DE ANÁLISE

MODELOS DE ANÁLISE

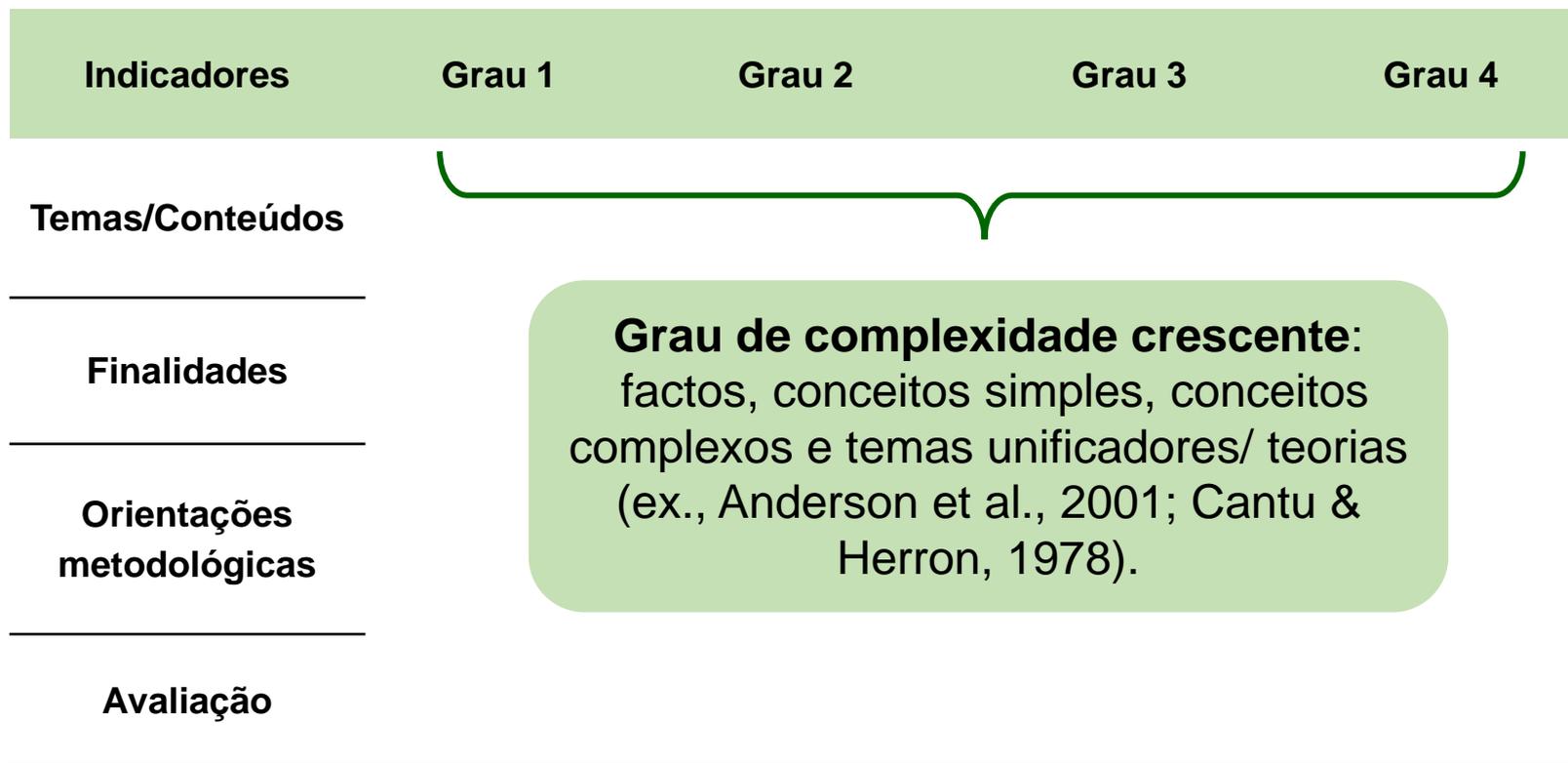


Construção da ciência e investigação no contexto educacional das ciências



Análise da construção da ciência

Conhecimentos metacientíficos



Castro, 2015
Ferreira & Morais, 2014

Análise da construção da ciência

Conhecimentos metacientíficos

Dimensão filosófica*

Grau 0	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4
Não são referidos conhecimentos metacientíficos relativos à dimensão filosófica da ciência.	São referidos conhecimentos metacientíficos de natureza factual relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a informação concreta, observável ou perceptível.	São referidos conhecimentos metacientíficos simples relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a conceitos simples , com um nível de abstração baixo e características facilmente perceptíveis.	São referidos conhecimentos metacientíficos complexos relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a conceitos complexos , com um nível de abstração alto e características não perceptíveis.	São referidos conhecimentos metacientíficos complexos relativos à dimensão filosófica da ciência correspondentes a temas unificadores ou ideias estruturantes e teorias .

* Os instrumentos elaborados para as outras dimensões da construção da ciência – histórica, psicológica e sociológica (interna e externa) – contêm descritores semelhantes, adaptados às respetivas dimensões.

Conhecimentos metacientíficos

A pesquisa de informação sobre o trabalho de cientistas que contribuíram para o conhecimento do organismo humano e para o desenvolvimento de procedimentos médicos e cirúrgicos (Harvey, Pasteur, Egas Moniz, entre outros) pode contribuir para o reconhecimento da Ciência como uma atividade humana influenciada por fatores sociais.

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.36)

**Grau 2
DH
DSE**

- A história da ciência engloba uma sucessão de descobertas e de novos métodos (DH).
- A investigação científica, bem como a produção de conhecimentos e previsões científicas tem repercussões na sociedade e/ou no ambiente/espécie humana (DSE).
- A sociedade exerce pressão sobre a ciência, no sentido de esta desenvolver novo conhecimento em resposta aos seus problemas (DSE).

Conhecimentos metacientíficos

[...] a interação Ciência – Tecnologia – Sociedade - Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos. [...] Esta vertente assume um sentido duplo no contexto da aprendizagem científica [...] através da compreensão das potencialidades e limites da Ciência e das suas aplicações tecnológicas na Sociedade. Por outro lado, permite uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra [...].

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.9)

**Grau 4
DSE**

- Existe um ciclo C-T-S que compreende as relações biunívocas que se estabelecem entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade – relação C-T-S (DSE).

Conhecimentos metacientíficos

No início da década de 50 do século XX, o microscópio eletrónico permitiu a observação da ultraestrutura de membranas, que surge formada por duas zonas escuras separadas por uma banda clara.

(Manual de Biologia e Geologia, 10º ano, p.53)

**Grau 1
DSE**

As explicações consideradas inserem-se numa linha de pensamento catastrofista.

Para alguns cientistas, o desaparecimento dos dinossauros dever-se-ia à queda de um meteorito, cuja cratera de impacto estaria situada junto ao golfo do México. [...]

No entanto, outros cientistas, nomeadamente os paleontólogos, afirmam que não é preciso recorrer a estas explicações catastróficas para explicar a extinção dos dinossauros. [...]

(Manual de Biologia e Geologia, 10º ano, pp.45-46)

**Grau 4
DF**

Conhecimentos metacientíficos

Investigações posteriores vieram apoiar as conclusões de Engelmann, permitindo estabelecer com mais rigor uma correlação entre o espectro de absorção dos pigmentos fotossintéticos e o espectro de ação da fotossíntese.

(Manual de Biologia e Geologia, 10º ano, p.75)

**Grau 2
DF**

O conhecimento dos componentes químicos das membranas e do comportamento desses constituintes no seio da água foi relevante para os cientistas admitirem modelos sobre a arquitetura dessa formação celular muito antes de ser observada ao microscópio eletrónico.

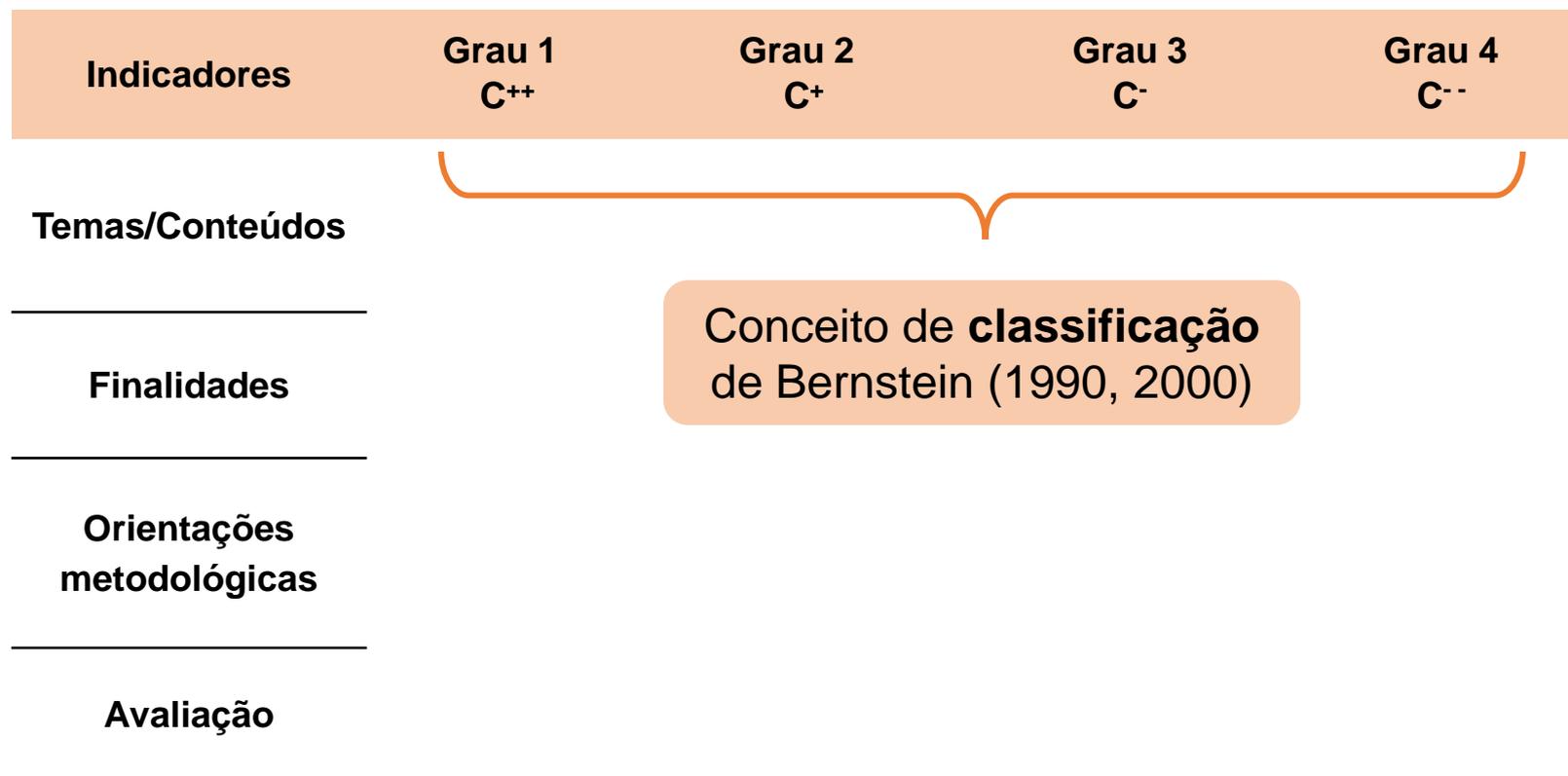
(Manual de Biologia e Geologia, 10º ano, p.52)

**Grau 3
DF**

Castro, 2015

Análise da construção da ciência

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos



Castro, 2015
Ferreira & Morais, 2014

Análise da construção da ciência

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos

Grau 1 C ⁺⁺	Grau 2 C ⁺	Grau 3 C ⁻	Grau 4 C ⁻⁻
Contemplam a aquisição apenas de conhecimentos de natureza científica .	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica , mas não a relação entre estes e os conhecimentos de natureza científica.	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica e também relações entre estes e os conhecimentos de natureza científica, sendo conferido a estes últimos maior estatuto nessa relação.	Contemplam a aquisição de conhecimentos de natureza metacientífica e também relações entre estes e os conhecimentos de natureza científica, sendo conferido a estes dois tipos de conhecimentos igual estatuto nessa relação.

Castro, 2015
Ferreira & Morais, 2014 (adaptado)

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos

A questão ‘Como interagem os seres vivos com o ambiente?’ pressupõe que os alunos compreendam que do ambiente fazem parte não só as condições físico-químicas, mas também todos os fatores que interatuam com os seres vivos em causa – fatores abióticos e bióticos.

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.23)

Grau 1
C++

A vivência de situações diferenciadas em sala de aula, a discussão de assuntos controversos, a condução de investigação pelos alunos, o envolvimento em projetos interdisciplinares (realizações que implicam a seleção de informação e comunicação de resultados) conduzem, de uma forma mais completa, à compreensão do que é a Ciência.

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.8)

Grau 4
C--

Ferreira & Morais, 2014

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos

Relacionar as estruturas respiratórias dos animais com a sua complexidade e adaptação ao meio.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.85)

Grau 1
C++

Assim, no final do 11º ano, espera-se que os alunos se tenham apropriado dos conceitos fundamentais inerentes aos sistemas vivos que constituem, afinal, o objeto de estudo da Biologia; deseja-se que tenham reforçado algumas capacidades e competências próprias das ciências, em particular da Biologia [...].

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.66)

Grau 4
C--

Relação entre conhecimentos científicos e metacientíficos

Valorização do registo sistemático de dados durante os trabalhos de campo.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.85)

Grau 2
C+

Relembrar os organitos celulares utilizando esquemas e referir a mitocôndria como organito indispensável ao processo de respiração aeróbia. Explorar o facto destes organitos não terem sido observados em trabalhos práticos anteriores e discutir a necessidade de recorrer a outros instrumentos óticos com maior poder de resolução e de ampliação que serão, eventualmente, alvo de ulteriores estudos.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.6)

Grau 3
C-

Análise da construção da ciência

Capacidades metacientíficas

Indicadores	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5	Grau 6
Temas/ Conteúdos	 <p>Grau de complexidade de acordo com a Taxonomia revista de Bloom</p>					
Finalidades						
Orientações metodológicas						
Avaliação						

Castro, 2015

Análise da construção da ciência

Capacidades metacientíficas

Dimensão filosófica*

Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5	Grau 6
São referidas capacidades, ao nível da categoria memorizar , relativas à DF.	São referidas capacidades, ao nível da categoria compreender , relativas à DF.	São referidas capacidades, ao nível da categoria aplicar , relativas à DF.	São referidas capacidades, ao nível da categoria analisar , relativas à DF.	São referidas capacidades, ao nível da categoria avaliar , relativas à DF.	São referidas capacidades, ao nível da categoria criar , relativas à DF.

* Os instrumentos elaborados para as outras dimensões da construção da ciência – histórica, psicológica e sociológica (interna e externa) – contêm descritores semelhantes, adaptados às respetivas dimensões.

Castro, 2015

Capacidades metacientíficas

No âmbito do estudo desta temática podem também ser realizadas atividades experimentais para a observação, por exemplo, da influência da luz no desenvolvimento das plantas.

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.23)

**Grau 2
DF**

Propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e modos de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro, a ciência, a arte e a religião.

(Orientações Curriculares 3º ciclo, p.5)

**Grau 5
DH**

Ferreira & Morais, 2014

Capacidades metacientíficas

O reforço das capacidades de abstração, experimentação, trabalho em equipa, ponderação e sentido de responsabilidade permitirá o desenvolvimento de competências que caracterizam a Biologia como Ciência.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.78)

**Grau 2
DSI**

No estudo dos processos de transporte ao nível da membrana celular, suas características, potencialidades e limitações, a ultraestrutura da membrana e a natureza das substâncias a transportar devem servir como fio articulador e integrador. O estudo destes conteúdos proporciona a planificação e execução de atividades laboratoriais simples, pelos alunos, que podem ser concebidas com diferentes graus de abertura.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.81)

**Grau 6
DF**

Capacidades metacientíficas

Identificar seres vivos a partir de dados obtidos com a ajuda de instrumentos de laboratório e/ou pesquisa bibliográfica.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.78)

**Grau 3
DF**

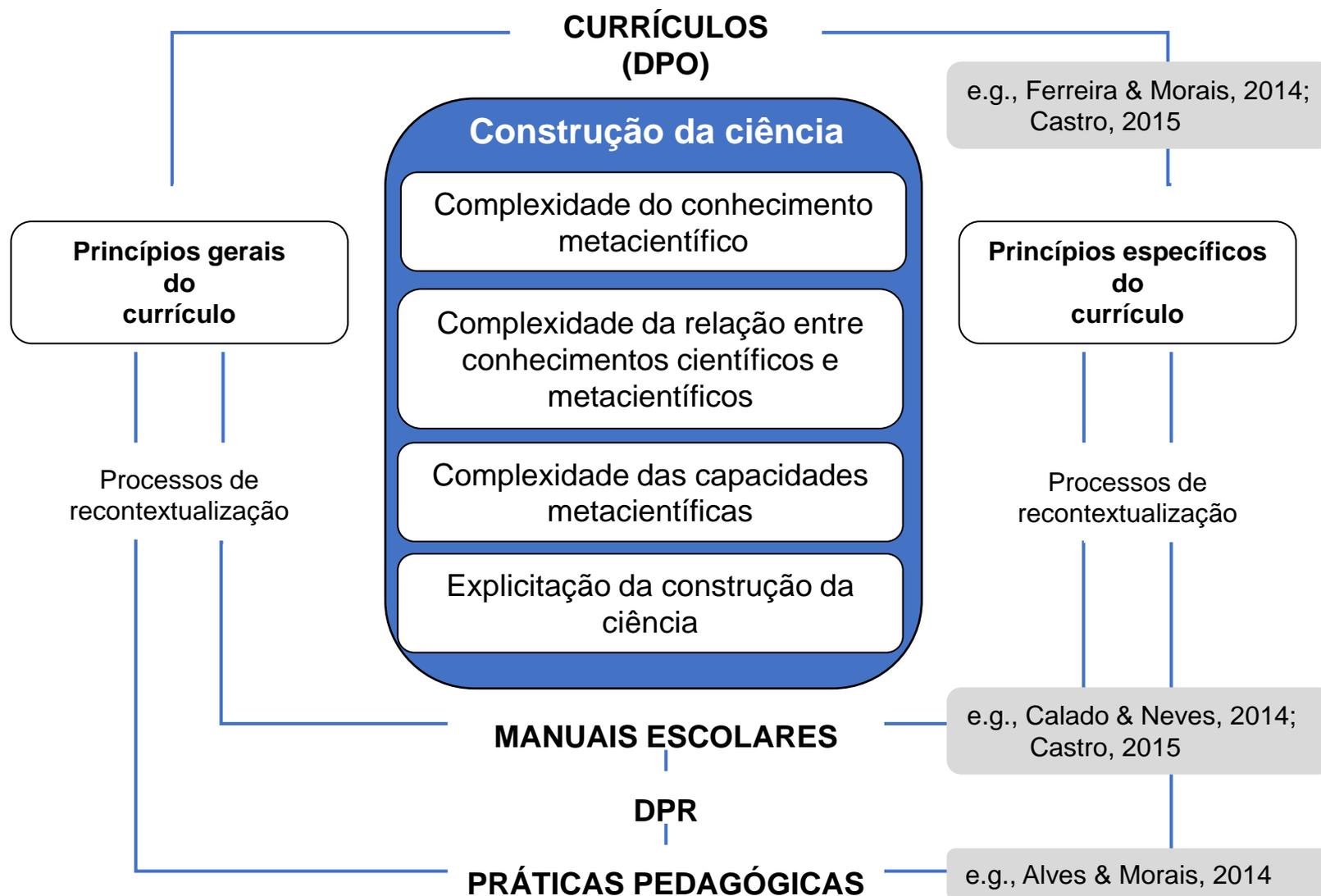
Interpretação de dados experimentais relativos ao rendimento energético dos processos de fermentação e de respiração anaeróbia, bem como às trocas gasosas dependentes dos mecanismos de abertura e fecho dos estomas.

(Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, p.84)

**Grau 4
DF**

Castro, 2015

Construção da ciência e investigação no contexto educacional das ciências



Referências

- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: AAAS.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press
- Alves, V., & Morais, A. M. (2014). Currículo e práticas pedagógicas: Estudo no contexto das ciências do 3º ciclo do ensino básico. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp.241-263). Lisboa: Edições Sílabo.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. (Eds.), Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J., & Wittrock, M. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bernstein, B. (1999). Vertical and Horizontal Discourse: an essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 157-173.
- BSCS (Biological Science Curriculum Study). *A science education curriculum study*. Consultado em 2015, janeiro 27 <http://www.bsos.org/>.
- Calado, S., & Neves, I. P. (2014). Currículo e manuais escolares: Estudo no contexto das ciências do 3º ciclo do ensino básico. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp.241-263). Lisboa: Edições Sílabo.
- Cantu, L. L., & Herron, J. D. (1978). Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 135-143.
- Caraça, J. (2004). The scientific condition. In Conference held at Calouste Gulbenkian Foundation, Lisbon, April 3 and 4, 2003, *Science meets society*, (pp.11-14). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castro, S. (2015). *A construção da ciência na educação científica do ensino secundário: Análise dos manuais escolares e das conceções dos professores de Biologia e Geologia do 10.º ano*. Tese de Doutoramento, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (em desenvolvimento).
- Clough, M. P., Olson J. K. & Niederhauser D. S. (2013) *The nature of technology. Implications for learning and teaching*. Rotterdam; Sense Publishers.
- Comissão Europeia (2007). *Educação da ciência agora: Uma pedagogia renovada para o futuro da Europa*. Bruxelas: Comissão Europeia/Direcção-Geral de Investigação.
- Curriculum Development Council and The Hong Kong Examinations and Assessment Authority (HKSARG). (2007/2014). *Science Learning*. Capturado em 2015, janeiro 27 de http://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/kla/science-edu/phy_c&a_guide_updated_e.pdf.

Referências

- DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Duschl, R. & Grandy, R. (2012). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, DOI 10.1007/s11191-012-9539-4.
- Ferreira, S. (2014). *Trabalho prático em Biologia e Geologia no ensino secundário: Estudo dos documentos oficiais e suas recontextualizações nas práticas dos professores*. Tese de doutoramento. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2014). A exigência conceptual em currículos de ciências: Estudo do trabalho prático em Biologia e Geologia do ensino secundário. In A. M. Morais, I. P. Neves & S. Ferreira (Eds.), *Currículos, manuais escolares e práticas pedagógicas: Estudo de processos de estabilidade e de mudança no sistema educativo* (pp.131-157). Lisboa: Edições Sílabo.
- Gil, F. (1999). A ciência e o problema da objectividade. In F. Gil (Coord). *A ciência tal qual se faz* (pp.9-29). Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Knorr-Cetina, K. (1999). A comunicação na ciência. In F. Gil (Coord.), *A ciência tal qual se faz* (pp.375- 393). Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, B. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497 – 521.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Kim, B. S. & Ko, E. K. (2012). Teaching and learning of nature of science and scientific inquiry: Building capacity through systematic research-based professional development. In M.S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 125–152). Dordrecht: Springer.
- Martins, R. A. M., Silva, C. C. & Prestes, M. E. B. (2014). History and philosophy of science in science education, in Brazil. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philodophy and Science Teaching* (pp. 2271-2299). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R. (ed.) (2009). *Science, worldviews and education*. Dordrecht: Springer.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M.S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.

Referências

- McComas, W. F. (2014). Nature of science in the science curriculum and in teacher education programs in the United States. In Matthews, M. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1993-2024). Dordrecht: Springer.
- McComas, W.F. & Olson, J.K. (1998). The nature of science in international education standards documents. In W.F. McComas (Ed), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 53–70). Dordrecht: Kluwer.
- McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998) The role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Ed), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3–39). Dordrecht: Kluwer.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2001). Pedagogic social contexts: Studies for a sociology of learning. In A. Morais, I. Neves, B. Davies & H. Daniels (Eds.), *Towards a sociology of pedagogy: The contribution of Basil Bernstein to research* (pp.185-221). New York: Peter Lang.
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2012). Estruturas de conhecimento e exigência conceitual na educação em ciências. *Educação, Sociedade & Culturas*, 37, 63-88.
- NRC (National Research Council). (1996). *National Science Education Standards: observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (National Research Council). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- OCDE, (2010). PISA 2009. *Assessment Framework - Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Recuperado em Janeiro 15, 2011 de [http://www.oecd.org/document/44/0,3746,en_.html].
- Popper, K. (1972). *A lógica da descoberta científica*. São Paulo: Cultrix.
- Quintanilha, A. (2002). Prefácio. In Ruse, M. (2002). *O mistério de todos os mistérios* (pp.9-12). Lisboa: Quasi Edições.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell and N.G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp 729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Watson, J. (1987). *A dupla hélice*. Lisboa: Gradiva.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Ed. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (2000). *Real science - What it is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.