



## **Discussões em áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade: dilemas no domínio do desenvolvimento curricular**

## **Discussions in science frontier areas with impact on society: dilemmas in the field of curriculum development**

**Filomena Amador**

Universidade Aberta

Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF)

famad@uab.pt

**Luís Gonzaga Albuquerque**

Universidade Aberta

Laboratório de Matemática, Informática e Aplicações da Université de Haute-Alsace

lgalbu@uab.pt

### **Resumo:**

Neste trabalho, assumimos como questão de partida o modo como podemos lidar no ensino pré-universitário e nos primeiros anos das universidades com as discussões em áreas de fronteira da ciência, com impacto na sociedade. Para o efeito desenvolvemos uma reflexão em duas fases. Uma primeira etapa de cariz teórico, que visou identificar alguns referenciais em que possamos ancorar a nossa *praxis*. Para o efeito fazemos uso da Dinâmica de Sistemas, que nos permite enquadrar o tema e ao mesmo tempo compreender a complexidade de inter-relações. Numa segunda fase, passamos à análise e discussão de uma situação concreta, suportada num processo de análise de conteúdo dos programas dos 10<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup> e 12<sup>o</sup> anos de Geologia e dos programas da unidade curricular de Geologia Geral de 6 universidades portuguesas. O exemplo que utilizámos evidencia de forma clara a existência de atrasos na passagem dos objetivos para a escolha dos assuntos que deverão possibilitar a respetiva concretização em aprendizagens. Esta é apenas uma parte de um sistema que como referimos no enquadramento teórico se traduz posteriormente em sucessivos atrasos, em cascata, que dão azo a mudanças curriculares mais ou menos profundas, as quais por sua vez vão provocar desequilíbrios em todo o sistema.

**Palavras-chave:** *Ciência; Sociedade; Dinâmica de Sistemas; Desenvolvimento Curricular; Geologia.*

### **Abstract:**

This study started by questioning how is it possible to manage discussions on science frontier areas with impact on society, during pre-university and initial university years.

For this purpose, we conducted a reflection developed in two stages. The first stage was of theoretical nature, and it aimed to identify references to anchor our *praxis*, and accordingly we chose to use Dynamic Systems (DS), which allow us to contextualize the subject and, simultaneously, understand the complexity of interrelations. The second stage, we focused on analyzing, through content analysis, and discussing the curricular content in two sets of documents: on the one hand, in Geology syllabi for the 10<sup>th</sup>, 11<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> grades of secondary education; and, on the other hand, in the syllabi of six different Portuguese universities offering the General Geology course. Data clearly shows the existence of gaps between setting the goals and choosing the themes to enable their achievement, throughout the learning process. These gaps were identified, as explained in the theoretical section,



in a single part of the system and they impact other parts of said system, causing successive gaps and delays, in a cascading effect. This causes curricular changes, both profound and minimal, that unbalance the entire system.

**Keywords:** Science; Society; System Dynamics; Curriculum Development; Geology.

**Résumé:**

Dans cet article, nous prenons comme point de départ la façon dont nous pouvons inclure dans l'enseignement pré-universitaire et dans les premières années de l'université, de nouveaux domaines de la science qui ont un impact sur la société. A cet effet, nous avons développé une réflexion en deux étapes. Une première étape de nature théorique qui a pour but d'identifier certains référentiels où nous pouvons ancrer notre praxis. Ainsi, nous avons utilisé les Systèmes Dynamiques, qui nous ont permis d'encadrer le thème et en même temps de comprendre la complexité des interrelations. Dans une deuxième phase nous avons procédé à l'analyse et à la discussion d'une situation concrète, l'étude du programme des trois dernières années du lycée et l'étude du programme de Géologie Générale de six universités portugaises. L'exemple que nous avons utilisé montre clairement l'existence de retards dans la transposition des objectifs aux choix des sujets qui devraient permettre la réalisation respective dans l'apprentissage. Ceci fait partie d'un système, tel que mentionné dans le cadre théorique, qui se traduit, ensuite, par de successifs retards, en cascade, qui donneront lieu à des changements, plus ou moins profonds, des programmes et qui, à leur tour, conduiront à des déséquilibres dans le système.

**Mots-clés:** Science; Société; Systèmes Dynamiques; Développement du Curriculum; Géologie.

## Introdução

Os docentes que lecionam unidades curriculares de ciências experimentais, quer nos primeiros anos do ensino universitário, quer os autores de programas de disciplinas dos últimos anos do ensino secundário, são por vezes colocados perante o dilema de inserir, ou não, nos currículos escolares, assuntos potencialmente geradores de controvérsia, pelo impacto que podem ter na sociedade, ou mesmo, a inserção de tópicos relativamente aos quais ainda não exista consenso entre a comunidade científica. Este dilema tem vindo a acentuar-se nas duas últimas décadas. O acesso cada vez mais facilitado ao conhecimento de ponta, seja através de versões de acesso livre de revistas científicas conceituadas, assim como de outros meios, tem vindo a tornar o problema mais pertinente, devido ao impacto na sociedade de muitos dos referidos assuntos.

Neste trabalho assumimos como questão de partida o modo como podemos lidar no ensino pré-universitário e nos primeiros anos das universidades com este tipo de questões. Que contributos podemos encontrar na epistemologia, na sociologia da ciência, nas teorias do currículo e em outros referenciais, como a Dinâmica de Sistemas, que suportem decisões profissionais mais fundamentadas? É esta a principal questão que orienta o presente estudo.

Para o efeito desenvolvemos uma reflexão em duas fases. Uma primeira etapa de cariz teórico, que visou identificar alguns suportes teóricos em que possamos ancorar a nossa praxis. A opção metodológica que fazemos, passa pela utilização de técnicas oriundas da Dinâmica de Sistemas,



que nos permitem enquadrar o tema e ao mesmo tempo compreender a complexidade de inter-relações. Numa segunda fase, passamos à análise e discussão de uma situação concreta suportada num processo de análise de conteúdo do programa de 12º ano de Geologia e dos programas de unidades curriculares de Geologia Geral de 6 universidades portuguesas. A escolha deste domínio justificou-se por vários motivos, entre eles o facto de ser uma área científica até há poucos anos associada à exploração de recursos naturais e que no presente tem vindo a alargar o campo de pesquisa a domínios com outro tipo de implicações para a sociedade.

## Contextualização teórica

Se por um lado é possível considerar que os conteúdos sobre os quais ainda não existe consenso não devem fazer parte do saber “escolar”, por outro, também se pode questionar a atualidade dos currículos, ou mesmo, caso isso aconteça, se existe algum tipo de parcialidade ou distorção por parte de docentes ou autores de programas. Kuhn (1990) refere a propósito dos textos escolares, os quais, por sua vez, são no caso do ensino secundário uma interpretação dos programas oficiais, que estes são “veículos pedagógicos para a perpetuação da ciência normal” (p. 214) e que as revoluções científicas obrigam a reescrever manuais e necessariamente os programas sempre que ocorrem, não deixando, porém, rasto da existência destas mesmas revoluções. Pode-se afirmar que este tem sido o entendimento mais habitual. De acordo com esta perspetiva os programas são documentos que correspondem a visões do *status quo* num dado momento. Isto poderá corresponder a uma ciência sem registo da evolução histórica e cujo conhecimento e discussão dos caminhos futuros está reservada apenas a uma elite, para a qual a formação já deixou de ser orientada por programas pré-estabelecidos (últimos níveis do ensino universitário).

Porém, a opção pela ausência de determinados tópicos nos programas torna-se cada vez mais difícil de fundamentar no presente. Afinal, o estudante está imerso numa sociedade mediatizada que lhe permite o acesso alargado à informação, embora com frequência não possua os filtros necessários à sua interpretação, nem a capacidade de identificar a diversidade de perspetivas que sobre o mesmo assunto poderão existir. Assim, a pressão que existe para integrar alguns temas nos programas tem vindo a aumentar, reduzindo o atraso entre a produção de conhecimento e a respetiva transposição didática.

A jusante desta necessidade surgem outros problemas. Como operacionalizar, em programas que regra geral assumem a forma de uma listagem sequencial de tópicos, este tipo de questões? Como conciliar o debate de questões polémicas e que conduzem a tomadas de posição, com a realização de exames tradicionais, traduzidos em perguntas cujo objetivo é a obtenção de respostas padronizáveis? Por outro lado, a introdução destes tópicos obriga o professor a sair de áreas de segurança e a ter de assumir posições muitas vezes ideológicas (Giroux, 2007). Com frequência muitos docentes não o desejam fazer e acreditam ser sua obrigação ensinar apenas o que já foi sancionado por uma esmagadora maioria da comunidade científica.

Por outro lado, se analisarmos esta mesma problemática a partir dos centros de investigação é notória a perda de autonomia na seleção dos problemas a investigar, quando condicionada por financiamento público ou privado. Ao que acresce, o facto de alguns governos estarem cada vez mais a transferirem para as empresas o poder de selecionarem as investigações que beneficiarão



de subvenções, mesmo que públicas, resultando desta opção a priorização de domínios científicos onde a competitividade económica é o objetivo a atingir. Aos investigadores exige-se flexibilidade e adaptação a este sistema. A expressão “economia do conhecimento” faz parte do léxico oficial de muitos organismos supranacionais. Mas a verdade é que nesta “nova” economia domina todo um conjunto de processos que conduzem a uma conceção de ciência que se deseja rápida na obtenção de resultados, tendo em vista a sua aplicação em processos produtivos. Isto leva alguns autores a questionarem-se se a ciência atual será sustentável (Stengers, 2013).

Podemos considerar que a capacidade de desenvolver e manter a liberdade de investigação, tal qual tem existido, se encontra fortemente ameaçada no presente e ainda mais no futuro. Acresce ainda que os cidadãos remetem muitas vezes para o Estado o escrutínio das consequências de decisões supostamente baseadas em informação científica. Por outro lado, na atual situação corremos o perigo real de reduzir a fecundidade científica e limitá-la de tal modo, que esta se traduza essencialmente em asserções do género os “factos provam”. A ciência rápida a que anteriormente se fez referência é também potencialmente geradora de esterilidade, porque ao investigador não é facultado o tempo necessário para ler, pensar ou imaginar. As questões que acabámos de enunciar inserem-se no designado movimento *Slow Science* ou *Désexcellence des universités* (Stengers, 2013), com raízes essencialmente europeias e, de forma não surpreendente, amplamente criticado nos Estado Unidos da América, onde se encontram mais enraizadas as correntes neoliberais.

De um ponto de vista teórico a obra da filósofa Martha Nussbaum (2010), *Not for Profit: Why Democracy Needs the Humanities*, relançou algumas discussões no âmbito do currículo (Pinar, 2012). Até há alguns anos atrás não estavam tão patentes as mudanças na forma como as sociedades democráticas ensinam os seus jovens, mas com a crise económica de 2008, associada a grandes flutuações no preço do petróleo, tornou-se evidente a existência de um modelo ideológico de cariz neoliberal que domina instituições supranacionais com peso suficiente para influenciar/forçar processos decisórios em cada país, que visam privilegiar determinados domínios de conhecimento em detrimento de outros. Neste contexto, têm vindo a surgir uma série de documentos, oriundos de instituições oficiais e de empresas, onde aparecem plasmadas as competências necessárias a um jovem do século XXI (Hilton, 2010; Pellegrino & Histon, 2012). Em 2004, Levy e Murnane em *The New Division of Labor* já destacavam uma série de mudanças no mercado de trabalho, com implicações na educação.

Do ponto de vista da teoria do currículo a pergunta a ser respondida num processo de desenvolvimento curricular é sempre a mesma: qual o conhecimento que mais devemos valorizar? As respostas é que têm evoluído no decurso do tempo. Pinar (2012) refere que há muito o currículo deixou de ser o mediador da troca de ideias entre professores e alunos, mas sim uma ferramenta de manipulação política com fins principalmente económicos. Neste âmbito, muitos tópicos são descartados dos programas, permanecendo apenas os que se consideram básicos e, deste modo colocando em causa a formação de cidadãos participativos e com poder de crítica, ameaçando dessa forma a própria democracia. Como Amartya Sen refere em *Development as Freedom* (2001) o desenvolvimento é um processo que deve traduzir-se num aumento substantivo da liberdade individual e das próprias sociedades, devendo ser este também o objetivo das sociedades democráticas ao preconizarem o desenvolvimento sustentável dos Estados.



Com vista a enquadrar a reflexão teórica sobre estas temáticas faz-se uso de técnicas oriundas do domínio da Dinâmica de Sistemas, que surgiu na década de cinquenta do século XX no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) através dos trabalhos de Jay W. Forrester. Embora, suportada na teoria matemática dos Sistemas Dinâmicos a Dinâmica de Sistemas é atualmente uma área interdisciplinar, que permite abordagens quantitativas e qualitativas bem como a sua utilização por indivíduos que não possuam uma forte formação matemática. Assim, começamos por analisar elementos importantes no fluxo de conhecimentos durante os processos educativos para posteriormente destacar a análise de processos de *feedback*, os quais correspondem a relações causais entre elementos do sistema e que podem ser positivos ou negativos (Sterman, 2006 e 2011). Os primeiros tendem a reforçar ou amplificar os processos, enquanto os segundos traduzem oposições à mudança, ou apenas tentativas de manter o equilíbrio do sistema. Para além disso, interessa-nos também analisar e refletir, numa perspetiva teórica, sobre os atrasos que ocorrem no processo (*delay time*) (Rahmandad, Repenning, & Sterman, 2009).

A Dinâmica de Sistemas tem vindo a passar do domínio da Gestão para o de outras áreas, nomeadamente para domínios em que os processos decisórios necessitam de estar ancorados em reflexão sobre uma realidade complexa e dinâmica. No caso da Educação, a realidade com que nos deparamos nem sempre é intuitiva, porque é patente que existe sempre um atraso entre a introdução de uma alteração e a sua realização efetiva. Para além disso, a mesma ação pode ter efeitos diversos a curto e a longo prazo.

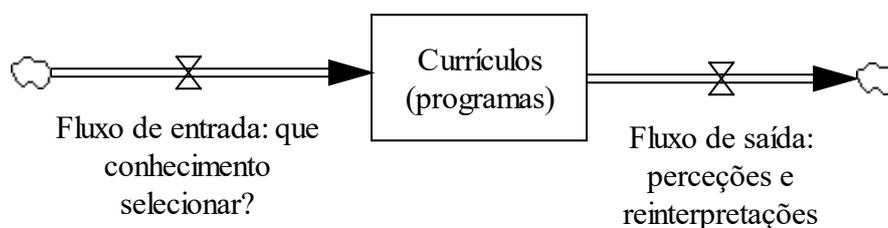


Figura 1. Diagrama de fluxo. As “nuvens” nas extremidades representam fontes e destinos praticamente inesgotáveis, mas que se encontram fora do sistema; o “retângulo” corresponde a um estado de acumulação do fluxo; os dois triângulos ligados por um dos vértices representam alterações no fluxo e mudança no estado do sistema; as “setas” por sua representam canais de transmissão (Aracil e Gordillo, 2007).

Na fig. 1 fazemos uso dos conceitos de *stocks* e fluxos, oriundos da Dinâmica de Sistemas, para representar a um nível macro o currículo, entendido aqui o termo na sua significação mais limitada que associamos a documentos programáticos. A opção, que pode ser questionável, justifica-se a nosso ver pela necessidade de se proceder a aproximações sucessivas a um modelo heurístico que só numa fase final assumirá maior complexidade. Representado na forma de um retângulo encontra-se o conceito de *stock*, que associamos no presente estudo ao programa disciplinar em determinado momento (ano letivo). Este conceito tem implícito em Dinâmica de Sistemas informação necessária para agir/decidir, sendo ao mesmo tempo, embora nem sempre de forma perceptível, uma herança de modelos anteriores e nessa medida um gerador de inércia no sistema. Importa ter presente que a nível do ensino secundário os programas surgem como evolução dos anteriores, isto é, não são



feitos de raiz. Quanto ao ensino superior é possível que um professor desenvolva o programa de uma nova disciplina por ele proposta, mas mesmo nestes casos há sempre uma tentativa de buscar referenciais em outras instituições nacionais e estrangeiras de forma a melhor fundamentar novas propostas programáticas. É por este motivo que o currículo (*stock*), num determinado momento, pode plasmar atrasos e gerar desequilíbrios.

Por outro lado, a fig. 1 representa o processo de desenvolvimento curricular como um primeiro passo de um mecanismo regulador. Isto é, há em determinado momento uma seleção do conjunto de todo o conhecimento disponível (nuvem), sendo decidido em função de objetivos previamente enunciados quais os saberes a serem valorizados no âmbito do ensino formal (pré-universitário e universitário). A questão enunciada (qual o conhecimento que mais devemos valorizar?), como já antes referimos, mantém-se constante ao longo do tempo, mas as respostas vão ser diversas e dependem de variáveis distintas como referiremos em seguida. Por sua vez, o currículo (programa disciplinar escrito) vai ser objeto de percepções e reinterpretações distintas, por parte de professores, de autores de manuais escolares e de outros intervenientes no sistema educativo. No caso particular do ensino superior a possibilidade de atrasos é menor, pela maior proximidade entre aqueles que os concebem e quem os vai aplicar.

Este processo vai ser analisado através de diagramas causais, que contêm ligações entre partes do sistema. De forma geral se existe um fluxo do elemento  $X_k$  para o elemento  $X_j$  num dado sistema tal é representado por:

$$X_k \rightarrow X_j$$

Por sua vez, o fluxo pode ser de dois tipos, isto é a influência descrita pode assumir um sinal positivo ou negativo:

$$X_k \overset{+}{\rightarrow} X_j$$

$$X_k \overset{-}{\rightarrow} X_j$$

No primeiro caso, tal significa que se  $X_k$  aumentar então  $X_j$  também aumenta e, que se  $X_k$  diminuir então  $X_j$  também diminui. No segundo caso, tal significa que se  $X_k$  aumentar então  $X_j$  diminui e que se  $X_k$  diminuir então  $X_j$  aumenta.

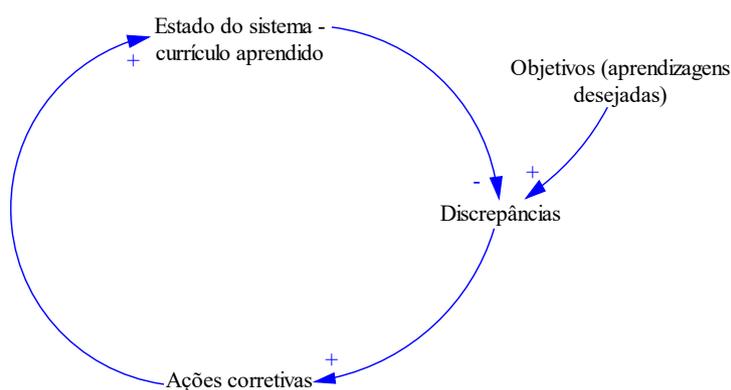


Figura 2. Situação de *goal seeking* (adaptado de Sterman, 2000): visão macro de desajustamentos entre os objetivos e as aprendizagens.

Na fig. 2 representa-se um processo de *goal seeking* (Sterman, 2000) em que são identificadas discrepâncias entre o currículo aprendido em comparação com os objetivos, considerando estes últimos como o estado desejado para o sistema. No caso presente a seta que liga o currículo aprendido e as discrepâncias em relação aos objetivos tem sinal negativo, o que significa que se o currículo aprendido aumentar então diminuem as discrepâncias e, se o currículo aprendido diminuir então aumentam as discrepâncias. De modo análogo se analisam as restantes ligações. A existência de uma ligação com polaridade negativa (seta seguida de sinal -) deve gerar uma ação corretiva que tenta repor o equilíbrio do sistema.

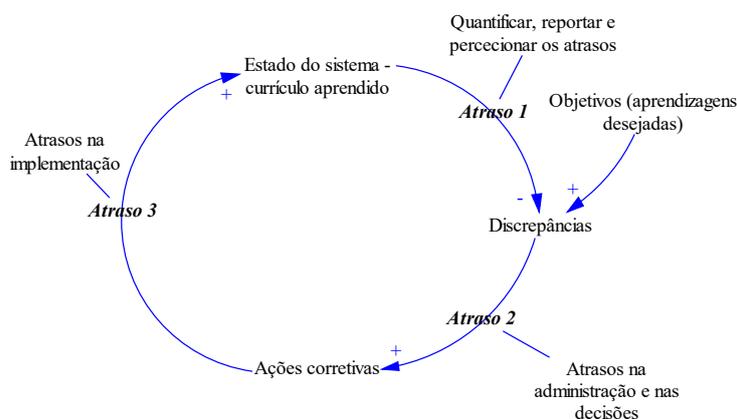


Figura 3. Sistema em que são inseridos atrasos (adaptado de Sterman, 2000).

A situação representada na fig. 3 pode ser particularmente interessante quando analisada no âmbito do problema objeto deste estudo. Regra geral um sistema com atrasos não permite ultrapassar os objetivos estabelecidos. Porém, em domínios cujo desenvolvimento é muito rápido,



sendo os novos conhecimentos introduzidos no ensino muitas vezes de forma informal, permitem um comportamento oscilatório com a superação dos objetivos estabelecidos. Este tipo de casos é mais frequente no ensino superior, em que os atrasos são bastante mais reduzidos.

Um dos problemas que identificamos em diversos pontos do sistema é o da existência de atrasos. Por exemplo, numa primeira fase importa identificar discrepâncias entre o currículo aprendido e os objetivos formulados para um determinado período de tempo (atraso 1). A hipótese de trabalho que colocamos é a de existirem com frequência grandes desajustamentos entre os próprios objetivos, as temáticas selecionadas para os operacionalizar, assim como todo o processo de alteração em cascata que passa pela perceção e reinterpretação do texto programático pelos autores de manuais e pelos professores no que se refere ao ensino secundário. Neste último caso, podemos distinguir entre o currículo que o professor tenta ensinar e aquele que realmente é ensinado. Toda esta cadeia de processos envolve atrasos que no final se traduzem numa discrepância entre o currículo aprendido e os objetivos iniciais.

Por outro lado, o nosso sistema educativo está mais direcionado para a identificação de indicadores que permitam a comparabilidade externa do que para a criação de mecanismos que visem a coerência interna. Este facto também ajuda a compreender a existência de atrasos nas administrações e decisores (atraso 2). Por sua vez, na introdução de ações corretivas, que a nosso ver no caso dos currículos devia ser um processo contínuo e não sujeito a paragens prolongadas, vai ocorrer também um atraso (atraso 3).

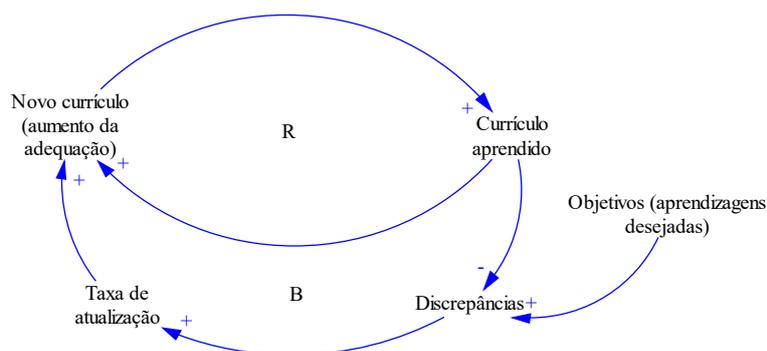


Figura 4. Curva de crescimento em S (*S-shaped Growth*), que representa uma situação de interação de *feedback* positivo (R) e de um *feedback* negativo (B) (Adaptado de Sterman, 2000).

Enquanto as duas estruturas anteriores (figs. 2 e 3) são causadas respetivamente por situações de *feedback* com atrasos, podem surgir com frequência outro tipo de padrões, como o crescimento em S (*S-shaped growth*). Este último, tem um crescimento de tipo exponencial numa primeira fase que posteriormente se reduz aproximando-se dos objetivos para cada ano ou nível de aprendizagem (ensino pré-universitário e universitário).

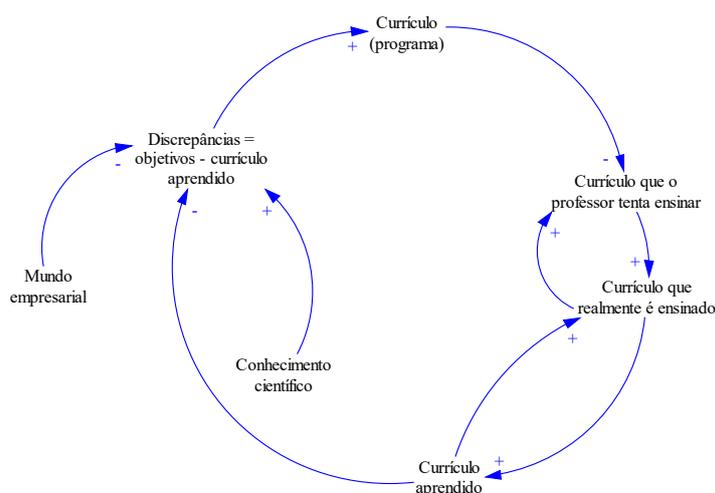


Figura 5. Modelo final.

Na fig. 5 representa-se um modelo com maior detalhe. Os decisores políticos (implícitos na fig.5), tanto a nível nacional como cada vez mais a nível supranacional no caso do ensino secundário, condicionam os principais objetivos que irão a seguir condicionar todo o processo de construção do programa. Por sua vez, os decisores políticos com as respetivas agendas ideológicas (expressas ou intuídas) são sujeitos com maior ou menor intensidade à influência das comunidades científicas, onde se inclui também a comunidade em Educação em Ciência, dos professores organizados em associações e da própria sociedade, em particular de elementos oriundos da indústria e de outros interesses económicos.

Estas são as linhas de força que apresentámos na análise teórica cujo foco está centrado em aspetos de desenvolvimento curricular, mas onde se conjugam vários interesses: ideologias, universidade, indústria, sociedade e cidadãos participativos e envolvidos de forma ativa na discussão do futuro coletiva.

## Metodologia

No presente trabalho faz-se uso do *software* Vensim na versão Vensim PLE, a qual permite à semelhança de outros programas usados em Dinâmica de Sistemas, construir modelos, identificar as equações que determinam o respetivo comportamento e realizar simulações.

Em relação à metodologia adaptam-se as orientações de Sterman (2000), sendo atribuída ênfase no presente texto à identificação das variáveis chave e à definição do problema. Embora pelo que acabámos de referir o trabalho assumia um carácter eminentemente teórico e fundacional, julgámos ser pertinente desenvolver uma aplicação qualitativa, a qual é suportada num processo prévio de análise de conteúdo dos programas de Geologia do ensino secundário e de uma amostra de programas da disciplina de Geologia Geral de 6 universidades públicas portuguesas.



A primeira fase consistiu na aplicação da técnica de análise de conteúdo a um conjunto de 3 programas do ensino secundário, mas que neste caso partilham os mesmos objetivos, e a 6 programas da disciplina de Geologia Geral lecionado no 1º ano da universidade (Bardin, 2009; Coutinho, 2015).

Neste caso a distinção entre as duas categorias, "objetivos" e "tópicos programáticos", foi facilitada pelo facto de ambas as categorias estarem sempre elencados em partes distintas dos documentos curriculares e devidamente identificadas. Pelo mesmo motivo, a limitação do *corpus* também foi facilitada, embora este tenha implicado em qualquer das situações uma seleção de objetivos e de temas em função de áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade.

### Estudo empírico

Os dados que de seguida apresentamos correspondem à aplicação de uma malha a uma das fases antes discutidas (fig. 6). Entre os vários atrasos que identificámos e que configuram um processo de desajustamento numa primeira etapa do processo de desenvolvimento curricular encontram-se as discrepâncias entre os objetivos expressos nos documentos e os tópicos elencados. Foi realizada uma análise a nível do ensino secundário (quadro 1) e do ensino superior (quadro 3).

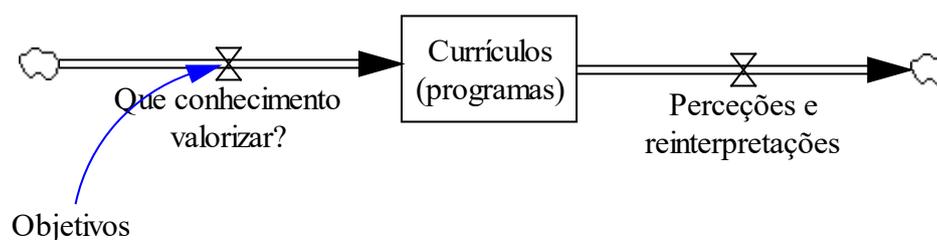


Figura 6. Discrepâncias e atrasos entre objetivos e tópicos programáticos.

A análise dos dados expressos no quadro 1 revela que entre os cinco objetivos identificados um deles não tem tradução direta nos tópicos programáticos: "Fomentar a participação ativa em discussões e debates públicos respeitantes a problemas que envolvam a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente". Trata-se de um exemplo particularmente significativo, por corresponder exatamente às temáticas que nos interessam abordar nesta análise.



Quadro 1. Correspondência entre objetivos e tópicos no ensino secundário (Geologia).

Ano letivo	Objetivos no domínio das áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade	Tópicos programáticos relacionados com áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade
10º ano	<p>“Interpretar os fenómenos naturais a partir de modelos progressivamente mais próximos dos aceites pela comunidade científica”</p> <p>“Desenvolver capacidades experimentais em situações de indagação a partir de problemas do quotidiano”</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- A Terra e os seus subsistemas em interação.<ul style="list-style-type: none"><li>- Subsistemas terrestres (geosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera).</li><li>- Interação de subsistemas.</li></ul></li><li>- A Terra, um planeta único a proteger<ul style="list-style-type: none"><li>- Intervenções do Homem nos subsistemas terrestres<ul style="list-style-type: none"><li>- Impactos na geosfera</li><li>- Proteção ambiental e desenvolvimento sustentável</li></ul></li></ul></li><li>- Minimização de riscos vulcânicos - previsão e prevenção</li><li>- Minimização de riscos sísmicos - previsão e prevenção.</li></ul>
11º ano	<p>“Fornecer uma visão integradora da Ciência, estabelecendo relações entre esta e as aplicações tecnológicas, a Sociedade e o Ambiente”</p> <p>“Fomentar a participação ativa em discussões e debates públicos respeitantes a problemas que envolvam a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente”</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ocupação antrópica e problemas de ordenamento:<ul style="list-style-type: none"><li>- Bacias hidrográficas (Análise de uma situação-problema).</li><li>- Zonas costeiras (Análise de uma situação-problema).</li><li>- Zonas de vertente (Análise de uma situação-problema).</li></ul></li><li>- Exploração sustentada de recursos geológicos.</li></ul>
12º ano	<p>“Valorizar o papel do conhecimento geológico na Sociedade atual”</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- O Homem como agente de mudanças ambientais.<ul style="list-style-type: none"><li>- Aquecimento global.</li><li>- Exploração de minerais e de materiais de construção e ornamentais.</li><li>- Contaminação do ambiente.</li><li>- Exploração e modificação dos solos.</li><li>- Exploração e contaminação das águas</li></ul></li><li>- Que cenários para o século XXI? Mudanças ambientais, regionais e globais.</li></ul>

Como antes referimos, os currículos enquanto documentos que em determinado momento plasmam o que deve ser ensinado, são textos que têm na sua matriz uma memória onde muitas vezes estão impressos modelos tecnocráticos da relação entre a ciência e a sociedade, em contraste com os modelos de emancipação social que Habermas (1973, 2004) defende, e, que conciliam o carácter interpretativo com a explicação causal. Neste contexto, importa valorizar os ambientes em que foram produzidos os argumentos científicos, a cooperação entre disciplinas e a dimensão



da avaliação crítica. De acordo com Habermas as teorias podem servir para clarificar questões práticas e guiar a *praxis* no sentido de tornar a ação coerente à luz da teoria.

Com base no quadro teórico habermasiano Amador, Martinho, Nicolau, Caeiro e Oliveira (2015) desenvolveram um conjunto de categorias e respetivos critérios de análise para aplicação no contexto da Educação para o Desenvolvimento Sustentável nos currículos do ensino superior (quadro 3). Ao procederem à aplicação para efeitos de validação destas categorias verificaram que na grande maioria das situações não se atingia o nível da *praxis* ou mesmo da pré-ação nível 1 (quadro 3), sem que, no entanto, existisse por parte dos docentes que participaram no estudo a perceção desta limitação.

Quadro 3. Categorias/critérios de análise no contexto da Educação para o Desenvolvimento Sustentável no Ensino Superior (retirado de Amador et al., 2015).

CATEGORIAS / NÍVEIS	DEFINIÇÃO
Princípios (Nível teórico)	Filosofias, ideologias e princípios subjacentes explicitamente expressos ou facilmente inferidos.
Pré-ação (Pré-ação nível 0)	Proceder a análises e desenvolver competências através de um processo progressivo. Categoria intermédia associada à aquisição de conhecimentos, assumindo estes, a maior parte das vezes, a forma de explicações causais.
Pré-ação (Pré-ação nível 1)	Prepar a ação, delineando intervenções e analisando consequências. Preocupação em compreender e esclarecer a comunicação e o diálogo em contextos sociais, com base no domínio de quadros teóricos sólidos que informem e orientem a prática.
<i>Praxis</i> (Nível da ação)	Desenvolver atitudes e promover intervenções que permitam aos estudantes lutar por aquilo que eles consideram certo, bom e justo.

Na maior parte dos casos predomina nos currículos o segundo nível (pré-ação nível 0), correspondendo a uma fase ainda de pré-ação onde se valorize a aquisição de conhecimento, suportada essencialmente em explicações de tipo causal. Esta afirmação é válida tanto para o ensino secundário como para o ensino superior.

No que se refere às universidades verificou-se que das seis instituições com oferta de disciplinas de Geologia Geral existem duas onde este tipo de problemáticas não são abordadas nos programas e uma em que surge um objetivo sem que o mesmo se traduza na existência de um tópico programático que o permita operacionalizar (quadro 4).

Ao compararmos os quadros 2 e 4, tomando como referências as categorias estabelecidas no quadro 3, torna-se evidente uma redução no número e na abrangência dos objetivos formulados.



Quadro 4. Correspondência entre objetivos e tópicos em disciplinas de Geologia Geral no ensino superior.

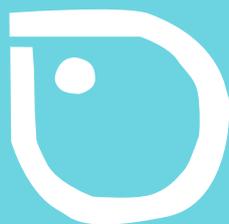
Universidades	Objetivos no domínio das áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade	Tópicos programáticos relacionados com áreas de fronteira da ciência com impacto na sociedade
A	"Relação sustentável entre os modos de vida e os recursos do planeta"  "Cenários prospetivos"	"Futuro da Terra: 'A morte do Sol'; a extinção da geodinâmica interna; o <i>Global Change</i> ; o desenvolvimento sustentável e o nosso prazo de mudança"
B	"Sensibilizar os alunos para a necessidade de exploração racional de recursos e utilização e gestão sustentável da superfície do planeta"	-
C	-	-
D	-	-
E	"Os alunos deverão consciencializar-se da importância fundamental das Ciências da Terra na Ciência e na Tecnologia, assim como na sociedade contemporânea"	"Geologia, Sociedade e Ambiente"
F	"Reconhecimento da Geologia enquanto ciência que previne, reconhece e mitiga os impactos geológicos naturais e antropomórficos"	"Importância do estudo da Geologia; exemplos de campos de aplicação da Geologia; Geologia e Sociedade"

Também consideramos significativo que em duas universidades este tipo de objetivos não seja contemplado nos respetivos programas, embora se possa sempre admitir que mesmo não estando presentes poderão ser alvo de estudo.

## Nota final

O exemplo que utilizámos evidencia de forma clara a existência de atrasos na passagem dos objetivos para a escolha dos assuntos que deverão possibilitar a respetiva concretização em aprendizagens. Esta foi apenas uma parte de um sistema que como referimos no enquadramento teórico se traduz posteriormente em sucessivos atrasos, em cascata, que dão azo a mudanças curriculares mais ou menos profundas que vão provocar desequilíbrios em todo o sistema.

Neste artigo apresentámos uma primeira aproximação de tipo qualitativo do uso da Dinâmica de Sistemas aplicada à análise dos processos de desenvolvimento curricular. No seguimento deste trabalho pretendemos fazer um estudo quantitativo em que os modelos matemáticos utilizados sejam explícitos no tema abordado neste artigo e em outros de caráter mais geral. A nosso ver, a integração deste tipo de ferramentas na área da Educação permitirá, mesmo na sua versão mais simples, uma melhoria da análise das dinâmicas geradas em âmbitos educativos.



## Referências

- Amador, F., Martinho, A.P., Nicolau, P., Caeiro, S., & Oliveira, C.P.O. (2015). Education for sustainable development in higher education: evaluating coherence between theory and praxis. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 40(6), 867-882. doi:10.1080/02602938.2015.1054783
- Aracil, J., & Gordillo, F. (2007). *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza.
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Coutinho, C. P. (2015). *Metodologia de investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e prática*. Coimbra: Almedina.
- Giroux, H. (2007). A dialética e o desenvolvimento da teoria curricular. In J. M. Paraskeva (Org.), *Discursos curriculares contemporâneos* (pp. 53-71). Mangualde, Edições Pedago.
- Habermas, J. 1973. *Theory and Practice*. Boston: Beacon Press.
- Habermas, J. 2004. *Knowledge and Human Interests*. Oxford: Blackweel Publishers Ltd.
- Hilton, M.L. (2010) (Org.). *Exploring the Intersection of Science Education and 21<sup>st</sup> Century Skills: A Workshop Summary*. Washington: The National Academies Press.
- Kuhn, T. S. (1990). *La estrutura de la revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M.L. (2012) (Editors). *Education for Life and Work. Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Pinar, W.F. (2012). *What is Curriculum Theory?* (2.<sup>ª</sup> Ed.). New York and London: Routledge.
- Nussbaum, M.C. (2010). *Not for Profit. Why Democracy Needs the Humanities*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Sen, A. (2001). *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University.
- Sterman, J. D. (2006). Learning evidence in a complex world. *American Journal of Public Health*, 96(3), 505-514.
- Sterman, J. D. (2011). Communicating climate change risks in a skeptical world. *Climatic Change*, 108, 811-826.
- Stengers, I. (2013). *Une autre science est possible! Manifeste pour un ralentissement des sciences*. Paris, Éditions La Découverte.
- Rahmandad, H., Repenning, N., & Sterman, J.D. (2009). Effects of feedback delay on learning. *Systems Dynamics*, 25, 309-338.