

SCIENTIÆ studia, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 9-41, 2005



Modos de irreducibilidade das propriedades emergentes

Charbel NIÑO EL-HANI & João QUEIROZ



RESUMO

A partir de uma revisão dos postulados centrais das filosofias emergentistas e uma caracterização de algumas variedades de emergentismo, este artigo trata de uma das teses mais controversas relacionadas a esta doutrina filosófica, a tese da irreducibilidade. O argumento principal é que o significado desta tese deve ser refinado, sob pena de não se avançar na discussão sobre os sentidos em que se pode dizer que as propriedades emergentes são “irreduzíveis”. A partir dos trabalhos de Stephan e colaboradores, distinguem-se dois modos de irreducibilidade das propriedades emergentes, a irreducibilidade como não-analisabilidade e a irreducibilidade como não-dedutibilidade. Uma análise detalhada do conceito de irreducibilidade conduz à seguinte questão: O que significa afirmar que uma dada classe de propriedades emergentes é irreduzível? Argumentamos que classes diferentes de propriedades podem ser irreduzíveis em sentidos diferentes e, portanto, de acordo com diferentes modos de irreducibilidade. O artigo discute, em particular, o modo de irreducibilidade que se mostra válido para o caso de propriedades de sistemas biológicos, argumentando que as propriedades emergentes de sistemas biológicos são irreduzíveis no sentido de que não é possível deduzir sua instânciação em sistemas vivos de uma dada classe a partir do conhecimento somente de sistemas vivos mais simples. Em outras palavras, propriedades emergentes biológicas são *irreduzíveis por não-dedutibilidade*, mas não são *irreduzíveis por não-analisabilidade*. Uma compreensão clara do modo da irreducibilidade válido no caso das propriedades biológicas faz com que os requisitos para a demonstração de sua natureza emergente mostrem-se mais realistas e as discussões sobre as possibilidades e limitações do reducionismo nas ciências biológicas possam avançar de modo mais consistente.

PALAVRAS-CHAVE • Propriedades emergentes. Irreducibilidade. Não-analisabilidade. Não-dedutibilidade. Reduccionismo. Emergentismo.

INTRODUÇÃO

No final da década de 1980, o emergentismo parecia ser uma posição filosófica inteiramente esquecida. Por exemplo, Jaegwon Kim escreveu, em 1990, que “o debate sobre a emergência [...] foi de modo geral esquecido e parece ter tido efeitos insignificantes sobre os debates atuais na metafísica, filosofia da mente e filosofia da ciência [...]” (Kim, 1993, p. 134). Entretanto, a última década viu mudar drasticamente a situação

do emergentismo (cf. Stephan, 1999a; Cunningham, 2001; Pihlström, 2002; El-Hani, 2002), como podemos perceber na maneira como Kim a descreve, apenas alguns anos após ter declarado seu esquecimento quase completo. Após reconhecer que o emergentismo retornou à cena filosófica com força redobrada, Kim destaca que podemos

ver um uso crescente e sem pudores de expressões como “propriedade emergente”, “fenômeno emergente” e “lei emergente”, substancialmente no sentido pretendido pelos emergentistas clássicos, não somente em escritos filosóficos, mas também na literatura científica primária (Kim, 1999, p. 4; cf. 1997, p. 271).

O emprego crescente da idéia de emergência torna crucial evitar sua aplicação de maneira imprecisa, sobretudo, por tratar-se de um conceito que teve sua história marcada por grande confusão no que diz respeito aos seus aspectos metafísicos e epistemológicos.

Freqüentemente, entende-se “emergência” de uma maneira intuitiva, no sentido de “criação de novas propriedades”. Esta definição remonta a uma das fontes do pensamento emergentista, a obra do psicólogo britânico Conwy Lloyd Morgan. Emmeche, Koppe e Stjernfelt (1997) argumentam que uma discussão dos conceitos-chave desta definição (“novidade”, “propriedade” e “criação”) pode levar a uma compreensão de alguns dos principais tópicos do pensamento emergentista. Contudo, esta definição não é suficiente para um entendimento preciso do conceito de emergência, principalmente porque, como veremos abaixo, concentra-se em idéias características de um tipo particular de emergentismo, o “emergentismo diacrônico”.

Até o presente, não existe uma teoria unificada da emergência. Teorias da emergência se apresentam, antes, em uma diversidade de formas. Há, no entanto, algumas características centrais que as teorias (fiscalistas) da emergência compartilham.¹ Na

¹ Utilizaremos neste trabalho o inventário de características centrais das teorias da emergência apresentadas por Stephan (1999a, Cap. 3, 1998, 1999b). Listas similares são apresentadas por outros autores, como, *e.g.*, Blitz (1992), Kim (1992, 1996, 1999), El-Hani & Emmeche (2000), El-Hani & Videira (2001). Todos esses autores apresentam tais características como postulados compartilhados em termos gerais pela filosofia emergentista. No entanto, o reconhecimento de que há filósofos atuais que defendem visões sobre a emergência que não são compatíveis com uma visão fiscalista, ao menos como usualmente concebida, nos fazem restringir o universo de teorias da emergência que compartilham tais postulados àquelas de natureza fiscalista. Não se pode perder de vista, afinal, que há, no cenário atual, pelo menos dois programas de pesquisa ou tradições filosóficas diferentes lidando com a noção de emergência (ou, no mínimo, usando o termo ‘emergência’ em um sentido técnico) – um que é claramente naturalista e fiscalista, e outro que busca uma síntese de ciência, filosofia e religião, mais ou menos no mesmo sentido pretendido por alguns emergentistas clássicos, como, por exemplo, Morgan (cf. Blitz, 1992). Vários exemplos de artigos afiliados a este segundo programa de pesquisa podem ser encontrados em *Zygon*, um periódico devotado ao

próxima seção, apresentaremos os postulados centrais do emergentismo. Em seguida, caracterizaremos algumas variedades de emergentismo e passaremos, então, à discussão de uma das teses mais controversas relacionadas a esta doutrina filosófica, a *tese da irredutibilidade*. Nosso argumento principal é que o significado da tese deve ser refinado, sob pena de não se avançar na discussão sobre os sentidos em que se pode dizer que propriedades emergentes são irredutíveis.

1. CARACTERÍSTICAS CENTRAIS DO EMERGENTISMO FISCALISTA

Em um sentido técnico, “propriedades emergentes” podem ser entendidas como *uma certa classe* de propriedades de nível superior que se relacionam *de uma certa maneira* à microestrutura de *uma classe de sistemas*. As expressões em itálico nesta definição correspondem a cláusulas em aberto que devem ser especificadas por uma teoria da emergência. Uma teoria da emergência deve, entre outras coisas, prover uma explicação sobre quais propriedades de uma classe de sistemas devem ser consideradas emergentes, bem como sobre *como* estas propriedades se relacionam à microestrutura de tais sistemas. Ela deve também estabelecer a classe de sistemas que exibem uma certa classe de propriedades emergentes.

Como afirmamos acima, não há uma teoria única da emergência a dar sentido a estas cláusulas. Em vista de tal variação conceitual, é importante iniciar qualquer argumento sobre a noção de emergência situando a perspectiva de onde se fala, na diversidade de teorias da emergência. Para tanto, começaremos pela apresentação de uma série de características centrais que teorias fiscalistas da emergência compartilham (cf. Stephan, 1999a, Cap. 3, 1998, 1999b).

Um filósofo ou cientista emergentista de orientação fiscalista deve, em primeiro lugar, estar comprometido com o *naturalismo*, afirmando que somente fatores naturais desempenham um papel causal na evolução do universo. Poderes ou entidades *sobrenaturais* não devem ser postulados no contexto de um emergentismo fiscalista. Portanto,

exame das relações entre a ciência e a religião. Embora muitos autores associados a tal programa caracterizem sua visão como uma espécie de ‘fiscalismo’ não-redutivo, não é claro, por um lado, em que medida o que eles entendem por “fiscalismo” é compatível com o significado usualmente atribuído ao termo na literatura filosófica atual, e, por outro, se a aceitação de premissas fiscalistas, tal como tipicamente entendidas, pode ser combinada com outras teses assumidas por esses autores, de modo a constituir uma posição filosófica logicamente coerente. Foge ao escopo deste trabalho aprofundar, em qualquer medida, a análise dessa outra tradição filosófica emergentista. Contudo, vale a pena destacar que nem todas as teses discutidas na próxima seção são aceitas por autores desta outra tradição emergentista e, além disso, que, mesmo no caso de teses aceitas por ambas as tradições, pode haver variações importantes em sua interpretação.

teorias fisicalistas da emergência não envolvem qualquer hipótese sobre forças vitais, substâncias mentais ou quaisquer outras entidades que não sejam compatíveis com suas suposições naturalistas. Assim, tais teorias não são suscetíveis a críticas que se apoiem num suposto comprometimento com aquelas hipóteses.

Emergentistas de orientação naturalista, por sua vez, usualmente defendem a idéia de que todas as entidades, em todos os níveis de organização, são constituídas, em última análise, de partes físicas. Esta tese é frequentemente denominada *monismo físico*. Ela pode ser enunciada como segue: no universo há somente – e sempre haverá – entidades constituídas fisicamente e qualquer propriedade ou estrutura emergente é instanciada por sistemas constituídos por entidades físicas (cf. Stephan, 1998, p. 640; 1999a, p. 66; 1999b, p. 50). Surge aqui o problema de definir o que significa afirmar que algo seja “constituído” ou “realizado fisicamente”.

Na filosofia da mente, é comum encontrarmos uma referência a partículas físicas básicas nos enunciados do monismo físico. Contudo, não é claro se o significado atribuído a esta expressão tem na devida conta o que sabemos hoje sobre a física de partículas. Kim (1997, p. 276-7), por exemplo, afirma que se pensa usualmente que o nível ontologicamente mais básico consiste de partículas elementares ou qualquer outra coisa que, de acordo com nossa melhor física, corresponde às partículas básicas, das quais toda a matéria é composta. Para a física atual, essas partículas seriam os quarks, os léptons e os mediadores. De acordo com o modelo dos quarks, os mésons e os bárions (coletivamente chamados de hádrons) são constituídos de quarks. Todo bárion é composto de três quarks, todo antibárion, de três antiquarks, e todo méson, de um quark e um antiquark (cf. Griffiths, 1987, p. 37-8). Além disso, há os léptons, incluindo, por exemplo, elétrons e neutrinos, e cada uma das interações fundamentais (força eletromagnética, força fraca, gravidade e força forte) tem seus mediadores (o fóton, por exemplo, é o mediador da força eletromagnética). Atualmente, as partículas elementares incluem 36 quarks (e antiquarks), 12 léptons (e antiléptons) e 12 mediadores. Estes são, de acordo com o Modelo Padrão da física de partículas, os constituintes fundamentais da matéria. A proposição de que quarks, léptons e mediadores são constituintes fundamentais da matéria desempenha um papel importante na física de partículas atual.

Deve-se notar, contudo, que essa afirmação é legitimada pela aceitação do Modelo Padrão, de modo que uma eventual superação desse modelo por algum outro (por exemplo, baseado na teoria das supercordas) poderia levar à sua substituição por outros constituintes fundamentais. Nesse contexto, vale a pena considerar que o modelo dos quarks, não obstante sua larga aceitação, se defronta com pelo menos duas dificuldades notáveis: a ausência de verificação experimental de quarks livres e sua inconsistência com o princípio da exclusão de Pauli (cf. Griffiths, 1987, p. 39-42). Por outro

lado, o número de partículas elementares postuladas pelo Modelo Padrão pode ser entendido como uma indicação de que devem existir partículas ainda mais elementares, de modo que seria prematuro admitir como certo que quarks, léptons e mediadores, para além dos pressupostos metafísicos do Modelo Padrão, sejam necessariamente as partículas elementares ou, inclusive, que há tais partículas. Griffiths resume a situação da seguinte maneira:

Chega-se assim a um número desconcertantemente grande de partículas supostamente “elementares”: 12 léptons, 36 quarks, 12 mediadores [...]. E [...] a teoria Glashow-Weinberg-Salam requer pelo menos uma partícula Higgs, de modo que nós temos um mínimo de 61 partículas com as quais lidar. Informadas por nossa experiência primeiro com os átomos e depois com os hádrons, muitas pessoas sugeriram que pelo menos algumas destas 61 [partículas] devem ser compostas de subpartículas mais elementares [...]. Pessoalmente, eu não penso que o grande número de partículas ‘elementares’ no Modelo Padrão seja em si mesmo alarmante, uma vez que elas são fortemente interrelacionadas (Griffiths, 1987, p. 48).

Conclui-se, então, que a situação atual da física de partículas sugere a possibilidade de conceber-se, mesmo com todo o sucesso e a aceitação do Modelo Padrão, a idéia de uma série descendente infinita de níveis. A física de partículas não *exige* que quarks, léptons e mediadores sejam as entidades fundamentais. Portanto, em primeiro lugar, apelar para a idéia de “partículas físicas básicas” parece pressupor a existência de um nível em que seriam encontrados os blocos fundamentais de constituição dos sistemas naturais, num contexto em que a tese dificilmente recebe apoio. Em segundo lugar, não é claro o que se poderia querer dizer com “partículas básicas” no contexto da física subatômica, em vista da dualidade onda-partícula. As entidades com as quais se trabalha na física subatômica parecem compartilhar, antes, aspectos dos conceitos de “partículas” e de “processos”. Elas são consistentes, assim, com uma filosofia de processos, que considera estes últimos prioritários em relação às substâncias (cf. Rescher, 1996). Nesses termos, o mundo seria um campo no qual processos de diferentes frequências interagiriam de muitos modos complexos e as substâncias seriam entendidas como “focos” de processos (cf. Salthe, 1985, p. 17). Uma filosofia dos processos não nega a existência de coisas no mundo, que foram tipicamente tratadas como substâncias, na tradição filosófica ocidental. À guisa de exemplo, coisas poderiam ser entendidas, numa filosofia de processos, da seguinte maneira: coisas diminutas seriam fenômenos de alta frequência e coisas grandes, fenômenos de baixa frequência (cf. Salthe, 1985, p. 17). O monismo físico pode ser reinterpretado de uma maneira consistente com uma filosofia de processos, por exemplo, concebendo-se as partículas

elementares e seus agregados como aspectos de algum processo (ou conjunto de processos) e dando-se atenção especial aos campos físicos e às ondas.²

Para fins de argumentação, assumimos a seguinte definição: algo é constituído ou realizado fisicamente quando está incluído em um nível físico global³ e, assim, não pode violar leis e quadros de referência espaço-temporais físicos, conforme descritos em nossa melhor física atual. Isso não implica, obviamente, que somente as entidades, os processos e as propriedades descritas na física teórica satisfaçam esta condição. Para fazer justiça ao uso geral do termo “físico”, inclusive em debates filosóficos, como no caso do problema mente-corpo, é preciso incorporar ao significado do termo uma hipótese que Emmeche, Koppe e Stjernfelt (1997, 2000) denominam “hipótese da inclusividade de níveis”. Esta hipótese afirma que a relação entre níveis é tal que um nível superior (por exemplo, o nível psicológico) é construído sobre níveis inferiores (no caso, os níveis biológico e físico), e todos os níveis estão, em última análise, incluídos em um nível físico global.⁴ Isso implica, de um lado, a não-violabilidade das leis físicas, como exige o monismo físico, e, de outro, acomoda uma visão hierárquica dos sistemas naturais.⁵ A incorporação da hipótese da inclusividade de níveis na interpretação do termo “físico” previne afirmações – em nossa visão, equivocadas – de que qualquer coisa que não seja descrita nos termos da física teórica é ‘não-física’. Este problema é encontrado em alguns argumentos contrários ao emergentismo. Em *Philo-*

² Para uma discussão detalhada sobre a filosofia de processos e suas implicações para a compreensão da emergência, remetemos o leitor a Bickhard & Campbell, 2000.

³ A referência a um nível físico global está apoiada na idéia de que a física é uma ciência que, no modelo cosmológico que se afirmou no pensamento ocidental moderno, trabalha sempre em escala global, propondo hipóteses verdadeiramente universais, isto é, válidas para todo o universo. A universalidade das leis físicas se apóia na suposição de que o cosmo (o nível físico global) pode ser tratado como um único sistema local, no que concerne à fenomenologia física. Por sua vez, ciências como a biologia, a psicologia, a economia etc., que investigam sistemas físicos especiais, caracterizados por padrões de organização característicos, estão estrangidas a hipóteses locais, na medida em que não há quaisquer razões para supor que biologias, psicologias, economias etc. compartilhem propriedades, caso existam em diferentes localidades do cosmo.

⁴ A hipótese da inclusividade de níveis pressupõe a idéia de uma ‘hierarquia perfeita’ (cf. Schoener, 1986; Allen & Starr, 2000), na qual todos os sistemas descritos em um dado nível possuem uma decomposição completa em partes descritas em um nível imediatamente inferior, como, no caso, por exemplo, de relações como a que se estabelece entre células e moléculas, ou moléculas e átomos. Deve-se considerar, contudo, que também são encontradas, em descrições científicas da natureza, hierarquias que não são perfeitas. Por exemplo, na ecologia, acima do nível das comunidades ecológicas, é tipicamente (mas nem sempre) colocado um nível, ecossistêmico, que abrange entidades que não têm uma decomposição completa em comunidades, na medida em que também incluem, entre seus constituintes, o ambiente físico-químico, constituído por entidades situadas muito abaixo das comunidades nas hierarquias típicas. Pensamos, contudo, que esta é uma complicação menor, no contexto do presente artigo, e não a exploraremos aqui.

⁵ El-Hani e Pihlström derivaram da hipótese da inclusividade dos níveis a proposta de um pluralismo pragmático na investigação e explicação de sistemas mentais e outros sistemas complexos. Para detalhes, cf. El-Hani e Pihlström, 2002a; 2002b; no prelo.

sophy of mind, por exemplo, Kim (cf. 1996, p. 232-3) argumenta que a causação descendente irredutível seria uma “causação de processos físicos por propriedades não-físicas”. El-Hani e Pereira (1999, p. 339; 2000, p. 134; cf. El-Hani & Emmeche, 2000, p. 258-9) utilizaram precisamente a hipótese da inclusividade de níveis como base para um argumento no sentido de que a interpretação do termo “físico”, em tais teses de Kim sobre a causação descendente, é demasiadamente estreita.⁶

A noção de *novidade* está relacionada a uma segunda proposição encontrada, de modo geral, nas filosofias emergentistas, a de que novas estruturas, entidades, propriedades, disposições, leis etc., são formadas no curso da evolução (cf. Stephan, 1999a, p. 20; 1998, p. 645; 1999b, p. 53). Teorias da emergência se opõem, assim, a qualquer tipo de posição preformacionista a respeito da constituição do universo.

Em terceiro lugar, as teorias da emergência requerem uma *distinção entre propriedades sistêmicas e não-sistêmicas*. Uma propriedade sistêmica é encontrada somente no nível do sistema, como um todo, e não no nível de suas partes; de outro lado, uma propriedade não-sistêmica é também encontrada nas partes do sistema. Somente propriedades sistêmicas podem ser emergentes, no sentido requerido pelo conceito de emergência (cf. Stephan, 1999a, p. 21; 1998, p. 641; 1999b, p. 50). Dito de outra maneira, propriedades emergentes constituem uma subclasse das *propriedades sistêmicas*. A outra subclasse contém as chamadas *propriedades resultantes*.

A quarta característica geral das teorias fisicalistas da emergência é a proposta de uma *hierarquia de níveis de existência*, usualmente – mas não sempre – incluindo os níveis físico, químico, biológico, mental e social. Em grande medida, foi em decorrência dessa suposição, a saber, a de uma organização hierárquica do mundo e das ciências correspondentes, que alguns filósofos e cientistas sentiram a necessidade de uma noção de emergência, como uma maneira de dar conta da idéia de que os níveis superiores da hierarquia são ontologicamente dependentes dos níveis inferiores, mas, ainda assim, são novos em relação a estes.

Emergentistas enfrentam, contudo, uma dificuldade importante nesse cenário. A dependência ontológica dos níveis superiores com relação aos inferiores é um corolário de como eles tipicamente elaboram suas visões naturalistas, como vimos, por meio da aceitação do monismo físico. Emergentistas comprometidos com o fisicalismo não podem evitar, por razões de coerência lógica, a aceitação da idéia de que as propriedades emergentes são dependentes de, e determinadas por, condições basais encontradas na microestrutura dos sistemas que as instanciam. De outro modo, as teorias fisicalistas

⁶ Deve-se observar que, mais recentemente, Kim (1998) reformulou seus argumentos sobre o significado do termo “físico”, evitando interpretá-lo da maneira estreita como encontramos em trabalhos anteriores. É curioso, contudo, que ele acuse os filósofos antireducionistas por terem uma tendência de descrever o domínio físico de modo excessivamente estreito (!) (cf. Kim, 1998, p. 113).

da emergência abrigariam uma contradição fatal. Contudo, esta dependência ontológica implica conseqüências que criam um enorme problema para a própria idéia de emergência. Uma destas conseqüências corresponde à quinta característica geral das teorias fisicalistas da emergência, a noção de *determinação sincrônica*: as propriedades e disposições de comportamento de um sistema dependem nomologicamente de sua microestrutura, isto é, das propriedades e dos arranjos de suas partes. Não pode haver qualquer diferença nas propriedades sistêmicas sem que haja alguma diferença nas propriedades e/ou no arranjo das partes do sistema (cf. Stephan, 1999a, p. 26; 1998, p. 641; 1999b, p. 50-1).

Em debates recentes, principalmente na filosofia da mente, a tese da *determinação sincrônica* tem sido tipicamente enunciada numa versão mais fraca, na forma da *tese da superveniência mereológica*. A razão pela qual esta última tese deve ser considerada mais fraca do que a determinação sincrônica reside no fato de que a superveniência não implica a determinação e a dependência das propriedades sistêmicas relativamente à microestrutura de um sistema. A superveniência apenas enuncia um padrão de covariância entre dois conjuntos de propriedades e não é possível derivar diretamente uma relação metafísica de dependência/determinação da covariância de propriedades (cf. Kim, 1993, 1997, 1998; Heil, 1998; Bailey, 1999). Em vista disso, a opção de Stephan por um enunciado mais forte, que diz respeito diretamente à determinação, em vez de apoiar-se na noção de superveniência, parece bastante apropriada.⁷

Em sexto lugar, embora alguns emergentistas, por exemplo, Popper, tenham defendido visões não-determinísticas (cf. Popper & Eccles 1986 [1977]), a aceitação de um *determinismo diacrônico* é uma das características do pensamento emergentista, pelo menos do emergentismo britânico, considerado clássico nesta tradição filosófica (cf. Blitz, 1992; McLaughlin, 1992; Stephan, 1999a). De acordo com esta tese, o advento de novas estruturas é um processo determinístico governado por leis naturais (cf. Stephan 1999a, p. 31). Contudo, é importante notar que isso não impede um tratamento não-determinístico da emergência, uma vez que não há qualquer razão para que os emergentistas atuais fiquem presos às teses da tradição britânica do emergentismo, como ilustra a existência de teorias da emergência de natureza não-determinista.

⁷ Na filosofia da mente, um outro argumento a favor da opção pela determinação sincrônica pode ser derivado do argumento convincente de Kim (1998) de que a tese da superveniência mente-corpo apenas enuncia o problema de *por que e como* o mental é dependente do, e determinado pelo, corpo. A superveniência não oferece, assim, uma solução para o problema mente-corpo, devendo esta solução ser formulada em termos de uma teoria mente-corpo específica, entre as muitas teorias rivais que podem oferecer explicações para a superveniência de propriedades mentais a propriedades físicas. No caso de uma teoria emergentista fisicalista sobre a mente, a explicação da superveniência é formulada em termos da determinação sincrônica de propriedades mentais por suas condições basais, na microestrutura dos sistemas neurais.

Emergentistas também estão geralmente comprometidos com a tese da *irreduzibilidade* das propriedades sistêmicas consideradas emergentes. Contudo, uma dificuldade importante surge quando se tenta fundamentar devidamente esta tese. É difícil conciliar as noções de irreduzibilidade e de determinação sincrônica. Ao assumirmos o monismo físico como premissa metafísica, somos levados, em consequência, a postular que propriedades emergentes são sincronicamente determinadas por suas condições basais; e a própria noção de emergência é colocada em risco (cf. El-Hani & Emmeche, 2000; El-Hani, 2000, 2002). Em um tipo de sistema S , dada uma relação de determinação sincrônica entre uma propriedade sistêmica e a microestrutura do sistema, parece possível identificá-las: para um dado tipo de sistema S , ter aquela propriedade sistêmica parece consistir somente em ter a microestrutura que constitui sua condição basal. E não se pode, como uma possível solução deste problema, simplesmente deixar de lado a noção de determinação sincrônica, porque correríamos, então, um outro risco, o de violar premissas assumidas pelo emergentismo physicalista e, assim, sustentar uma visão incoerente. Em termos ontológicos, se uma propriedade emergente é determinada sincronicamente pelas propriedades e relações das partes de um sistema, segue simplesmente que aquela propriedade é, em um sentido preciso, totalmente fixada por essas propriedades e relações de nível inferior. Seria uma contradição afirmar que uma propriedade emergente é sincronicamente determinada pela microestrutura de um sistema e, ao mesmo tempo, supor que um microdeterminismo não se aplica a esse caso. Contudo, a aceitação da tese ontológica acima, necessária – é importante enfatizar – em uma visão physicalista, parece trazer dificuldades para a defesa da irreduzibilidade de qualquer propriedade sistêmica.

Considere-se, por exemplo, a seguinte derivação de problemas epistemológicos e metodológicos a partir daquela tese. Em termos epistemológicos, se admitirmos que as propriedades emergentes são determinadas pela microestrutura de um sistema, por que uma explicação daquelas propriedades não deveria ser redutível a uma explicação desta última? Ou, dada a mesma premissa, por que não deveria ser o caso, em termos metodológicos, de que o emprego de métodos analíticos seja a melhor opção para a investigação de qualquer classe de sistemas, sendo necessário orientar os esforços de pesquisa para o estudo cada vez mais minucioso da microestrutura dos sistemas? Não pretendemos, com isso, afirmar que as tensões entre a tese da determinação sincrônica e o compromisso emergentista com a irreduzibilidade não podem ser superadas, mas, se pretendemos andar na corda bamba erguida por este conjunto de idéias, argumentos cuidadosos e convincentes devem ser construídos. A tese central deste artigo é a de que um passo fundamental na construção de tais argumentos consiste em distinguir claramente os diferentes modos em que uma propriedade emergente pode ser irreduzível.

Uma oitava noção frequentemente empregada no pensamento emergentista é a de *imprevisibilidade* (em princípio). Esta noção pode ser aplicada tanto a (1) propriedades sistêmicas instanciadas em algum sistema, em algum momento, se aquelas propriedades forem irreduzíveis ou se sua instanciação não puder ser prevista com base no estado do mundo e das leis vigentes antes daquele momento (Stephan, 1999a, p. 47, 54), quanto a (2) estruturas novas, se elas forem formadas por um processo não-determinístico ou, talvez, por um processo caótico (cf. Stephan, 1999a, p. 57; 1998, p. 646-7; 1999b, p. 53-4).

Finalmente, uma nona característica central do emergentismo fisicalista, foco de intenso debate na literatura contemporânea, é a idéia de *causação descendente*: novas estruturas ou novos tipos de *estados de relação* (*relatedness*) de objetos preexistentes manifestam uma eficácia causal descendente, caso determinem o comportamento de suas partes, de tal modo que este comportamento não possa ser reduzido ao comportamento das partes em sistemas menos complexos (cf. Stephan, 1999a, p. 64).

2. VARIEDADES DO EMERGENTISMO FISCALISTA

As características centrais do emergentismo discutidas acima são utilizadas por Stephan (cf. 1999a, Cap. 4, 1998, 1999b) para descrever uma variedade de filosofias emergentistas, que diferem significativamente umas das outras, no que diz respeito à força das teses defendidas. Ele considera, inicialmente, três variedades de emergentismo – fraco; sincrônico; e diacrônico – e, posteriormente, expande sua tipologia, incluindo seis posições emergentistas diferentes, todas elas comprometidas com o fisicalismo.⁸ O *emergentismo fraco* assume:

- (1) o naturalismo na forma de um monismo físico;
- (2) a idéia de que há propriedades sistêmicas;
- (3) a tese da determinação sincrônica.

Estas proposições correspondem às condições mínimas para uma filosofia emergentista fisicalista. O emergentismo fraco constitui, portanto, uma base comum para todas as teorias fisicalistas mais fortes da emergência. No entanto, trata-se de uma visão compatível com o fisicalismo reduutivo. Assim, o emergentismo fraco enfrenta um problema fundamental diante das motivações usualmente subjacentes à defesa de

⁸ No presente artigo, consideraremos somente as três variedades mais básicas distinguidas por Stephan. Para maiores detalhes, cf. Stephan, 1998, 1999a, 1999b.

teorias da emergência, uma vez que estas são tipicamente entendidas como posições filosóficas de natureza anti-reducionista.

Pode-se até mesmo afirmar que, se o emergentismo for interpretado como uma posição necessariamente anti-reducionista, o emergentismo fraco, por ser compatível com o reducionismo, não nos permite falar realmente em emergência. Esta conclusão, contudo, está aberta ao debate. Afinal, pode-se argumentar, como pretendemos fazer neste artigo, que as discussões sobre emergência e redução são frequentemente baseadas em uma referência muito genérica ao significado do termo “redução”, de tal modo que qualquer compromisso com qualquer tipo de redução termina por implicar, por definição, que se está negando o compromisso fundamental do emergentismo com a *irredutibilidade* das propriedades emergentes. Entretanto, o termo “redução” tem uma variedade de significados, podendo ser definido de diferentes modos, alguns dos quais compatíveis, outros, incompatíveis, com a noção de emergência. Retornaremos a este ponto mais abaixo.

Seja como for, mostra-se natural que, diante da constatação de que o emergentismo fraco é compatível com o reducionismo, muitos cientistas e filósofos emergentistas contemporâneos estejam envolvidos em tentativas de formular de maneira consistente variedades mais fortes de emergentismo. É neste movimento, contudo, que os problemas mais difíceis enfrentados pelas filosofias emergentistas são encontrados.

Tanto o emergentismo sincrônico como o diacrônico incluem teorias fortes da emergência. Estas duas variedades de emergentismo estão intimamente relacionadas, sendo frequentemente combinadas em teorias particulares sobre a emergência. Ainda assim, é importante distingui-las. O emergentismo sincrônico se ocupa principalmente da relação mereológica entre as propriedades de um sistema e sua microestrutura. A noção central nesta variedade de emergentismo é a de *irredutibilidade*. O emergentismo diacrônico está principalmente voltado para o problema de como as propriedades emergentes vêm a ser instanciadas no processo evolutivo, enfocando em seus argumentos a noção de imprevisibilidade.

Ao combinar os três postulados do emergentismo fraco com (4) a tese da irredutibilidade das propriedades sistêmicas emergentes, o *emergentismo sincrônico* resulta em uma doutrina que é, em princípio, incompatível com o fisicalismo reduutivo. Mas o que significa, precisamente, afirmar que uma propriedade emergente é irredutível? Essa questão conduz ao problema indicado acima sobre a existência de diferentes modos de redução e, conseqüentemente, sobre os diferentes sentidos de acordo com os quais uma propriedade emergente pode ser considerada irredutível. Em artigos anteriores (cf. El-Hani & Emmeche, 2000; El-Hani, no prelo), examinamos as conseqüências de diferentes formas de reducionismo e redução encontradas na filosofia da ciência nas discussões acerca da irredutibilidade das propriedades emergentes. No presente

artigo, a ênfase recairá, principalmente, sobre as conseqüências de distinções entre os modos de irreducibilidade encontradas na própria literatura emergentista.

O *emergentismo diacrônico*, por sua vez, está relacionado à *doutrina da evolução emergente*. Nos debates sobre a evolução emergente, a principal questão diz respeito a quais sistemas e propriedades podem ser considerados imprevisíveis (em princípio) antes de sua primeira exemplificação. A combinação de (5) a tese da imprevisibilidade em princípio com os postulados do emergentismo fraco também resulta em uma doutrina filosófica que é, em princípio, incompatível com o reducionismo. Todas as teorias diacrônicas da emergência estão baseadas, em última análise, na tese de que surgem novidades ao longo da evolução, opondo-se, assim, a qualquer tipo de preformacionismo no processo evolutivo. Contudo, se somente a tese da novidade for adicionada aos postulados do emergentismo fraco, a posição resultante não poderá ser considerada uma teoria forte da emergência, incompatível com o fisicalismo reduutivo. Variedades fortes de emergentismo diacrônico requerem a tese da imprevisibilidade em princípio – e não somente prática – de propriedades e estruturas novas. Entra em cena, então, a noção de “novidade genuína”, freqüentemente encontrada em escritos de filósofos e cientistas emergentistas: uma propriedade ou estrutura “genuinamente nova” não é apenas nova no sentido de que não havia sido exemplificada anteriormente; ela é nova porque não poderia ter sido prevista teoricamente, antes de sua primeira exemplificação.

É importante distinguir, portanto, entre imprevisibilidade teórica e indutiva neste contexto (cf. Kim, 1999). Os emergentistas defendem tipicamente, por um lado, a idéia de que as propriedades emergentes não podem ser teoricamente previstas antes de sua primeira exemplificação, mas as consideram, por outro lado, indutivamente previsíveis, após seu surgimento. Isso segue da tese da determinação sincrônica. Se descobirmos que uma propriedade emergente, E , é exemplificada sempre que um dado tipo de sistema, W , instancia um conjunto específico de condições basais, S , podemos prever, indutivamente, que um caso de W instanciará E em t_i , com base em nosso conhecimento, ou em nossa crença, de que aquele caso de W instanciará S em t_{-i} .

Deve estar claro, ainda, que a tese da imprevisibilidade, embora freqüentemente combinada com a tese da irreducibilidade em muitas filosofias emergentistas, é mais complexa, uma vez que há outros motivos, além da irreducibilidade, para que as propriedades sejam teoricamente imprevisíveis antes de sua primeira exemplificação. Uma propriedade ou um processo sistêmico pode ser imprevisível em princípio por duas razões (cf. Stephan, 1998, p. 645):

- (1) porque a microestrutura do sistema, em que a propriedade ou o processo é instanciado (e que o determina sincronicamente), é imprevisível em princípio;

- (2) porque a propriedade ou o processo é irredutível, não importando, neste caso, se a microestrutura do sistema é imprevisível em princípio.

Como o segundo caso não oferece ganhos adicionais, relativamente àqueles obtidos no tratamento da irredutibilidade, tratamentos específicos do problema da imprevisibilidade devem pôr em foco, especificamente, a imprevisibilidade da microestrutura que realiza uma dada classe de propriedades sistêmicas.⁹

As teorias da emergência, em toda a sua variedade, evocam um bom número de problemas filosóficos que não podem ser negligenciados em qualquer tentativa séria e bem informada de utilizar o conceito de emergência. Assim, não se deve perder de vista tais problemas, ao utilizar-se a noção de emergência ou de propriedades emergentes. Isso pode ser observado, por exemplo, em livros didáticos de biologia que fazem uso do conceito de propriedades emergentes, como é freqüente na grande maioria dos livros de biologia geral (cf. Campbell & Reece 2002; Audesirk et al., 2001), bem como em livros de outras disciplinas biológicas, como a ecologia (cf. Odum 1988) ou a zoologia (cf. Ruppert & Barnes, 1996).¹⁰ Visões similares também são encontradas em artigos científicos (cf. Odum, 1977; Loehle & Pechmann, 1988). Nestes casos, as propriedades emergentes são freqüentemente definidas como propriedades que:

- (1) não são encontradas nas partes de um sistema;
- (2) são imprevisíveis a partir do estudos dos componentes de um sistema;
e/ou
- (3) são irredutíveis às propriedades das partes de um sistema.

Note-se, primeiro, o contraste com a definição que apresentamos acima, na qual estão presentes várias cláusulas em aberto e a qual requer a proposta de uma teoria sobre a emergência, para que se atribua um significado preciso a idéias centrais na compreensão desta classe de propriedades. Em segundo lugar, deve-se observar que, tipicamente, não são apresentadas definições ou explicações para os conceitos de “irredutibilidade” e “imprevisibilidade” ou, quando muito, são oferecidas explicações simplistas.¹¹ Não é suficiente apenas referir-se a conceitos complexos, como os de

⁹ É o que fazem, por exemplo, Queiroz & El-Hani (no prelo) e El-Hani & Queiroz (no prelo), na discussão das condições que devem ser satisfeitas para que processos semióticos sejam caracterizados como emergentes.

¹⁰ Castro & El-Hani (2003a, 2003b) relatam um estudo sobre o uso do conceito de propriedades emergentes em livros didáticos de biologia.

¹¹ El-Hani e Videira (2001) discutem, por exemplo, uma explicação simplista do conceito de propriedades emergentes que aparece no livro de Odum, 1988.

“irredutibilidade” e “imprevisibilidade”, na ausência de um tratamento conceitual que torne mais claro o que se pretende afirmar com tais conceitos. Apesar de alguns autores, como, por exemplo, Odum (1988), por vezes incluírem algumas explicações a esse respeito, eles estão longe de reconhecer (quanto mais de resolver) os difíceis problemas relacionados a esses conceitos. Isso significa, no fim das contas, confiar em um punhado de “palavras mágicas” para dar conta de um conceito tão complexo e controverso quanto o de emergência.

3. MODOS DE IRREDUTIBILIDADE

Pode-se discernir dois modos gerais de irredutibilidade (cf. Stephan, 1998, p. 642-3; 1999, p. 68). O primeiro modo está baseado na não-analisabilidade das propriedades sistêmicas:

(I) *Irredutibilidade como não-analisabilidade*. Propriedades sistêmicas que não podem ser analisadas em termos do comportamento das partes de um sistema são necessariamente irredutíveis (cf. Stephan, 1998, p. 643).

Esta noção, que cumpre um papel importante nos debates sobre os *qualia*, está relacionada a uma primeira condição de redutibilidade, a saber, que uma propriedade *P* será redutível, se, do comportamento das partes do sistema, seguir que o sistema exibe *P*. Inversamente, uma propriedade sistêmica *P* de um sistema *S* será irredutível se não seguir, nem mesmo em princípio, do comportamento das partes de *S* que *S* exiba *P*.

Desde Broad (1925), as qualidades fenomenais da experiência humana (*qualia*) têm sido consideradas irredutíveis porque violam a condição de analisabilidade. Usualmente afirma-se que os *qualia* não podem ser caracterizados adequadamente em termos do comportamento macroscópico ou microscópico das partes do sistema nervoso central, nem mesmo em princípio, com base na premissa de que se trata de propriedades intrínsecas, não-relacionais, da experiência. Essa idéia foi expressa por Levine (cf. 1983), por exemplo, em termos de uma “lacuna explicativa” (*explanatory gap*) entre os processos biológicos/físicos e os estados fenomenais da consciência (*qualia*), que jamais poderia ser preenchida por qualquer avanço do conhecimento científico, em vista da não-analisabilidade dos *qualia*.

Se um fenômeno for emergente por ser não-analisável, isso implicará que ele é fundamental e irredutível, no sentido de que não pode ser nem previsto nem explicado com base nas propriedades de suas próprias condições basais. As propriedades emer-

gentes não-analisáveis devem, então, ser aceitas como fatos brutos, inexplicáveis, ao menos do ponto de vista científico. Na filosofia da mente, o conceito de irredutibilidade é usualmente empregado nesse sentido. À guisa de exemplo, podemos citar as discussões de Kim (cf. 1992, 1993, 1996, 1997, 1998) sobre a irredutibilidade, nas quais essa noção é tipicamente combinada com a de inexplicabilidade, de modo a constituir uma única tese. Além disso, podemos dizer que, em muitos escritos de Kim, no fim das contas, somente os *qualia* são aceitos como propriedades emergentes, precisamente por serem, na visão desse filósofo, intrínsecos, não-relacionais, sendo, por conseguinte, entendidos como propriedades brutas, que não podem ser explicadas do ponto de vista de nossa compreensão dos sistemas biológicos/físicos.

Parece-nos que uma restrição do entendimento da irredutibilidade de propriedades emergentes somente a este modo, que é consideravelmente forte, não tem na devida conta a utilidade do conceito em outros domínios da investigação. Na verdade, tal restrição torna as teses sobre a emergência tão fortes que, ao menos no domínio das ciências naturais, elas tendem a ser falseadas. Afinal, propriedades emergentes irredutíveis por serem não-analisáveis não podem ser explicadas naturalisticamente e a busca de explicações para os fenômenos pautadas em causas naturais cumpre um papel central no sistema de valores da ciência moderna. Se propriedades emergentes forem consideradas inexplicáveis, elas serão vistas, pela vasta maioria dos cientistas naturais, com desconfiança, como tributárias de uma idéia misteriosa, que pouco ou nada teria a contribuir para a compreensão dos sistemas estudados pelas ciências empíricas. Nesses termos, o conceito de emergência dificilmente virá a cumprir nas ciências naturais o papel que muitos cientistas e filósofos emergentistas pensam que ele deve cumprir.

Uma segunda noção de irredutibilidade se baseia na não-dedutibilidade do comportamento das partes de um sistema:

(I₂) *Irredutibilidade do comportamento das partes do sistema.* Uma propriedade sistêmica será irredutível se ela for determinada sincronicamente pelo comportamento específico que as partes exibem no interior de um sistema de um certo tipo, e este comportamento, por sua vez, não seguir do comportamento que os componentes apresentam quando isolados, ou quando no interior de sistemas de tipos mais simples (cf. Stephan, 1998, p. 644).

Este conceito de irredutibilidade está relacionado à noção de *causação descendente*, na medida em que é possível supor, de maneira plausível, que é na influência do sistema no qual uma propriedade emergente *P* é observada sobre o comportamento de suas partes que reside a razão pela qual não é possível deduzir este último do compor-

tamento que aquelas mesmas partes exibem, quando isoladas ou como partes de sistemas de tipos mais simples.¹²

Uma segunda condição de redutibilidade é violada neste caso, implicando que uma propriedade sistêmica P de um sistema S será irredutível se ela for realizada por partes do sistema S cujo comportamento não segue, nem mesmo em princípio, do comportamento que elas próprias exibem em sistemas mais simples do que S .

Mais recentemente, Stephan e colaboradores apresentaram as noções de irredutibilidade como não-analisabilidade e como não-dedutibilidade na forma de duas condições para a emergência, que denominaram ‘vertical’ e ‘horizontal’ (cf. Boogerd et al., 2004). Tomando como ponto de partida os trabalhos de Broad (cf. 1919, 1925), estes autores distinguiram duas condições independentes para a emergência, não diferenciadas explicitamente por aquele filósofo (cf. a fig. 1). Para Boogerd e colaboradores, uma propriedade sistêmica P de um sistema $R(A,B,C)$ é emergente se uma dessas duas condições for satisfeita.

A condição vertical representa uma situação na qual a propriedade sistêmica P é emergente porque não pode ser explicada, nem mesmo em princípio, por referência a propriedades das partes, a suas relações dentro do sistema $R(A,B,C)$, considerado em sua totalidade, a leis da natureza relevantes e a princípios de composição.

A condição horizontal representa uma situação em que a propriedade sistêmica P é emergente porque as propriedades das partes dentro do sistema $R(A,B,C)$ não podem ser deduzidas de suas propriedades, em isolamento ou em outras totalidades, nem mesmo em princípio.

Como essas duas condições são independentes, há duas possibilidades diferentes para a ocorrência de propriedades emergentes:

- (1) uma propriedade sistêmica P de um sistema S é emergente se não seguir das propriedades das partes em S , nem mesmo em princípio, que S possua a propriedade P ; e
- (2) uma propriedade sistêmica P de um sistema S é emergente, se não seguir das propriedades das partes em sistemas diferentes de S , nem mesmo em princípio, como elas se comportarão em S , realizando P .

¹² Nas últimas duas décadas, o problema da causação descendente tem sido debatido intensamente na literatura sobre a emergência. Para maiores detalhes, cf., entre outros, Schröder, 1998; Stephan, 1999a; Andersen et al., 2000; El-Hani & Emmeche, 2000; El-Hani & Videira, 2001; El-Hani, 2002. No presente artigo, não discutiremos em detalhes o problema da causação descendente, por razões de espaço.

A condição vertical para a emergência exprime de uma maneira diferente a idéia de não-analisabilidade. Mesmo se conhecermos (i) quais propriedades e relações A, B e C exibem dentro do sistema $R(A, B, C)$, (ii) as leis da natureza relevantes, e (iii) todos os princípios de composição necessários, ainda assim não seremos capazes de deduzir que o sistema $R(A, B, C)$ exhibe a propriedade P . Este é um caso no qual a condição de analisabilidade é violada, uma vez que não segue, nem mesmo em princípio, do comportamento das partes A, B e C no sistema $R(A, B, C)$ que este último venha a instanciar a propriedade P .

A condição horizontal para a emergência exprime de uma maneira diferente a idéia de irredutibilidade baseada na não-dedutibilidade do comportamento das partes do sistema. Neste caso, se conhecermos a estrutura do sistema $R(A, B, C)$, seremos capazes de explicar e prever o comportamento das partes em seu interior e, portanto, a instanciação da propriedade P . Vale a pena reiterar que é apenas quando a condição vertical para a emergência é satisfeita que não é possível prever e explicar P com base em nosso conhecimento de $R(A, B, C)$.

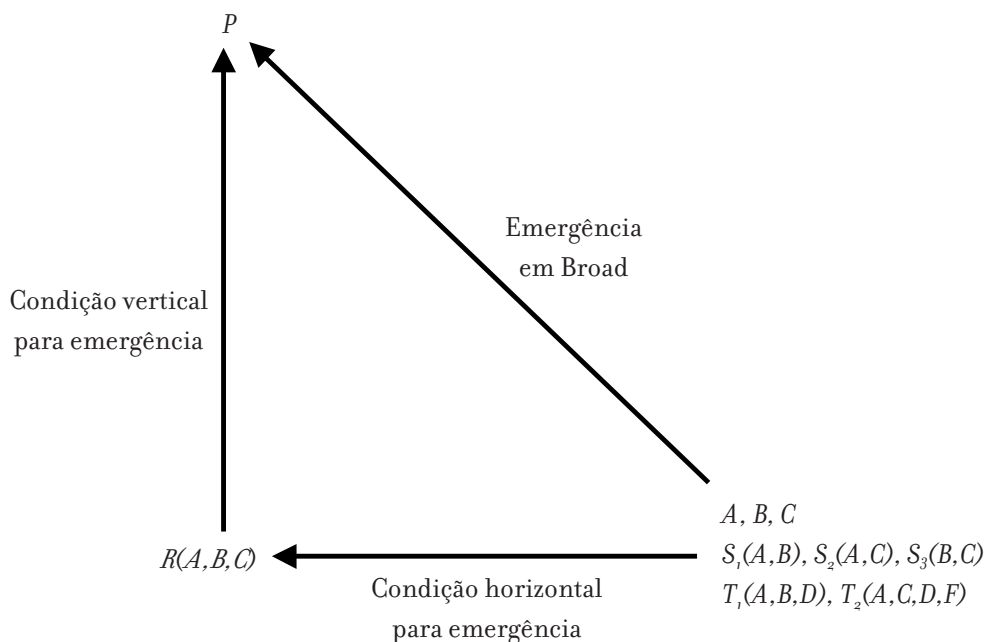


Figura 1. Condições vertical e horizontal para a emergência. A, B e C são partes que constituem o sistema $R(A, B, C)$, que exhibe P , uma propriedade sistêmica. $S_1(A, B)$, $S_2(A, C)$ e $S_3(B, C)$ são sistemas mais simples incluindo estas mesmas partes. $T_1(A, B, D)$ é um sistema com o mesmo número de partes, e $T_2(A, C, D, F)$ é um sistema com mais partes do que $R(A, B, C)$. A seta diagonal representa a idéia de emergência de Broad. As setas horizontal e vertical exprimem as duas condições implícitas em Broad que foram explicitadas por Boogerd e colaboradores. (cf. Boogerd et al., 2004).

Boogerd e colaboradores discutem os recursos disponíveis para a dedução das propriedades das partes dentro de $R(A,B,C)$ a partir de suas propriedades em outros tipos de sistemas, com o intuito de estabelecer a base apropriada para a realização de tal inferência (cf. Boogerd et al., 2004). Podemos deduzir as propriedades das partes em $R(A,B,C)$ a partir de suas propriedades em sistemas de maior ou menor complexidade ou, ainda, de mesma complexidade (ver a figura 1).¹³ As bases possíveis de dedução das propriedades das partes em $R(A,B,C)$ incluem: (1) sistemas mais complexos, como $T_1(A,C,D,F)$; (2) sistemas com o mesmo grau de complexidade, como $R_1(A,B,D)$; (3) sistemas mais simples, como $S_1(A,B)$, $S_2(A,C)$ e $S_3(B,C)$; e (4) as partes A , B e C isoladas. Estes autores argumentam, de maneira convincente, que somente (3) é uma base de dedução interessante, uma vez que a base (4) trivializa a emergência (ou seja, neste caso, toda e qualquer propriedade de um sistema pareceria ser ‘emergente’) e as bases (1) e (2) trivializam a não-emergência (isto é, neste caso, toda e qualquer propriedade de um sistema pareceria ser ‘não-emergente’). Eles concluem, assim, que o caso apropriado para a compreensão da condição horizontal para a emergência é (3), no qual se tenta deduzir o comportamento de $R(A,B,C)$, ou de suas partes a partir de sistemas menos complexos.

Esta análise mais detalhada do conceito de irredutibilidade conduz, naturalmente, à seguinte questão: o que significa, precisamente, afirmar que propriedades emergentes de uma dada classe são irredutíveis? Afinal, uma determinada classe de propriedades (por exemplo, as propriedades fenomenais da experiência humana) pode ser irredutível em um sentido, enquanto outra classe (digamos, as propriedades intencionais) pode ser irredutível em outro sentido. No presente artigo, estamos interessados, em particular, no modo de irredutibilidade que se mostra válido no caso de propriedades de sistemas biológicos.

4. EM QUE SENTIDO PROPRIEDADES EMERGENTES BIOLÓGICAS SÃO IRREDUTÍVEIS?

Considere-se uma propriedade sistêmica P_1 , determinada sincronicamente por um tipo de microestrutura W , encontrada em sistemas vivos da classe S , por exemplo, a divisão celular mitótica, e outra propriedade biológica sistêmica P_2 , determinada sincronicamente por um tipo de microestrutura R , encontrada em sistemas da classe S' , por exemplo, a divisão celular por cissiparidade. Considere-se, ainda, que S' é uma

¹³ Neste ponto, é importante comentar que Boogerd et al. (2004) têm consciência, obviamente, de que a complexidade não depende somente do número de componentes de um sistema, mas também de sua estrutura e da natureza das interações entre as partes. Eles indicam diferenças de complexidade através do número de partes somente para os fins de seu argumento.

classe de sistemas menos complexos do que aqueles classificados em S . Por “complexidade”, estamos entendendo aqui um conceito que combina o número de elementos que compõem os sistemas, o número de interações mútuas entre tais elementos e, neste último caso, em particular, o número, a elaboração e a precisão dos mecanismos de controle internos ao sistema, por exemplo, dos subsistemas de retroalimentação que ele apresenta.

Se enfocarmos, primeiro, a propriedade biológica P_1 , poderemos afirmar que ela é *reduzível* à microestrutura W no sentido de sua analisabilidade, ou seja, que a condição vertical para a emergência não é válida neste caso. Se conhecermos as propriedades e relações dos componentes celulares dentro de sistemas da classe S , com estrutura W , as leis da natureza relevantes e os princípios de composição necessários, seremos capazes de deduzir que sistemas do tipo S exibem a propriedade P_1 de dividir-se por mitose. Nesses termos, deveremos ser capazes de prever indutivamente que, e explicar dedutivamente por que, S exibe P_1 . Não é neste sentido, pois, que P_1 pode ser considerada irredutível. A condição vertical para a emergência não é válida neste caso, isto é, P_1 não é uma propriedade irredutível por não-analisabilidade. Nesse sentido de “irreduzibilidade”, ao contrário, P_1 é *reduzível*.

Este argumento segue, na verdade, da determinação sincrônica de P_1 por W , na medida em que não se postula, no caso de sistemas biológicos, a existência de lacunas explicativas entre a microestrutura dos sistemas vivos e suas propriedades sistêmicas, ao menos de uma perspectiva fisicalista, largamente dominante nas ciências biológicas desde o começo do século xx. Isso significa, considerando-se nosso exemplo, que a divisão celular mitótica não é *irreduzível* à microestrutura dos sistemas biológicos que a exibem *no sentido de sua não-analisabilidade*. Esta é uma tese totalmente compatível com o conhecimento biológico estabelecido de acordo com o qual é de fato possível prever e explicar a ocorrência de mitose a partir do conhecimento dos componentes e da estrutura de uma classe de sistemas biológicos.

Se passarmos a examinar, então, se a propriedade P_1 pode ser irredutível em termos de sua não-dedutibilidade, deveremos perguntar se as propriedades das partes em S podem ser deduzidas de suas propriedades em sistemas mais simples, pertencentes à classe S' e caracterizados pela microestrutura R . Neste caso, podemos afirmar, com segurança, também a partir do conhecimento biológico estabelecido, que é bastante provável que P_1 seja irredutível neste sentido. Neste caso, o que se está afirmando é que, se conhecermos as propriedades das partes e a estrutura de sistemas da classe S' , não seremos capazes de deduzir como aquelas partes se comportariam em sistemas da classe S , *na ausência de* um conhecimento sobre a microestrutura W . Se não podemos deduzir como as partes se comportam em S , então não seremos capazes de prever ou explicar as propriedades emergentes que aquelas partes realizam em S , incluindo P_1 .

Isso também segue da determinação sincrônica de P_1 por W , uma vez que, na ausência de W , não seria possível explicar a instanciação de P_1 , em virtude de não sabermos como as partes A, B, C, \dots, N se comportam, quando submetidas ao padrão de organização característico de S . De acordo com nosso exemplo, isso significaria supor que uma comunidade C de biólogos, que jamais tenha observado um sistema celular que se divide por mitose, envolvendo estruturas complexas como o fuso mitótico, mas conhece apenas sistemas que realizam uma divisão celular mais simples, por cissiparidade, sem envolver uma estrutura daquela natureza, não teria como inferir a ocorrência de mitose em sistemas que exibissem fuso mitótico (na verdade, é pouco provável que eles pudessem inferir até mesmo a existência de um fuso mitótico). Parece-nos que esta suposição pode ser plausivelmente defendida, em termos do conhecimento biológico contemporâneo.

As propriedades emergentes de sistemas biológicos podem ser consideradas *irreduzíveis*, em suma, no sentido de que não é possível deduzir sua instanciação em sistemas vivos de uma dada classe, S , a partir do conhecimento somente de sistemas vivos mais simples, da classe S' , que instanciam outras propriedades sistêmicas. Em outras palavras, as propriedades emergentes biológicas são *irreduzíveis por não-dedutibilidade*, mas não são *irreduzíveis por não-analisabilidade* (assim, podemos afirmar que elas são redutíveis em termos de sua analisabilidade). Ou, dito de outra maneira, a condição horizontal para a emergência é válida para esta classe de propriedades, mas não a condição vertical.

Devemos retomar, então, o problema da reconciliação entre as noções de irreduzibilidade e determinação sincrônica. A tese de que as propriedades emergentes são sincronicamente determinadas por suas condições basais não coloca em risco a irreduzibilidade de propriedades emergentes por não-dedutibilidade, mas somente a irreduzibilidade por não-analisabilidade. Desse modo, não representa problema, no caso da filosofia da biologia, o fato de, para um dado tipo de sistema S , S exibir uma determinada propriedade sistêmica, P_1 , parece consistir somente em S possuir a microestrutura que constitui a condição basal daquela propriedade. Ao contrário, para sistemas biológicos, essa proposição é claramente válida, uma vez que propriedades biológicas sistêmicas podem ser analisadas em termos da microestrutura que as constitui. O que poderia representar um problema, no caso dos sistemas biológicos, seria a afirmação de que uma propriedade emergente, P_1 , de sistemas vivos de uma dada classe, S , poderia ser deduzida, pura e simplesmente, do conhecimento a respeito de sistemas mais simples, de uma classe S' . Esta é, contudo, uma questão de natureza bastante diversa do problema da não-analisabilidade. Além disso, enquanto é bastante plausível que a comunidade de biólogos mostre grande desconfiança em relação à tese da não-analisabilidade, já não é tão plausível que a tese da não-dedutibilidade provoque grande resistência.

5. IRREDUTIBILIDADE POR NÃO-DEDUTIBILIDADE E VARIEDADES DE REDUCIONISMO

A dimensão horizontal da emergência, isto é, o modo da irredutibilidade no qual as propriedades emergentes de uma classe de sistemas são consideradas irredutíveis em virtude de sua não-dedutibilidade, é suficiente para a construção de uma doutrina emergentista não-reducionista? Isso depende de como são concebidas as tarefas do emergentismo, em diferentes campos do conhecimento filosófico e científico. A condição vertical para a emergência e, portanto, a proposição de propriedades emergentes irredutíveis por conta de sua não-analisabilidade têm um papel importante no caso de objetivos metafísicos assumidos em determinados campos da discussão filosófica, como, por exemplo, nos debates sobre os *qualia*. Este tipo de conceito de emergência parece não ter lugar, contudo, nas ciências naturais, o que não diminui, de modo algum, sua relevância, dada a importância central de problemas filosóficos como o da natureza dos *qualia*, ou da consciência. A tese de que os fenômenos emergentes, por serem irredutíveis, não podem ser previstos ou explicados naturalisticamente, com base nas propriedades e relações dos constituintes dos sistemas nos quais são exemplificados, não se mostra aceitável no contexto das ciências naturais como uma consequência direta do compromisso de tais ciências com o naturalismo. Para desempenhar um papel fértil nas ciências naturais, um conceito de emergência deve ser compatível com as explicações naturalísticas, o que indica, como veremos abaixo, que ele deve ser compatível com alguma forma de redução. Trata-se, assim, de um conceito de emergência que deve ser mais fraco do que aquele tradicionalmente presente nas discussões sobre a emergência como aquelas encontradas na filosofia da mente.

Considerando-se uma distinção entre três variedades bastante amplas de reducionismo – ontológico, epistemológico e metodológico (cf. Ruse, 1995) –, podemos afirmar que uma posição emergentista na biologia, se formulada nos termos que apresentamos no presente artigo, é compatível com um *reducionismo ontológico*, desde que entendido no sentido de que a totalidade da realidade é formada a partir de um número mínimo de entidades e/ou processos fundamentais ou, mais especificamente, de que no universo há somente entidades e processos constituídos fisicamente e qualquer propriedade, estrutura ou processo emergente é instanciado por sistemas constituídos de maneira exclusivamente física.¹⁴ Em termos ontológicos, não há problema em assumir que uma propriedade emergente biológica é totalmente fixada pelas propriedades e relações entre os componentes de um sistema biológico, em um nível inferior.

¹⁴ Ou seja, o reducionismo ontológico, conforme definido por Ruse (1995), é indistinguível do monismo físico, de modo que não causa espanto que uma teoria emergentista fiscalista no domínio da biologia seja compatível com esta tese.

De fato, tornou-se dominante no pensamento biológico, desde o começo do século xx, com o declínio das visões vitalistas sobre os seres vivos, a idéia de que todos os tipos de sistemas naturais consistem em diferentes arranjos dos mesmos constituintes fundamentais e, portanto, que as diferenças marcantes entre os sistemas vivos e os inanimados devem ser entendidas como o resultado de diferenças na organização da matéria em tais sistemas, e não da presença de alguma substância adicional nos seres vivos.

Esse argumento conduz a uma conclusão importante: a aceitação da tese reducionista ontológica não traz dificuldade, necessariamente, para a defesa da irreduzibilidade de qualquer propriedade sistêmica. No caso das propriedades emergentes biológicas, em particular, não é dessa tese que decorrem as dificuldades mais importantes. Desse modo, não nos parece que a polêmica sobre o reducionismo, no caso de sistemas biológicos, deva focar exclusiva ou mesmo principalmente o reducionismo ontológico.

Em termos epistemológicos, pode-se afirmar que, da tese de que as propriedades emergentes são determinadas pela microestrutura de um sistema, segue a conclusão de que uma explicação de tais propriedades deve ser redutível a uma explicação microestrutural do sistema. Esta tese epistemológica também não traz dificuldades para a visão da irreduzibilidade das propriedades emergentes biológicas defendida aqui, uma vez que ela admite, precisamente, que tais propriedades podem ser explicadas mecanisticamente a partir das propriedades e relações dos componentes dos sistemas biológicos, das leis da natureza relevantes e dos princípios de composição necessários.

A aceitação de tal explicação mecanística faz justiça, no fundo, à concepção de redução tipicamente encontrada entre os emergentistas. Como destaca Kim, os emergentistas entendem a redução “principalmente como uma explicação, algo que torna os fenômenos reduzidos inteligíveis na medida em que explica por que eles ocorrem *exatamente nas condições em que eles de fato ocorrem*” (Kim, 1996, p. 228, grifo no original. Cf. Kim, 1998, p. 95). Isso está de acordo, por sua vez, com uma das maneiras frequentes em que o termo “redução” é empregado na filosofia da ciência, isto é, para referir-se a explicações que relacionam diferentes domínios ou níveis da investigação. Wimsatt, por exemplo, descreve uma *redução explicativa*, na qual se tem “uma relação explicativa entre uma teoria ou domínio de fenômenos de nível inferior e um domínio [...] de fenômenos de nível superior” (Wimsatt, 1976, p. 220). Ele afirma, ainda, que em uma manobra explicativa redutiva busca-se “identificar ou explicar a totalidade de nível superior e suas propriedades com, ou em termos de, uma configuração das partes no nível inferior e suas propriedades monádicas e relacionais” (Wimsatt, 1976, p. 208). Se considerarmos que a redução pode ser concebida como uma manobra explicativa dessa natureza, mostra-se plausível afirmar que não há uma incompatibilidade incontornável entre o pensamento emergentista e uma aceitação do valor da redução nas

ciências. Tudo depende de como a idéia de “irredutibilidade” é concebida no pensamento emergentista. Nossa tese central aqui é a de que, no caso da irredutibilidade por não-analisabilidade, a incompatibilidade acima é, de fato, difícil de ser contornada, mas o mesmo não se observa no caso da irredutibilidade por não-dedutibilidade.

A condição horizontal para a emergência é compatível com a explicação de propriedades emergentes em termos da estrutura de uma classe de sistemas biológicos, do padrão de relações entre as partes observadas em tal estrutura, e suas propriedades monádicas e relacionais. Esta explicação pode ser concebida como um tipo de redução aceitável no caso de propriedades redutíveis em termos de sua analisabilidade, mas irredutíveis em termos de sua não-dedutibilidade.¹⁵

Neste sentido, pode-se afirmar, inclusive, que a redução tem um papel a desempenhar no emergentismo. Ela pode ser vista como uma ferramenta para explicar por que uma certa classe de propriedades emergentes é instanciada em uma certa classe de sistemas, desde que não se perca de vista as condições em que tais propriedades efetivamente ocorrem.¹⁶ Em nossa visão, somente quando estas condições são perdidas de vista, devem ter lugar controvérsias entre emergentistas e reducionistas, no caso de sistemas biológicos. Neste caso, a noção de irredutibilidade por não-dedutibilidade será violada, a partir da tese de que seria possível deduzir como as partes de sistemas vivos de uma dada classe, *S*, se comportam e quais propriedades emergentes elas realizam em *S*, com base no comportamento das mesmas partes em sistemas mais simples, *S'*. Um emergentista fisicalista deve ter sempre em mente o fato de que as condições em que um fenômeno emergente ocorre envolvem tipicamente a organização e a estrutura dos sistemas nos quais tais fenômenos efetivamente têm lugar. Contudo, como fisicalista, ele deve ter na devida conta que a ocorrência de tal fenômeno deve envolver mecanismos que operam no nível das partes dos sistemas nos quais eles são exemplificados.

Este argumento não implica, contudo, que todas as propriedades de sistemas biológicos sejam igualmente dependentes da estrutura dos sistemas. Isso trivializaria a emergência no domínio dos fenômenos biológicos, uma vez que implicaria que todos eles seriam emergentes. Contudo, não é plausível que seja este o caso. Entre as tarefas de uma teoria da emergência, encontra-se, precisamente, a de distinguir entre propriedades não-sistêmicas e sistêmicas e, no caso destas últimas, entre propriedades

¹⁵ Pode-se perceber, então, que não é o caso de que a emergência seja necessariamente o reverso da análise (cf. Hiatt, 1998, p. 166), embora alguns emergentistas de fato o afirmem.

¹⁶ Anteriormente, El-Hani & Emmeche (2000) formularam esta idéia a partir da distinção entre redução completa e parcial proposta pelo filósofo argentino Mario Bunge (1977). A tese de que uma propriedade emergente biológica é redutível no sentido de que é analisável e, ao mesmo tempo, irredutível, no sentido de que não é dedutível a partir de sistemas mais simples, substitui, no presente artigo, uma idéia prévia, e menos elaborada, que se referia aos conceitos de “redutibilidade parcial” e “irredutibilidade completa”.

resultantes e emergentes. Um critério para tal distinção reside no grau de dependência de uma propriedade, ou classe de propriedades, à estrutura dos sistemas. Somente nos casos em que esta dependência for suficientemente grande, a ponto de não ser possível deduzir a instânciação de uma propriedade, ou classe de propriedades, do comportamento das partes em sistemas mais simples, deveremos falar em propriedades sistêmicas emergentes. No caso de propriedades observadas no nível do sistema como um todo, mas não no nível de suas partes, que podem ser deduzidas do comportamento das partes em sistemas mais simples, deveremos falar em propriedades sistêmicas resultantes. Por fim, propriedades não-sistêmicas, como já vimos, são observadas também no nível das partes do sistema.

Esta distinção pode ser mais elaborada com base na tipologia de sistemas proposta por Bechtel e Richardson (1993). Estes autores distinguem, inicialmente, dois tipos de sistemas: os agregativos (*aggregative*) e os compostos (*composite*). Em sistemas agregativos, as propriedades sistêmicas dependem linearmente de propriedades das partes do sistema. É possível deduzir, a partir do comportamento das partes em sistemas mais simples, o comportamento que elas apresentarão e, assim, as propriedades que realizarão em sistemas mais complexos, se estes últimos forem agregativos. Isso segue do fato de que, neste tipo de sistema, a organização do sistema não é um determinante principal de seu funcionamento (cf. Wimsatt, 1997). Portanto, a condição horizontal para a emergência não é válida, para esta classe de sistemas. Dito de outra maneira, os sistemas agregativos não apresentam, tipicamente, propriedades emergentes, mas somente propriedades não-sistêmicas e resultantes. Como os sistemas biológicos exibem uma grande quantidade de processos não-lineares (cf. Wimsatt, 1997), eles não são, tipicamente, de natureza agregativa. Em contraste, os sistemas não-vivos são frequentemente de natureza agregativa.

Os sistemas compostos são subdivididos por Bechtel e Richardson em duas subclasses: os sistemas de componentes (*component systems*) e os integrativos (*integrative*). Os sistemas de componentes são sistemas não-lineares, em contraste com os agregativos, mas sua organização não afeta significativamente as propriedades dos componentes. Eles correspondem ao que Simons (1969) denomina “sistemas quase decomponíveis”. Em tais sistemas, a condição horizontal para a emergência pode ser válida, mas não frequentemente, uma vez que a organização do sistema não afeta significativamente o comportamento das partes, ainda que processos não-lineares sejam observados. Propriedades emergentes podem estar presentes em tais sistemas, mas é pouco provável sua ocorrência. Assim, a maioria de suas propriedades é resultante, embora algumas delas possam ser emergentes. Em sistemas vivos, encontramos subsistemas que podem ser incluídos nesta classe. Por exemplo, algumas vias metabólicas constituem exemplos de sistemas de componentes (cf. Bruggeman et al., 2002).

Finalmente, em sistemas integrativos, a organização do sistema desempenha um papel significativo na determinação das propriedades dos componentes. Esta classe de sistemas, que corresponde ao que Simons (1969) denominava “sistemas minimamente decomponíveis” e à qual pertencem muitos sistemas e subsistemas biológicos, é o caso paradigmático no que tange à condição horizontal para a emergência. Afinal, a dependência das propriedades das partes em relação à estrutura de tais sistemas torna provável que seu comportamento (e, portanto, as propriedades sistêmicas que realizam) não possa ser deduzido do comportamento que exibem em sistemas mais simples. No caso de tais sistemas, muitas propriedades sistêmicas (se não a maioria delas) serão emergentes.

Vale a pena destacar que, de acordo com a posição emergentista descrita no presente artigo, a questão sobre a natureza emergente, ou não-emergente, de uma certa classe de propriedades e, por extensão, a necessidade de considerar-se, em sua explicação, a estrutura dos sistemas que as exemplificam, é também uma questão empírica. É preciso estabelecer empiricamente a natureza do sistema biológico que estamos estudando – se ele é agregativo, de componentes ou integrativo –, o grau de dependência do comportamento das partes relativamente à estrutura do sistema e, assim, a validade da condição horizontal para a emergência em cada caso.

Considerando-se a distinção entre as variedades de reducionismo descrita por Ruse (1995), podemos apreciar, então, a compatibilidade da posição emergentista aqui apresentada com o reducionismo epistemológico. O reducionismo epistemológico diz respeito à possibilidade de que a relação entre teorias que se sucedem em um campo do conhecimento, como as teorias de Newton e Einstein, ou a genética clássica e a genética molecular, seja uma relação de absorção ou de “redução teórica”, na qual se demonstre que a teoria mais antiga pode ser deduzida da teoria mais nova. Se tal relação dedutiva for demonstrada, a teoria mais antiga perderá sua autonomia, sendo absorvida pela teoria mais nova e, assim, tornando-se dispensável. Entre as décadas de 1930 e 1950, o reducionismo epistemológico foi levado ao extremo no chamado *movimento da unidade da ciência*, relacionado ao positivismo lógico, uma das teorias sobre a ciência mais influentes do século xx (cf. Oppenheim & Putnam 1991 [1958]). As visões positivistas sobre a unidade da ciência propunham que todas as ciências deveriam ser eventualmente reduzidas a uma superteoria, tipicamente entendida como uma teoria física final, completa.¹⁷

¹⁷ A controvérsia entre os reducionistas e seus críticos usualmente não diz respeito ao reducionismo ontológico, como deve ter ficado claro mais acima, mas à derivação de formas mais controversas de reducionismo a partir desta posição filosófica, a saber, o reducionismo metodológico e algumas variedades de reducionismo epistemológico. Não há, contudo, qualquer relação de implicação lógica entre o reducionismo ontológico e estas variedades mais

O tipo de redução explicativa que assumimos acima implica um compromisso com um reducionismo epistemológico? Parece-nos que não. É claro que a resposta a esta questão depende, contudo, da definição que se dê à expressão “reducionismo epistemológico”. Nossa afirmação de que a idéia de redução explicativa defendida aqui não implica o reducionismo epistemológico depende da compreensão deste último em Ruse (1995), que assumimos no presente artigo. De qualquer maneira, mais do que as denominações, o que importa é o conteúdo das teses que se pretende defender. Assim, apesar de variações na terminologia, esperamos que esteja suficientemente claro o conteúdo da posição que estamos elaborando.

Podemos desenvolver a idéia de que a redução explicativa proposta *não* conduz a uma redução teórica com base no seguinte argumento. Considere-se uma classe de sistemas integrativos, S , que instanciam uma propriedade emergente P . De acordo com os argumentos acima, a condição horizontal para a emergência é válida em tais sistemas, de modo que P deve ser analisável, podendo ser explicada em termos da estrutura dos sistemas, do padrão de relações entre as partes observadas em tal estrutura, e das propriedades monádicas e relacionais de seus componentes. Contudo, o comportamento das partes (A, B, C, \dots, n) em S e, assim, a propriedade P , que elas realizam, não podem ser deduzidos do comportamento de (A, B, C, \dots, n) em sistemas mais simples. Portanto, para explicar a instanciação de P em S , não obstante sua analisabilidade, é necessário estar de posse de uma descrição adequada da estrutura de tais sistemas. Digamos que esta estrutura, \mathcal{W} , é expressa em uma descrição D .

Considere-se, então, duas teorias T_1 e T_2 , em que T_1 se aplica ao domínio dos componentes de S , (A, B, C, \dots, n) , e T_2 ao domínio de sistemas da classe S , considerados em sua totalidade. Tendo na devida conta a natureza da redução explicativa proposta acima, a relação dedutiva entre T_1 e T_2 deve ser tal que T_2 segue logicamente da união de T_1 e D , e não de T_1 , tomado separadamente. A redução de T_2 a T_1 não pode ser feita, dada a natureza integrativa de S , e a satisfação da condição horizontal para a emergência, na ausência da descrição D . O que isso implica? É provável que T_1 , uma vez suplementada por D , se aproxime significativamente da forma original de T_2 . Afinal, T_2 descreve o comportamento de (A, B, C, \dots, n) em sistemas do tipo S , ou seja, quando submetidos à estrutura \mathcal{W} , e T_1 descreve o comportamento de (A, B, C, \dots, n) quando isolados.¹⁸ A união

fortes de reducionismo, embora por vezes os reducionistas enfatizem a relação entre essas idéias diferentes como um meio de conferir apoio, de modo ilegítimo, a idéias reducionistas mais controversas, nos domínios epistemológico e metodológico.

¹⁸ A suposição de que T_1 descreve o comportamento de (A, B, C, \dots, n) quando isolados é feita somente para fins de simplificação. A situação típica é aquela em que uma teoria T_1 descreveria sistemas de uma natureza distinta daqueles descritos por T_2 , que precederiam estes últimos na história evolutiva, e não componentes isolados.

de T_1 e D é, portanto, muito próxima, se não idêntica, a T_2 . Pode-se argumentar, então, que T_2 será, nesse caso, explicada por meio de sua redução a $T_1 + D$, mas não perderá sua autonomia. O'Connor descreve bem a situação:

Suponha-se [...] que os físicos tenham chegado a uma compreensão de um conjunto de leis (no nível fundamental), L , que descreve com precisão os processos da matéria em todos os sistemas cujos níveis de complexidade sejam menores do que n , mas fracassa completamente no caso destes sistemas complexos de nível n . [...] não parece haver qualquer impedimento, em princípio, para que nossos físicos revisem sua formulação das leis fundamentais de modo a dar conta desse fenômeno singular. E, portanto, é verdade [...] que, devido à conexão necessária entre as propriedades básicas e a [propriedade emergente] P , até mesmo o fenômeno singular poderia ser descrito em termos somente de funções das propriedades do nível básico. Mas isso não motiva um repúdio à presença de propriedades emergentes, porque as leis adequadas para a descrição do fenômeno singular terão, elas próprias, uma complexidade bastante estranha, envolvendo disjuntos anexados (*tacked-on disjuncts*) para cobrir os casos especiais. E isso certamente demanda explicação em termos das propriedades do objeto exibindo o estranho comportamento, uma explicação que a postulação de uma propriedade emergente parece fornecer (O'Connor, 1994, p. 98).

Suponha-se, por exemplo, que T_2 seja uma teoria biológica e T_1 , uma teoria química. Suponha-se, então, que T_2 tenha sido reduzida explicativamente, no modelo descrito acima, à união de T_1 e D . É muito provável que, no fim das contas, a teoria química T_2 suplementada por uma descrição, D , da estrutura biológica seja muito próxima à teoria biológica T_2 original, com a importante diferença de que os fenômenos biológicos ter-se-ão tornado inteligíveis à luz dos mecanismos químicos que os realizam.

O reducionismo metodológico, tal como definido por Ruse (1995), afirma que a melhor estratégia científica consiste em tentar sempre, ou preferencialmente, explicar os fenômenos naturais em termos de entidades cada vez mais microscópicas. Assim, um reducionista metodológico defende usualmente métodos analíticos como os únicos procedimentos verdadeiramente científicos ou, de maneira um pouco mais fraca, como procedimentos preferenciais. Aqui, um método é denominado “analítico” quando envolve a decomposição de sistemas em suas partes constituintes, seguida pelo estudo de cada parte em separado. Podemos citar como exemplo a abordagem usual na biologia celular e bioquímica, na qual sistemas celulares são investigados por meio da determinação *in vitro* das propriedades de organelas, enzimas, seqüências de DNA etc. Métodos “sintéticos”, por sua vez, envolvem a recomposição de sistemas mais com-

plexos a partir de seus componentes. Constituem exemplos de métodos sintéticos a reconstrução *in vitro* e a modelagem *in silico* de sistemas vivos e de outras naturezas. (cf. Bruggeman et al., 2002).

A idéia de que os métodos analíticos poderiam ser suficientes para a investigação dos sistemas integrativos, nos quais a condição horizontal para a emergência é frequentemente satisfeita, não se mostra aceitável. Afinal, para compreender as propriedades emergentes de tais sistemas, é necessário entender, também, como o comportamento de suas partes é condicionado pela estrutura à qual elas estão subordinadas. Afinal, em sistemas integrativos, a organização do sistema tem um papel significativo na determinação do comportamento dos componentes. Como as propriedades dos componentes são alteradas quando eles constituem sistemas integrativos, os valores *in vitro* de propriedades de componentes isolados diferirão tipicamente, no caso destes sistemas, dos valores correspondentes *in vivo*. Os métodos sintéticos são, então, necessários para alcançar-se uma compreensão apropriada dos sistemas integrativos (cf. Bruggeman et al., 2002).

CONCLUSÃO

Na ausência de uma distinção entre os modos de irredutibilidade das propriedades emergentes, e de uma caracterização precisa do modo válido em cada caso de emergência, é muito difícil avançar nas discussões sobre tais propriedades, ao menos quando exigimos que elas sejam suficientemente precisas e consistentes. No caso de propriedades biológicas, defende-se, neste artigo, que o modo da irredutibilidade que se aplica é aquele expresso na condição horizontal para a emergência ou, dito de outra maneira, na irredutibilidade por não-dedutibilidade do comportamento das partes de um sistema. Não se aplica ao caso das propriedades biológicas, conforme defendido aqui, a condição vertical para a emergência, ou seja, as propriedades biológicas não são irredutíveis por serem não-analisáveis. Ao contrário, nesse sentido, as propriedades biológicas são plenamente redutíveis, uma vez que podem ser analisadas e, assim, explicadas com base nas propriedades das partes, na estrutura do sistema biológico em questão (e, portanto, nas relações entre as partes dentro do sistema), nas leis da natureza relevantes e nos princípios de composição. Esta tese é particularmente importante, na medida em que evita que a discussão sobre a irredutibilidade e a emergência de propriedades biológicas adentre problemas que são pertinentes a outros domínios filosóficos, como, por exemplo, a filosofia da mente.

Além disso, uma vez que se compreende o modo da irredutibilidade que deve ser esperado no caso de propriedades biológicas, os requisitos que se colocam para a

demonstração de sua natureza emergente mostram-se mais realistas, sem que se demande a construção de argumentos que são virtualmente impossíveis no caso desta classe de propriedades, na medida em que são pertinentes, antes, a outras classes de propriedades, como, por exemplo, as propriedades fenomenais da experiência consciente (os *qualia*). Nesses termos, a tese de que uma classe de propriedades sistêmicas observadas em seres vivos é emergente e irredutível pode ser liberta de uma aura de inexplicabilidade, que constitui uma base para a rejeição da idéia de emergência por uma parte considerável da comunidade de cientistas dedicados às ciências biológicas, bem como por uma boa parte da comunidade de filósofos da biologia.

Por fim, mas não menos importante, pode-se argumentar no sentido de que a tese de que as propriedades biológicas podem ter natureza emergente não implica uma negação completa da possibilidade de sua explicação mecanística, isto é, a partir de mecanismos que operam no nível das partes dos sistemas biológicos. Antes pelo contrário, na medida em que as propriedades emergentes biológicas são analisáveis, elas podem ser explicadas mecanisticamente. Trata-se somente de que esta explicação deve ser formulada tendo em conta não somente as propriedades das partes do sistema, mas também como o comportamento destas é modulado por sua inserção em estruturas características de uma certa classe de sistemas biológicos. Dito de outra maneira, as propriedades emergentes biológicas são *irredutíveis* em termos da não-dedutibilidade do comportamento das partes de sistemas vivos de uma dada classe, *S*, a partir do conhecimento de seu comportamento em sistemas mais simples, *S'*, mas elas são *reduzíveis* no que tange à sua analisabilidade em termos do comportamento das partes em sistemas da classe *S*.

Nesses termos, as idéias de emergência e irredutibilidade não parecem, de modo algum, estranhas à biologia. Ao contrário, o que as ciências biológicas lograram fazer ao longo do século xx pode ser devidamente descrito em termos da construção de explicações mecanísticas de propriedades sistêmicas biológicas baseadas no comportamento das partes de sistemas vivos, *nas condições em que estas efetivamente operam*, isto é, no contexto da estrutura e organização das classes de sistemas vivos em que elas são observadas. ☞

Charbel Niño El-Hani agradece ao CNPq pela concessão da bolsa de produtividade em pesquisa n. 302495/02-9, da bolsa de pós-doutorado n. 200402/03-0 e pelo projeto financiado no edital 06/2003, n. 402708/2003-2. João Queiroz é financiado por uma bolsa FAPESP (#02/09763-2).

Charbel NIÑO EL-HANI

Professor adjunto do Instituto de Biologia,
Universidade Federal da Bahia.
charbel@ufba.br

João QUEIROZ

Pós-doutorando do Instituto de Biologia,
Universidade Federal da Bahia.
queirozj@dca.fee.unicamp.br

ABSTRACT

This paper takes a review of the central tenets of emergentist philosophies and a characterization of some varieties of emergentism as a starting point for treating one of the most controversial theses related to that philosophical doctrine, namely, the ‘irreducibility’ thesis. The main contention here is that the meaning of this thesis should be refined, if we wish to advance in the discussion about the senses in which one can say that emergent properties are ‘irreducible’. Based on works by Stephan and colleagues, two modes of the irreducibility of emergent properties are distinguished, irreducibility as non-analisability and irreducibility as non-deducibility. A detailed analysis of the irreducibility concept leads to the following question: What does it mean to say that a given class of emergent properties is irreducible? We argue here that different classes of properties can be irreducible in different senses, and, thus, according to different modes of irreducibility. The paper discusses, in particular, the mode of irreducibility which holds in the case of properties of biological systems. We argue that emergent properties of biological systems are irreducible in the sense that it is not possible to deduce their instantiation in living systems of a certain class from knowledge about simpler living systems only. In other words, biological emergent properties are *irreducible* in terms of their *non-deducibility*, but they aren’t *irreducible* in terms of their *non-analisability*. A clear understanding of the mode of irreducibility which holds in the case of biological properties makes it possible that the requisites for the demonstration of their emergent nature be more realistic, and the discussions about the prospects and limits of reductionism in biological sciences advance in a consistent manner.

KEYWORDS • Emergent properties. Irreducibility. Non-analisability. Non-deducibility. Reductionism. Emergentism.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, T. F. H. & STARR, T. B. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. In: KELLER, D. R. & GOLLEY, F. B. (Ed.). *The philosophy of ecology: from science to synthesis*. Athens, The University of Georgia Press, 1982. p. 226-31.
- ANDERSEN, P. B.; EMMECHE, C.; FINNEMANN, N. O.; CHRISTIANSEN, P. V. (Ed.). *Downward causation: minds, bodies, and matter*. Aarhus, Aarhus University Press, 2000.
- AUDESIRK, T.; AUDESIRK, G. & BYERS, B. E. *Biology: life on earth*. La Salle, Prentice Hall, 2001.
- BAILEY, A. Supervenience and physicalism. *Synthese*, 117, p. 53-73, 1999.

- BECHTEL, W. & RICHARDSON, R.C. *Discovering complexity: decomposition and localization as strategies in scientific research*. Princeton, Princeton University Press, 1993.
- BECKERMANN, A.; FLOHR, H. & KIM, J. (Ed.). *Emergence or reduction? Essays on the prospects of nonreductive physicalism*. Berlim/Nova Iorque, Walter de Gruyter, 1992.
- BICKHARD, M. H. & CAMPBELL, D. T. Emergence. In: ANDERSEN, P. B.; EMMECHE, C.; FINNEMANN, N. O.; CHRISTIANSEN, P. V. (Ed.). *Downward causation: minds, bodies, and matter*. Aarhus University Press, Aarhus, 2000. p. 322-48.
- BLITZ, D. *Emergent evolution: qualitative novelty and the levels of reality*. Dordrecht, Kluwer, 1992.
- BOOGERD, F. C.; BRUGGEMAN, F. J.; RICHARDSON, R. C.; STEPHAN, A. & WESTERHOFF, H. Emergence and its place in nature: a case study of biochemical networks. Disponível em : <www.angelfire.com/scifi/frankb/synthese.pdf> Acesso em: 16 mar. 2004.
- BOYD, R.; GASPER, P. & TROUT, J. D. (Ed.). *The philosophy of science*. Cambridge, MIT Press, 1991.
- BROAD, C. D. Mechanical explanation and its alternatives. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 19, p. 86-124, 1919.
- _____. *The mind and its place in nature*. Londres, Kegan Paul, Trench, Trubner & Co, 1925.
- BRUGGEMAN, F. J.; WESTERHOFF, H. V. & BOOGERD, F. C. Biocomplexity: a pluralist research strategy is necessary for a mechanistic explanation of the “live” state. *Philosophical Psychology*, 15, 4, p. 411-40, 2002.
- BUNGE, M. Levels and reduction. *American Journal of Physiology*, 233, p. R75-R82, 1977.
- CAMPBELL, N. A. & REECE, J. B. *Biology*. San Francisco, The Benjamin/Cummings, 2002.
- CARRIER, M. & MACHAMER, P. K. (Ed.). *Mindscape: philosophy, science, and the mind*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1997.
- CASTRO, T. A. & EL-HANI, C. N. O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de biologia do ensino superior. *Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Porto Alegre, ABRAPEC, 2003a.
- _____. O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de biologia do ensino superior: um estudo de caso. *Coletânea do I Encontro Regional de Ensino de Biologia do Nordeste*. Feira de Santana-BA, UEFS, 2003b.
- CUNNINGHAM, B. The reemergence of “emergence”. *Philosophy of Science*, 68, p. S62-S75, 2001. (PSA 2000 Proceedings)
- EL HANI, C. N. *Níveis da ciência, níveis da realidade*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- _____. On the reality of emergents. *Principia*, 6, 1, p. 51-87, 2002.
- _____. Pluralismo metodológico na pesquisa biológica: indo além do reducionismo. No prelo.
- EL-HANI, C. N. & EMMECHE, C. On some theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience, and downward causation. *Theory in Biosciences*, 119, p. 234-75, 2000.
- EL-HANI, C. N. & PEREIRA, A. M. Understanding biological causation. In: HARDCASTLE, V.G. (Ed.). *Where biology meets psychology: philosophical essays*. Cambridge, MIT Press, 1999. p. 333-56.
- _____. Higher-level descriptions: why should we preserve them? In: ANDERSEN, P.B.; EMMECHE, C.; FINNEMANN, N.O.; CHRISTIANSEN, P.V. (Ed.). *Downward causation: minds, bodies, and matter*. Aarhus, Aarhus University Press, 2000. p. 118-42.
- EL-HANI, C. N. & PIHLSTRÖM, S. Emergence theories and pragmatic realism. *Essays in Philosophy*, 3, 2, 2002a.
- _____. A pragmatic realist view of emergence. *Manuscrito*, 25, p. 105-54, 2002b.
- _____. Realismo, pragmatismo e emergência. In: SILVA FILHO, W. J. (Ed.). *Davidson e a filosofia*. No prelo.
- EL-HANI, C. N. & QUEIROZ, J. *Semiose como processo emergente*. No prelo.
- EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. Causação descendente, emergência de propriedades e modos causais aristotélicos. *Theoria*, 16, 2, p. 301-29, 2001.

- EMMECHE, C.; KOPPE, S. & STJERNFELT, F. Explaining emergence: towards an ontology of levels. *Journal for General Philosophy of Science*, 28, p. 83-119, 1997.
- _____. Levels, emergence and three versions of downward causation. In: ANDERSEN, P.B.; EMMECHE, C.; FINNEMANN, N.O.; CHRISTIANSEN, P.V. (Ed.). *Downward causation: minds, bodies, and matter*. Aarhus, Aarhus University Press, 2000. p. 13-34.
- GLOBUS, G. G.; MAXWELL, G. & SAVODNIK, I. (Ed.). *Consciousness and the brain: a scientific and philosophical inquiry*. Nova Iorque, Plenum Press, 1976.
- GRIFFITHS, D. *Introduction to elementary particles*. Nova Iorque, John Wiley & Sons, 1987.
- HARDCASTLE, V.G. (Ed.). *Where biology meets psychology: philosophical essays*. Cambridge, MIT Press, 1999.
- HEIL, J. Supervenience deconstructed. *European Journal of Philosophy*, 6, p. 146-55, 1998.
- HIETT, P. J. The place of life in our theories. *Biosystems*, 47, p. 157-76, 1998.
- HONDERICH, T. (Ed.). *The Oxford companion to philosophy*. Oxford, Oxford University Press, 1995.
- KELLER, D. R. & GOLLEY, F. B. (Ed.). *The philosophy of ecology: from science to synthesis*. Athens, The University of Georgia Press, 1982.
- KIM, J. "Downward causation" in emergentism and non-reductive materialism. In: BECKERMANN, A.; FLOHR, H. & KIM, J. (Ed.). *Emergence or reduction? Essays on the prospects of nonreductive physicalism*. Berlin/Nova Iorque, Walter de Gruyter, 1992. p. 119-38.
- _____. (Ed.). *Supervenience and mind*. Cambridge, Cambridge University Press, 1993.
- _____. Supervenience as a philosophical concept. In: _____. (Ed.). *Supervenience and mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p.131-60.
- _____. *Philosophy of mind*. Boulder, Westview Press, 1996.
- _____. Supervenience, emergence, and realization in the philosophy of mind. In: CARRIER, M. & MACHAMER, P. K. (Ed.). *Mindscape: philosophy, science, and the mind*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1997. p. 271-93.
- _____. *Mind in a physical world: an essay on the mind-body problem and mental causation*. Cambridge/Londres, The MIT Press, 1998.
- _____. Making sense of emergence. *Philosophical Studies*, 95, p. 3-36, 1999.
- LEVINE, J. Materialism and qualia: the explanatory gap. *Pacific Philosophical Quarterly*, 64, p. 354-61, 1983.
- LOEHLE, C. & PECHMANN, J. H. K. Evolution: the missing ingredient in systems ecology. *American Naturalist*, 132, p. 884-99, 1988.
- MCLAUGHLIN, B. P. The rise and fall of british emergentism. In: BECKERMANN, A.; FLOHR, H. & KIM, J. (Ed.). *Emergence or reduction? Essays on the prospects of nonreductive physicalism*. Berlin, Walter de Gruyter, 1992. p. 49-93.
- O'CONNOR, T. Emergent properties. *American Philosophical Quarterly*, 31, p. 91-104, 1994.
- ODUM, E. P. The emergence of ecology as a new integrative discipline. *Science*, 195, p. 1289-93, 1977.
- _____. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988.
- OPPENHEIM, P. & PUTNAM, H. Unity of science as a working hypothesis. In: BOYD, R.; GASPER, P. & TROUT, J. D. (Ed.). *The philosophy of science*. Cambridge, MIT Press, 1991 [1958]. p. 405-27.
- PIHLSTRÖM, S. The re-emergence of the emergence debate. *Principia*, 6, 1, p. 133-81, 2002.
- POPPER, K.R. & ECCLES, J.C. *The self and its brain*. Londres, Routledge and Kegan Paul, 1986 [1977].
- QUEIROZ, J. & EL-HANI, C. N. Semiosis as an emergent process. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*. No prelo.
- RESCHER, N. *Process metaphysics: an introduction to process philosophy*. Nova Iorque, SUNY Press, 1996.
- RUPPERT, E. E. & BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. São Paulo, Roca, 1996.
- RUSE, M. Reductionism. In: HONDERICH, T. (Ed.). *The Oxford companion to philosophy*. Oxford, Oxford University Press, 1995. p. 750-1.

MODOS DE IRREDUTIBILIDADE DAS PROPRIEDADES EMERGENTES

- SALTHER, S. N. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. Nova Iorque, Columbia University Press, 1985.
- SCHOENER, T. W. Mechanistic approaches to ecology: a new reductionism? *American Zoologist*, 26, p. 81-106, 1986.
- SCHRÖDER, J. Emergence: non-deducibility or downwards causation? *Philosophical Quarterly*, 48, p. 433-52, 1998.
- SILVA FILHO, W. J. (Ed.). *Davidson e a filosofia*. No prelo.
- SIMON, H. *The sciences of the artificial*. Cambridge, MIT Press, 1969.
- STEPHAN, A. Varieties of emergence in artificial and natural systems. *Zeitschrift für Naturforschung*, 53c, p. 639-56, 1998.
- _____. *Emergenz: von der Unvorhersagbarkeit zur Selbstorganisation*. Dresden/München, Dresden University Press, 1999a.
- _____. Varieties of emergentism. *Evolution and Cognition*, 5, p. 49-59, 1999b.
- WIMSATT, W. C. Reductionism, levels of organization and the mind-body problem. In: GLOBUS, G. G.; MAXWELL, G. & SAVODNIK, I. (Ed.). *Consciousness and the brain: a scientific and philosophical inquiry*. Nova Iorque, Plenum Press, 1976. p. 199-267.
- _____. Aggregativity: reductive heuristics for finding emergence. *Philosophy of Science*, 64, p. S373-S384, 1997.