

Definição de propriedades “superempíricas” como relações entre fatias do universo

Oswaldo Pessoa Jr.*

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho explora as chamadas “propriedades superempíricas” do universo, como determinismo, reducionismo, emergência e holismo. A questão que se coloca é como definir tais propriedades. Para tanto, é preciso considerar as dimensões espaciais e temporal, e introduzir também as noções de escalas espacial e temporal. Com isso, podem-se definir as propriedades superempíricas a partir de duas relações entre “fatias” (temporal, espacial ou escalar): *determinação* e *composição*.

A determinação refere-se a situações em que o estado de uma fatia determina aquele de outra fatia, e é exemplificado pelo *determinismo estrito* (entre fatias temporais) e pela *determinação escalar espacial* (entre fatias de escala espacial, também chamado de reducionismo ôntico). A negação dessas propriedades são respectivamente o *tiquismo* e a *emergência forte*.

Por outro lado, uma propriedade como o *holismo* não se define por meio de uma determinação, mas sim por uma composição. Será que a consideração em separado das propriedades de diferentes fatias espaciais leva a uma avaliação completa das propriedades do conjunto das fatias? Em caso positivo, temos a *separabilidade* espacial, caso contrário, o holismo espacial.

Dentre as conclusões do artigo, está que o reducionismo ôntico é consistente com o holismo espacial.

2 ESCALA ESPACIAL

Dentre as propriedades mais gerais do universo físico estão o *espaço* e o *tempo*. O espaço envolve três dimensões, pois, para fixar a localização de um objeto em relação a um ponto de referência, são necessários três números. O tempo envolve uma dimensão adicional, de forma que mesmo na teoria da relatividade o espaço-tempo cobre quatro dimensões¹.

Há outra propriedade do universo físico que às vezes (Palmer, 2010) é considerada uma dimensão: a *escala espacial*, que distingue o micro e o macro, o muito pequeno e o muito grande. Mesmo que façamos uma localização espaço-temporal precisa, por exemplo, a localidade de Chicxulub há 65 milhões de anos, é preciso ainda especificar se estamos considerando a escala de centenas de quilômetros, em que se formava a grande sombra de um asteroide em queda, a escala de metros, em que possivelmente um

* Depto. de Filosofia, FFLCH, Universidade de São Paulo, Brasil. E-mail: opessoa@usp.br

¹ Mais recentemente, a teoria das cordas propôs que o universo tenha oito dimensões adicionais, mas não exploraremos esta possibilidade.

dinossauro troodonte comia um ovo, ou a escala de micra (10^{-6} m), em que poderia haver uma bactéria se reproduzindo.

Se o termo “dimensão” for considerado muito forte, pode-se utilizar a expressão “quadro geral”, do inglês *framework* (Loux, 2002, p. 225). O quadro geral se divide em quadros (*frames*) ou fatias (*slices*), que compõem o quadro geral, e que podem ser ordenados. No tempo, as fatias podem ser instantes infinitesimais ou podem ser intervalos temporais finitos. No espaço tridimensional, são locais pontuais ou regiões de volume finito. Na escala espacial, pode-se falar em fatias de escala².

Além da escala espacial, pode-se considerar também a *escala temporal*, que envolve a rapidez com que um processo ocorre: uma proteína se dobra em picossegundos, um salto de balé ocorre em segundos, uma era geológica percorre éons. Será que a escala temporal pode ser derivada das outras dimensões, não sendo assim independente? Há uma tendência de processos mais microscópicos serem mais rápidos, o que talvez sugerisse que a escala temporal dependesse das outras dimensões. Porém, há processos ultrarrápidos que se dão em largas escalas espaciais, como os pulsares, que são estrelas de nêutron girantes, de raio em torno de 12 km, com períodos de rotação que chegam a apenas alguns milissegundos. Isso sugere que a escala temporal seja independente das outras dimensões, o que é interessante devido ao fato de que nossa capacidade intuitiva de representação da escala temporal é bastante limitada (ao contrário da escala espacial), apesar de ela provavelmente desempenhar uma função importante, por exemplo, no funcionamento do cérebro.

Há também uma relação íntima entre o intervalo espacial entre dois pontos e a escala espacial. Partindo de entidades da escala mais baixa (“pontos”), pode-se medir a distância geométrica entre esses pontos, fornecendo um intervalo espacial. Ora, para cada intervalo pode-se associar uma escala espacial (e vice-versa), o que talvez explique por que a escala espacial tradicionalmente não seja considerada uma dimensão independente do espaço.

A noção de escala se torna interessante ao se introduzir a noção de “coisa” ou “objeto”, e se constatar que em nosso mundo há coisas de diferentes tamanhos cujos centros ocupam a mesma posição espaço-temporal, e que pelo fato de terem tamanhos diferentes parecem interagir muito fracamente (como a bactéria e o troodonte). Isso pode ser exemplificado pela ação da radiação eletromagnética de diferentes comprimentos de onda, ou, pensando na escala temporal, de diferentes frequências. Um pulso de radiação eletromagnética geralmente interage apenas com moléculas que possuem “frequências próprias” próximas à da radiação, estando assim próximos não só no espaço e no tempo, mas também na dimensão que chamamos escala temporal. Para que a interação possa ocorrer, deve-se satisfazer uma “localidade” na escala temporal (além da localidade espaço-temporal, que é a marca das físicas clássica e relativística). Isso parece poder ser estendido também para a escala espacial.

3 DETERMINAÇÃO ENTRE FATIAS TEMPORAIS

O assunto deste trabalho foi explorado anteriormente em Pessoa (2005). No presente artigo, apresentamos algumas distinções novas, e exploramos com mais detalhe a tese de que o termo “reduccionismo” tem duas acepções distintas (e que são geralmente fundidas), que chamaremos “determinação escalar espacial” (oposta ao emergentismo) e “separabilidade espacial” (oposta ao holismo). Afirmamos, além disso, que essas acepções são independentes.

² Em metafísica, os termos *framework* e *frame* são usados também para designar mundos possíveis, traçando-se uma analogia com a dimensão temporal (Loux, 2002).

Para chegar a essa distinção, comecemos explorando a relação de *determinação* entre fatias de uma mesma dimensão ou quadro geral. O exemplo mais claro de determinação ocorre no tempo, recebendo o nome genérico de *causalidade*. Considere duas fatias temporais separadas do universo, T_1 e T_2 . Cada uma dessas fatias corta *todos* os pontos espaciais (o que na teoria da relatividade geral precisa ser feito segundo certas receitas não triviais). Mas, além disso, cada fatia precisa ocupar *todas* as escalas espaciais. Assim, dado o estado do universo no instante T_1 , será que o estado em uma fatia futura T_2 já está pré-fixado? Se a resposta for sim, temos a situação de determinação temporal máxima, conhecida como *determinismo estrito*, ao passo que qualquer quebra deste determinismo pode ser chamado de indeterminismo, probabilismo ou *tiquismo* (para usar uma expressão de Peirce).

Notamos que a propriedade de determinismo estrito pode ou não ser satisfeita pelo nosso universo. Em certo sentido, trata-se de uma questão empírica, cuja resposta depende da natureza do mundo, não sendo assim "necessária". Mas por outro lado tal questão provavelmente não pode ser resolvida experimentalmente pela ciência, pois ela envolve um número de fatores imensamente maior do que a capacidade de qualquer observação humana. Assim, diremos que o determinismo estrito e o tiquismo são propriedades *superempíricas*³, sendo que o nosso universo satisfaz uma delas, mas não ambas.

A definição das fatias que entram na relação de determinação é importante para se caracterizar o tipo de determinismo que está sendo considerado. Se as fatias T_1 e T_2 forem infinitesimais, tem-se o que é chamado "determinismo laplaciano". Porém, pode acontecer de um universo violar o determinismo laplaciano, mas seguir um determinismo de outro tipo, menos restritivo. Por exemplo, se DT_1 se referir a *todo* o universo existente antes de T_1 , pode acontecer de o universo satisfazer apenas um (DT_1, T_2) -determinismo. Earman (1986, p. 17) chama isso de uma "variedade não-laplaciana de determinismo".

Notamos também que o (T_1, T_2) -determinismo, nos moldes propostos por Laplace, em um universo reversível, implica o (T_2, T_1) -determinismo, ou seja, o conhecimento do estado presente T_2 fixa univocamente um estado passado T_1 . Isso não valeria em um universo intrinsecamente irreversível, onde dois estados iniciais podem levar exatamente ao mesmo estado final.

4 EXPLICITANDO O SIGNIFICADO DE DETERMINAÇÃO

A definição de determinismo, assim como de outras propriedades superempíricas, tem uma dificuldade quanto ao significado exato de dizer que um estado futuro está "pré-fixado" por um estado passado, ou de que "em princípio" o conhecimento do estado presente permite fixar o estado futuro.

Uma solução seria definir o "demônio de Laplace", um ser abstrato que possuiria pelo menos quatro atributos: (i) *Onisciência instantânea*: conheceria o estado de todo o Universo em um instante do tempo, com resolução e acurácia perfeitas. (ii) *Erudição nomológica*: conheceria com exatidão todas as leis que regem o Universo. (iii) *Supercomputação*: seria capaz de realizar o cálculo mais complicado em um intervalo de tempo insignificante. (iv) *Não distúrbio*: a atuação do demônio não afetaria em nada o funcionamento do Universo.

Com essas quatro propriedades, pode-se definir o determinismo estrito da seguinte maneira: se o demônio de Laplace partir do conhecimento do estado atual do Universo, e fizer uma previsão sobre qual

³ O termo "*super-empírica*" foi usado por Robertson (1970, p. 47) para designar a realidade transcendente que é objeto de crença das religiões. Paul Churchland (1990, p. 139) utilizou "*superempírica*" em um sentido mais distante que o nosso, para designar valores cognitivos diferentes da adequação empírica, como simplicidade e coerência, utilizados na escolha de teorias científicas.

será o estado exato do Universo depois de um certo tempo t , então se ele acertar 100% de suas previsões, o Universo será determinista, se não, será tiquista.

Muitos autores (como Earman, 1986, p. 7-8) criticam essa caracterização de determinismo porque ela depende da noção de “previsão”, que é de natureza epistemológica (mesmo que por parte de um demônio superpoderoso). Alternativas mais “ontológicas” seriam definir o determinismo a partir da noção de “mundos possíveis”, ou a partir de uma “cópia idêntica”. No primeiro caso, preferido por Earman (1986, p. 13), consideram-se todos os mundos possíveis que satisfazem as leis naturais de nosso mundo atual. O determinismo laplaciano seria satisfeito no caso em que, dados quaisquer dois desses mundos possíveis, se seus estados forem idênticos em certo instante de tempo, então seriam idênticos para qualquer instante futuro⁴.

No segundo caso, no método abstrato da cópia idêntica, pode-se afirmar que se uma cópia fosse feita de nosso Universo, mantendo-se idênticas todas as propriedades e estados em certa fatia de tempo, então todas as propriedades e estados futuros dos dois universos seriam idênticos. Esta estratégia evita as dificuldades de se definirem os superpoderes do demônio de Laplace, como o da supercomputação (ver Nyimi, Grimoni, 2012).

Neste trabalho, propomos que a distinção entre duas acepções de reducionismo, a determinação escalar e a separabilidade espacial, se baseia na distinção entre dois tipos diferentes de relações entre fatias. Examinamos até agora a relação de *determinação*, em que o conhecimento ou fixação de uma fatia (ou região mais extensa do quadro geral) fixa outra fatia do mesmo quadro geral. Pode-se definir, porém, outra relação entre fatias, que é o de *composição*, em que o conhecimento ou fixação de um conjunto de fatias em separado permite o conhecimento da região como um todo. Antes de explorar isso, enfocaremos a determinação escalar.

5 DETERMINAÇÃO ESCALAR ESPACIAL

Façamos agora uma analogia entre a relação de determinação temporal (geralmente chamada de causalidade, e que no limite pode resultar na situação de determinismo estrito) e a determinação escalar espacial.

Na escala espacial, tomamos uma fatia escalar mais nanoscópica, S_1 , e outra mais macroscópica, S_2 . Cada uma dessas fatias varre todo o espaço do universo, e não só em um instante, mas também para todo o tempo. Será que a história de todo o universo no nível atômico determina univocamente a história do universo no nível macroscópico? Se a resposta for positiva, temos uma situação de *determinação escalar espacial estrita*⁵, senão, teríamos uma variedade forte de *emergência* de propriedades.

A resposta a esta questão depende da natureza do nosso universo; assim, trata-se de propriedades superempíricas. Lembremos que experimentos mentais e métodos abstratos em metafísica não permitem

⁴ “Idêntico” está sendo usado aqui no sentido de “precisamente semelhante”, não no sentido de que ambos sejam o mesmo indivíduo. Em outras palavras, trata-se da identidade qualitativa, não da identidade numérica.

⁵ Anteriormente chamei a *determinação escalar espacial* estrita de “fiscalismo redutivo” (Pessoa, 2005, p. 185-6), e na apresentação oral deste trabalho, de “reducionismo escalar espacial”. Em ambos os casos, salientei que se tratava de um reducionismo no sentido ôntico, não epistemológico. No entanto, o termo “reducionismo” tem muitas acepções diferentes, variando de autor para autor, e vem carregado de uma certa carga emotiva. Nessas circunstâncias, é melhor atribuir um nome novo a esta propriedade superempírica, cuja negação parece ser adequadamente expresso pelo termo “emergentismo”.

que se tirem quaisquer conclusões a respeito do mundo real (salvo quando se referem ao próprio pensamento, como no *cogito* cartesiano). Mesmo assim, são uma estratégia valiosa para definir conceitos filosóficos de maneira mais precisa (Pessoa, 2010).

Para esclarecer o significado do reducionismo escalar espacial, podemos utilizar o método abstrato da sonda epistemológica. Considere um “demônio escalar” que tem propriedades semelhantes ao do demônio de Laplace, com a diferença que ele restringe seu olhar a apenas uma escala espacial. Suponha que ele observe o universo como um todo, para todos os tempos, mas apenas na escala nanoscópica das moléculas. Conhecendo todas as “leis de escala” do universo, fazendo uso de suas capacidades de supercomputação, e sem provocar distúrbio no universo, ele seria capaz de prever precisamente tudo o que ocorre na escala macroscópica de metros? Se sim, diremos que este universo satisfaz a determinação escalar espacial. Mas se houver propriedades ou valores de grandezas macroscópicas que não podem ser deduzidas pelo demônio escalar, este universo tem a propriedade superempírica de emergentismo forte.

O mesmo tipo de caracterização pode ser feito pelo método das cópias: se faço uma cópia do universo, mantendo idêntico seu estado na escala nanoscópica, isso necessariamente restringe as outras escalas a serem idênticas? Notamos também que um universo pode violar uma (S_1, S_2) -determinação-escalar, mas satisfazer uma (DS_1, S_2) -determinação para uma região de escalas DS_1 abaixo de um certo nível (por exemplo, o nível atômico).

Outro ponto, ao contrário do que acontece com a relação de determinação temporal, é que a relação de determinação escalar não pode ser simétrica, ou seja, se vale uma (S_1, S_2) -determinação, não pode valer uma (S_2, S_1) -determinação. Isso reflete o fato de que a quantidade de informação para descrever o mundo em uma escala inferior é maior que aquela necessária para descrever o mundo em uma escala superior.

É possível definir uma determinação escalar mais restritiva, restringindo a ação do demônio escalar a uma fatia temporal (foi o que fizemos em Pessoa, 2005). Isso seria análogo a restringir o conhecimento do demônio de Laplace a uma única escala espacial. Cada um desses tipos de restrição define uma nova propriedade superempírica.

A relação de determinação na escala temporal é mais difícil de intuir, mas pode ser tomada como análogo ao caso da escala espacial. Haveria assim a questão de se o nosso universo possui a propriedade superempírica da *determinação escalar temporal*, ou se satisfaria um *emergentismo temporal forte*.

6 DETERMINAÇÃO NA DIMENSÃO ESPACIAL

Examinamos relações de determinação na dimensão temporal e no quadro geral da escala espacial. Como se definem tais relações para a dimensão espacial tridimensional?

Uma relação de determinação pode ser estabelecida entre uma esfera R_1 e uma casca esférica R_2 que a envolve. Geralmente pode-se definir uma equação de continuidade, de forma que qualquer alteração de estado em R_1 leva a um fluxo na superfície R_2 . Um “demônio holográfico” poderia inferir as propriedades de R_1 a partir da observação de R_2 , desde que ele conhecesse as condições iniciais em R_1 .

Uma situação análoga ocorre na teoria de buracos negros, em que a entropia do buraco negro é proporcional ao quadrado do raio do buraco, e não a este raio elevado ao cubo, como seria de se esperar se a entropia estivesse relacionada com a informação espalhada pelo volume do espaço (como no caso de objetos físicos usuais). Mais recentemente, uma extensão teórica dessa situação para o universo como um todo levou ao chamado “princípio holográfico da cosmologia” (Maldacena, 2005).

7 A RELAÇÃO DE COMPOSIÇÃO ENTRE REGIÕES ESPACIAIS

Além da relação de determinação, podem-se estabelecer relações de “composição” envolvendo as fatias de cada quadro geral. No caso espacial, considere duas (ou mais) fatias (ou regiões), onde se define alguma propriedade. Será que a consideração em separado das propriedades de cada fatia leva a uma avaliação completa das propriedades do conjunto das fatias? Um mundo no qual isso sempre ocorre é um mundo com *separabilidade espacial*, ao passo que um mundo em que isso nem sempre ocorre satisfaz o *holismo espacial*.

Um exemplo de ontologia com separabilidade espacial é a teoria gravitacional newtoniana. Ao analisar o comportamento gravitacional do sistema solar, em princípio é possível separar analiticamente cada astro e avaliar suas propriedades, como posição, velocidade e massa, o que gera um “campo gravitacional” em todo o espaço. Uma vez feitas as análises em separado, é possível compô-las e obter o comportamento global do sistema. Na prática esse problema é difícil de ser resolvido, mas para um observador abstrato com as capacidades computacionais do demônio de Laplace, isso seria viável.

Um exemplo de sistema holista, sem separabilidade espacial, envolve a chamada “não localidade quântica”. Isso se refere a duas partículas que interagiram e se separaram, mantendo-se em um chamado “estado emaranhado”. Neste caso, a análise em separado do estado de cada partícula não captura a informação da correlação mútua, que está presente no estado emaranhado não separável.

Relações de composição análogas podem ser definidas para os outros quadros gerais. Fatias temporais geralmente são vistas como separáveis. Porém, as críticas feitas contra a chamada “espacialização do tempo”, por autores como Bergson, Čapek e Prigogine (Čapek, 1965, p. 170), talvez possam ser interpretadas como indicando que as fatias temporais não são separáveis.

Com essas definições, nota-se que *emergentismo* e *holismo* referem-se a relações e quadros gerais diferentes: o emergentismo seria a negação de uma determinação escalar espacial estrita, ao passo que o holismo seria a negação de uma separabilidade espacial. Pode-se assim aceitar que na escala quântica haja não separabilidade, e mesmo assim defender a forma de redução ôntica que chamamos determinação escalar espacial.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar que esta comunicação fez parte de um conjunto de mesas-redondas, intitulado “Reduccionismo, Emergência, Determinismo e Holismo”, realizado no VII Encontro de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, em Canela, RS, em 5 de maio de 2010. Essas mesas envolveram os membros do grupo Redux, coordenado por mim no Depto. de Filosofia, FFLCH-USP, e que incluem Douglas Slaughter Nyimi, Fabio Garcia Gatti, Nelson Bejarano e Luiz Roberto Rigolin da Silva, além de Fábio Leite (que agradeço pela revisão deste artigo) e Yara Kulaif (que não participou do Encontro). Além disso, as mesas contaram com as apresentações de Mariana Córdoba, Martín Labarca e Olimpia Lombardi, e Nei Nunes-Neto, Fabiano Vieira e Charbel El-Hani. Outros participantes do Encontro contribuíram ativamente para a discussão, entre eles Gustavo Caponi e Oswaldo Melo Souza Filho. A discussão enriqueceu a produção dos artigos, que se encontram espalhados pelo presente volume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ČAPEK, Milič. *El impacto filosófico de la física contemporánea*. Trad. Eduardo G. Ruiz. Madri: Tecnos, 1965.
- CHURCHLAND, Paul M. *A neurocomputational perspective*. Cambridge: MIT Press, 1990.
- EARMAN, John. *A primer on determinism*. Dordrecht: Reidel, 1986.
- LOUX, Michael J. *Metaphysics: a contemporary introduction*. 2. ed. Londres: Routledge, 2002.
- MALDACENA, Juan. Ilusão em 3 dimensões. *Scientific American Brasil* **43**, dez. 2005.
- NYIMI, Douglas R.S.; GRIMONI, José A.B. Crítica à tentativa de definir o determinismo por meio do demônio de Laplace. Neste volume, 2012.
- PALMER, Donald G. *Expanding the universe: Part 1 – Expanding space*. Lulu.com e-book, 2010.
- PESSOA JR., Osvaldo. Fisicalismo redutivo e sondas epistemológicas. Pp. 179-190, in: BARRA, E.S.O.; CALAZANS, A.; CALAZANS, V.F.B. (orgs.). *Anais do III encontro da rede paranaense de pesquisa em história e filosofia da ciência*. Curitiba: SCHLA/UFPR, 2005.
- _____. Reduccionismo e o experimento mental de duplicação humana. *Revista de Filosofia Aurora* **22** (30): 69-81, 2010.
- ROBERTSON, Roland. *The sociological interpretation of religion*. Oxford: Blackwell, 1970.

Filosofia e História da Ciência no Cone Sul

Seleção de Trabalhos do 7º Encontro da AFHIC
Selección de Trabajos del 7º Encuentro de AFHIC



Editores:

Cibelle Celestino Silva e Luis Salvatico