



# CONRAD HALL WADDINGTON: UMA DESCRIÇÃO PARA A INTERFACE ENTRE A BIOLOGIA TEÓRICA E A MATEMÁTICA

## CONRAD HALL WADDINGTON: A DESCRIPTION FOR A FRONTIER BETWEEN THEORETICAL BIOLOGY AND MATHEMATIC

Marta Bellini<sup>1</sup>

Lilian Akemi Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá- Departamento de Fundamentos da Educação –  
martabellini@uol.com.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá- Departamento de Matemática – lilianakato@hotmail.com

### Resumo

Trata-se de apresentar o modelo teórico para a biologia desenvolvido por Conrad Hall Waddington. Este modelo foi elaborado com bases em pesquisas genéticas e embriológicas e descrito por representações da matemática apontando o fenômeno como sistema complexo.

**Palavras-chave:** homeorese, creodo, epigênese, biologia teórica, representações matemáticas.

### Abstract

This article introduces the theoretical model to biology developed by Conrad Hall Waddington. This model were prepared based on genetics and embryologicals researches described by mathematic representations which aim the phenomenon as complex sistem.

**Keywords:** homeorese, creodo, epigenesis, theorical biology, mathemathics representations.

### Introdução

Neste artigo apresentamos as idéias de Conrad Hall Waddington de organização, estrutura, forma, estabilidade, assimilação, homeostase, homeorese, paisagem epigenética e auto-regulação utilizando algumas representações matemáticas que justificam ou esclarecem a proposição de Waddington para estabelecer esses conceitos.

Trabalhando desde a década de 50 do século XX em proposições mais gerais para a biologia e distante da corrente determinista da genética, nos anos de 1966 a 1968 do mesmo século, Waddington elaborou para a realização de um simpósio com o objetivo de focar os problemas teóricos da biologia. Estes três simpósios da União Internacional de ciências Biológicas reuniram biólogos como Lewontin, Brian Goodwin, J. Maynard Smith, Stuart Kauffman, matemáticos como René Thom, físicos como David Bhom, o químico teórico Christopher Longuet-Higgins, Richard Gregory, psicólogo entre outros pensadores. A intenção de Waddington foi discutir e formular “conceitos gerais e relações lógicas dos sistemas vivos frente aos sistemas inorgânicos, e, além disso, considerar suas possíveis implicações para a filosofia geral” (WADDINGTON, 1976, p. 12).

Para Waddington os conceitos de homeostase, homeorese, paisagem epigenética e auto-regulação seriam as bases para elaboração de uma biologia teórica. Suas idéias provêm estão ligadas aos trabalhos de Haldane<sup>1</sup>, Paul Weiss e von Bertalanffy, os chamados radicais da década de 30 do século XX<sup>2</sup>. Waddington desenvolveu a tese: todo desenvolvimento de um organismo comporta uma organização e toda organização é resultado de um desenvolvimento. Nessa perspectiva, não se podia falar apenas em programação hereditária, seria preciso considerar o meio, pois seu modelo foi pensado em uma perspectiva evolutiva, como uma rede de interações entre a fisiologia da célula e as cadeias metabólicas em uma perspectiva evolutiva (CERUTTI, 1987).

Nesse caminho, Waddington propôs repensar que o método de análise dos fenômenos deveria ir além das análises centradas em observações de fatos isolados, ou seja, em processos biológicos particulares como a permeabilidade das membranas das células, genética, atividade neuronal. Por que esta preocupação? Para Waddington os estudos dos processos particulares da biologia se transformavam em “bom senso” e eram, então, generalizados. Ao contrário, para Waddington, estávamos em um momento da história em que este “bom senso” não se aplicava mais às diversas situações da natureza; uma natureza que está em constante movimento sofrendo interferências de todos os seus setores. É como se tentássemos explicar um determinado fenômeno sem considerar as diferentes escalas de impactos que ocorrem sobre ele e que provocam pequenas alterações que, no conjunto geral, irão afetar profundamente o fenômeno. Para Waddington podíamos concluir que a maioria dos fatos decorre de processos que resultam de ligações que interferem direta ou indiretamente nos resultados observáveis, e, portanto, devemos ser capazes de pensar para além de uma análise simples. Devíamos pensar modelos de ciências em termos de um conjunto de relações interligadas constituindo um sistema complexo.

Mas o que significaria um sistema complexo na biologia? Segundo Waddington ninguém teria conseguido dar uma explicação para este termo que pudesse medir, com exatidão, o grau de “complexidade” de um sistema. Para ele, a matemática poderia expressar, ao menos numericamente, algumas das conseqüências advindas de um sistema complexo.

Waddington (1979) dá um exemplo bastante simples do problema da contagem de relações estabelecidas entre pessoas que se conhecem aos pares. Dadas duas pessoas *a* e *b* a relação estabelecida entre *a* e *b* não necessariamente deve ser a mesma estabelecida entre *b* e *a*. Assim, num conjunto de dez pessoas cada indivíduo deverá estabelecer relações com nove outros, resultando num total de  $10 \times 9 = 90$  relações pessoais nesse conjunto. A figura 1, a seguir, ilustra o aumento do grau de

---

<sup>1</sup> Haldane realizou importantes trabalhos sobre regulação fisiológica. Paul Weiss introduziu os conceitos de “sistema” e “campo”. Joseph Henry Woodger, mestre de Haldane e Needham, compartilhou com seus discípulos uma leitura atenta da metafísica de Whitehead, visando a elaboração de metodologias relacionais adaptadas ao estudo dos sistemas complexos e trazendo ao grupo a idéia organicista e holística.

<sup>2</sup> O trabalho teórico de Waddington filiava-se ao grupo de cientistas “radicais” da década de 30 do século XX. Contava com o físico Paul Langevin, P.M.S. Blackett, H. Wallon, G. Cogniot, J.B.S. Haldane, Lancelot Hogben, Hyman Levy, Joseph Needham, Paul Weiss, Von Bertalanffy, N.H. Pirie, W. Wooster, o historiador da ciência Benjamin Farrington, além de um grupo de físicos, discípulos de Rutheford. O físico J.D. Bernal destacou-se nesse grupo publicando a obra, **A função social da ciência** (CERUTTI, 1987).

complexidade de um sistema com essas características com o aumento do número de pontos considerados (WADDINGTON, 1979, p. 29).

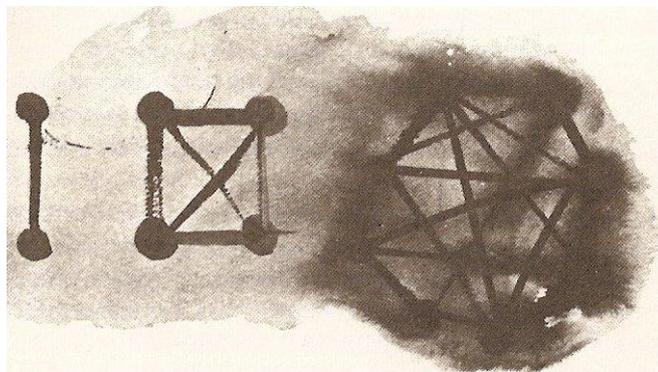


Figura 1: Extraída de Waddington (1979, p. 29)

Esse exemplo aponta que as relações estabelecidas dentro do sistema aumentam em quantidade aproximadamente com o quadrado do número de elementos do sistema, ou seja, 10 pessoas implicariam em aproximadamente 100 relações, 50 pessoas em 2.500 relações e assim por diante. Isso significa que o aumento no nível de complexidade de um sistema não é proporcional ao número de constituintes do sistema, mas sim ao quadrado deste número.

Esta representação numérica para a complexidade das relações em função do número de elementos envolvidos implica numa outra análise quanto à capacidade de compreensão humana para estes graus de complexidades. Para essa compreensão deparamo-nos com os modelos representacionais para os fenômenos que serão os instrumentos de medida e de tomada de decisões pelos cientistas.

### **O conceito de organismo de Waddington**

Para pensar o conceito de organismo no modelo de biologia teórica proposto por Waddington é necessário o conceito de estrutura. Sem estrutura não há as trocas internas, sem as estas não há a expressão externa. “Sem estrutura, é impossível para uma reação deter-se antes de ter consumido todo o produto correspondente, disponível na célula, ou pelo menos antes de ter alcançado um equilíbrio definitivo, como aconteceria na proveta de um químico. Seria impossível, pois, que a matéria viva, não sendo estruturada, conservasse sua estabilidade na complexidade das trocas” (PRENANT apud CERUTTI, 1987, p. 369).

Outro conceito é o de estabilidade. A estabilidade das formas do conjunto do organismo não significa que temos a estabilidade de seus elementos celulares.

Em quase todos os tecidos, os elementos são submetidos a uma renovação incessante, que às vezes, é esquecida: a cada instante morrem células, enquanto outras se formam [...]. Quando, pois, temos que explicar as formas vivas, é preciso fazê-lo do ponto de vista dinâmico. Num ser vivo, cuja forma muda pouco, as perdas se vêem grosso modo compensadas exatamente em cada tecido, em cada órgão. Isto depende (...) do fato de que sobre tal tecido ou tal órgão, os outros tecidos e órgãos do corpo exercem uma

influência que permanece mais ou menos constante (PRENANT apud CERUTTI, 1987, p. 369).

O organismo é, nessa perspectiva, um sistema fechado e, ao mesmo tempo, aberto. O organismo precisa de uma estabilidade para seu funcionamento e organização, mas é, sobretudo, dinâmico, passível de mudanças.

Um sistema fechado, segundo Waddington caracteriza-se pela não interação de seus elementos com fatores externos ao sistema. Isso não significa que o sistema está estático, mas sim que todas as mudanças ocorrem dentro do sistema somente entre seus elementos e os possíveis resultados dessas mudanças. A maioria dos modelos teóricos que aprendemos na escola é estabelecida considerando-se sistemas fechados como, por exemplo, o modelo de Malthus para crescimento populacional, além de todas as leis da mecânica convencional. A compreensão de um sistema aberto, no entanto, ultrapassa o estabelecimento de interações como elementos externos ao sistema, mas envolve entradas e saídas de energia necessária para alimentação do sistema e nem sempre é possível determinar exatamente os elementos que são internos ou externos ao sistema.

### **Genética e embriologia no modelo de Waddington**

Waddington, como disse Piaget, tinha em duas condições essenciais para traçar um modelo de organismo inovador: estudava genética e embriologia. Do ponto de vista embriológico Waddington esforçou-se em criar um modelo evolutivo entre a teoria de Lamarck e a de Darwin. De Lamarck extraiu a idéia de que o ambiente atua sobre o organismo mudando-o. Desse modo, é necessário ver o sistema genético – genoma e fenótipo - como sistemas complexos e considerar três dimensões. São elas:(1) a existência de determinantes hereditários separados, pois, com isto evita-se que se percam variações quando se cruzam animais ou vegetais diferentes; (2) o sistema genético não é somente um agente, mas está sujeito a trocas evolutivas; (3) a herança dos caracteres adquiridos em um jogo de inter-relações genéticas, de auto-regulação do organismo.

Com esses postulados Waddington propôs - se a abandonar o conceito de seleção natural e de mutação ao acaso. Trouxe ao debate a inserção do conceito de transmissão dos caracteres hereditários como um mecanismo da evolução do organismo. Desse modo seu modelo teórico de desenvolvimento do organismo traz duas dimensões: a evolutiva e a individual. A dimensão evolutiva compreende quatro outros sistemas: o genético, o epigenético, o explorador e o sistema de pressões seletivas naturais.

Não há, nesse modelo, mutação ao acaso e seleção do mais apto; há as pressões seletivas naturais. Ao genótipo é atribuído significado evolutivo, pois este é flexível em seu desenvolvimento; permitir fenótipos morfológicos e comportamentalmente diferentes. O desenvolvimento desses fenótipos depende das relações entre o organismo em desenvolvimento e seu meio.

[...] a seleção natural elabora genótipos que põem em marcha mecanismos de desenvolvimento que respondem com facilidade às tensões ambientais diante a produção de uma modificação bem organizada, que tem valor adaptativo. É como se no interior do genótipo se construísse um revólver que não somente está montado com um cabelo como gatilho, como já está apontado de maneira que atinja o alvo quando se produz o disparo. Na

medida em que tal resposta de desenvolvimento se delimite com precisão e se inicie com facilidade, aumentar a probabilidade de que seja produzida por trocas não específicas na natureza química da substância hereditária (WADDINGTON, 1963, p. 105).

Waddington deixa de falar em sistema genético quando se refere a sistemas complexos. Traz o conceito de “epigenêse” que é o resultado de reconstituições metabólicas ininterruptas no decurso de sucessivas gerações. O fenótipo, nessa concepção, é resultado de uma série de “respostas” do genoma às pressões ambientais. Enquanto o sistema genético transmite a informação genética de uma geração à outra, o sistema epigenético faz com que a informação contida no ovo fecundado influa sobre ele mediante o ambiente, para modificar os caracteres do adulto em reprodução. O sistema epigenético é uma combinação de plasticidade, capacidade de se modificar, de resistência e capacidade de não se dissolver diante das pressões do meio.

Para exemplificar sua teoria, Waddington (1963, p. 106) descreveu uma de suas experiências com *Drosófila*:

Se submetemos ovos da mosca de fruta (*Drosophila*) à ação de vapores de éter pouco depois da postura, uma proporção deles experimentará uma modificação do desenvolvimento de maneira que produzirão um fenótipo muito peculiar, conhecido como bitórax no terceiro segmento do tórax do animal; este deixa de ser uma estrutura pequena e obscura normal e se converte numa duplicata do segundo grande segmento torácico (WADDINGTON, 1963, p. 106).

O exemplo experimental, fora das circunstâncias normais de evolução, ilustra os princípios gerais de sua teoria evolutiva:

Quando se fez isto com uma população tomada de uma cepa normal do tipo silvestre, se pôs em evidência que havia certa variação genética na capacidade de responder desta maneira. Se a seleção favorecia a resposta, a frequência com que ocorria aumentava de uma a outra geração, até que depois de um tempo se tornava praticamente universal quando se submetia a cepa escolhida à ação do éter (WADDINGTON, 1963, p. 106).

Essa mutação genética não pode ser considerada mutação ao acaso; falar em “acaso” é desconhecer “todas as coisas interessantes que se pode dizer sobre o particular” (WADDINGTON, 1963, p. 107). Na verdade, o que Waddington apresenta é a retomada da doutrina da herança dos caracteres adquiridos de Lamarck, mas disse Piaget (1987), para acatar o fato e não a explicação lamarckiana.

Cabe aqui explicitar o conceito de assimilação genética. Este permite pensar a integração de perturbações ambientais por meio de um processo auto-regulador. E no jogo de sistemas – genético e epigenético – outro sistema, o explorador, vai permitir ao animal eleger, modificar o ambiente, como também assimilar as mudanças para seu próprio desenvolvimento.

Mais dois conceitos são importantes nessa formulação de organismo: homeostase e homeorese. Homeostase, “o mesmo estado”, define-se como o exercício do organismo que lhe permite retornar a um estado de equilíbrio após alguma perturbação. Por exemplo, superar o excesso de dióxido de carbono do sangue e fazer a sua concentração voltar ao normal. Ou controlar alguns mecanismos que fazem variar o ritmo das batidas do coração, da respiração. A homeostase dá uma configuração estática ou duradoura ao organismo.

Na natureza diversos organismos possuem a capacidade de aumentar drasticamente sua densidade populacional e depois retornar à sua densidade normal. As causas deste fenômeno denominado de epidemia ou ataque podem ser bióticas ou abióticas e este tipo de comportamento já era observado em experimentos realizados com insetos em laboratório na década de 50 do século XX.

A dificuldade em observar e, principalmente descrever o processo de homeostase nos direciona para uma representação matemática, ou mais especificamente para uma ilustração geométrica deste processo. Para facilitar a visualização vamos nos restringir a um sistema com três variáveis  $x$ ,  $y$  e  $z$  que é uma base para o espaço tridimensional. Neste sistema ilustraremos um mecanismo homeostático que apresente uma transição estável das concentrações representadas por  $x$ ,  $y$  e  $z$  após uma perturbação. Este mecanismo deverá representar uma “superfície atratora” que controla as variações de  $x$ ,  $y$  e  $z$  atraindo-as novamente aos valores iniciais de estabilidade. A figura 2 representa uma superfície atratora em forma de cone com o vértice para baixo localizado na posição estável de coordenadas  $(x,y,z)$ . Na linguagem matemática, neste cone, ao deslocarmos o ponto  $(x,y,z)$  para outra posição, acima deste vértice, ele é atraído para a superfície e desloca-se novamente para o vértice. Isto significa que a superfície do cone representa os elementos do sistema que controlam as variações de  $x$ ,  $y$  e  $z$  atraindo-as de volta a concentração inicial de estabilidade.

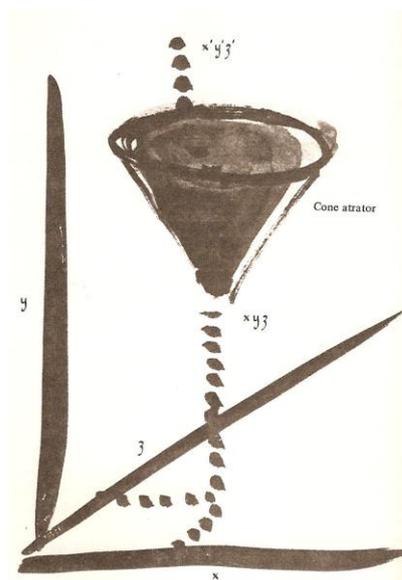


Figura 2: Extraída de Waddington (1979, p. 100)

Uma das vantagens de utilizarmos a linguagem matemática é que podemos estender esta idéia para uma quantidade infinita de variáveis e, sob as mesmas condições, obteremos os mesmos resultados. Além disso, este passeio pela linguagem matemática, nos permite ampliar nossa intuição a respeito do tipo de estabilidade a ser

exibido por sistemas com mais de três variáveis para serem controladas. Esta estabilidade representa o estado na qual o sistema tende a retornar após a perturbação.

A homeostase representa assim, o estado final que podem ser eventualmente atingidos por sistemas terminantes. Este estado final não significa que o sistema se tornou estático, mas que ele atingiu um estado de equilíbrio ou um padrão definitivo, ainda que este padrão seja oscilante.

A análise da forma como os sistemas atingem ou tendem ao seu estado final, ou de equilíbrio, nos leva sobre os sistemas progressivos que são aqueles que ou não apresentam um estado final ou estão muito longe de atingi-lo, tomando como medida nosso tempo de observação. Exemplos clássicos desse tipo de sistema são a população humana e a população de árvores, algumas árvores tem uma média de vida de 150 anos. Nesses sistemas pequenas interferências podem provocar mudanças que não são visíveis imediatamente após sua entrada no sistema. Além disso, as possíveis respostas a essas entradas no sistema podem ser consideradas transitórias, no sentido que, após um longo tempo, eles se estabilizam em novos padrões de comportamento das variáveis que pouco diferem do padrão inicial. Isso ocorre frequentemente quando lidamos com sistemas cujos tempos de resposta se comparam à duração da vida humana.

Este processo de manutenção de um certo padrão de estabilidade, ou ainda, de assegurar que as alterações não interfiram bruscamente na trajetória para o estado final do sistema é chamado de homeose.

Homeose ou preservação do fluxo é o processo pelo qual o organismo sofre uma mudança, mas esta é auto-regulada, ou seja, flexível dentro de certos limites.

Este comportamento aparece frequentemente em sistemas em desenvolvimento. Se, por exemplo, um embrião sofre um dano em um estágio primitivo e, não obstante, este embrião apresenta-se normal em um estágio posterior; o sistema pode “regular-se” e restaurar a normalidade, levando a cabo o programa evolutivo. Entretanto após o dano, não há um retorno a um estado anterior ao instante do dano, e sim um retorno gradual com restauração do dano, que se completa em algum estágio posterior. (WADDINGTON, 1963, p. 105).

Podemos utilizar a linguagem matemática para representar um sistema homeorético, e nesse caso este será ilustrado por uma superfície atratora, como no processo homeostático, porém a superfície não será um cone que leva a um ponto, já que temos que exibir os diferentes caminhos de controle que conduzirão ao estado de equilíbrio inicial. Neste caso esta superfície deverá ter a forma aproximada de um vale, cuja trajetória estável da variação do sistema assemelha-se ao leito no fundo deste vale.

A figura 3 ilustra esta superfície atratora, e os pontos A, B e C, que representam os valores dos componentes num determinado instante, indicam alguns possíveis estados do sistema.

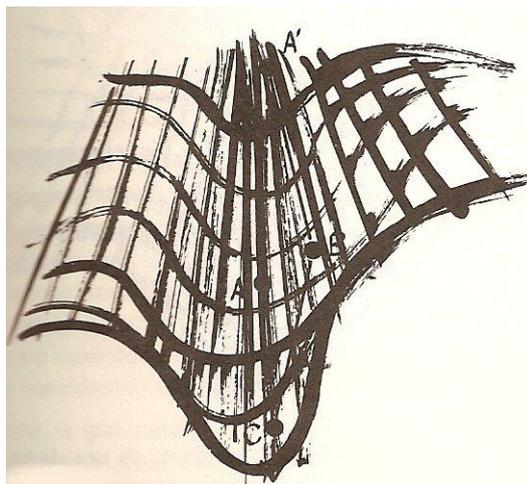


Figura 3: Extraída de Waddington (1979, p. 105)

Durante o movimento encosta a baixo, o ponto poderá atingir uma certa quantidade de movimento, que a manterá deslocando-se na mesma direção, percorrendo um plano inclinado até atingir o fundo do vale, posição C, que representa o estágio inicial. Isso ilustra o fato de que a homeosese representa a capacidade de o organismo se auto-regular, de se “adaptar” às condições ou pressões do meio significa a manutenção de um fluxo, de uma variação. Este conceito precisa pensado junto a outro conceito, creodo, ou caminho necessário, em grego, que significa, no caso da figura 2 que a trajetória da variação é canalizada.

O creodo é o evento em que o organismo descreve “trajetórias temporais de trocas progressivas do desenvolvimento, que surgem pela natureza da organização causal de seu ponto de partida” (WADDINGTON, 1963, p. 96). Por exemplo:

[...] este quadro representa sistematicamente o fato de uma célula não poder desenvolver ao mesmo tempo proteínas musculares e nervosas; de poder, no início, ser facilmente estimulada (impelida) a desenvolver umas ou outras; e de, à medida que a diferenciação prossegue, torna-se cada vez mais difícil para a célula transferir-se (espontaneamente ou sob influências ambientais) de uma trajetória a outra (BODEN, 1983, p. 111-112).

Utilizando novamente a linguagem matemática e uma representação geométrica ilustrativa, podemos representar este processo como uma superfície de um vale com um fundo muito achatado, conforme mostra a figura 4.

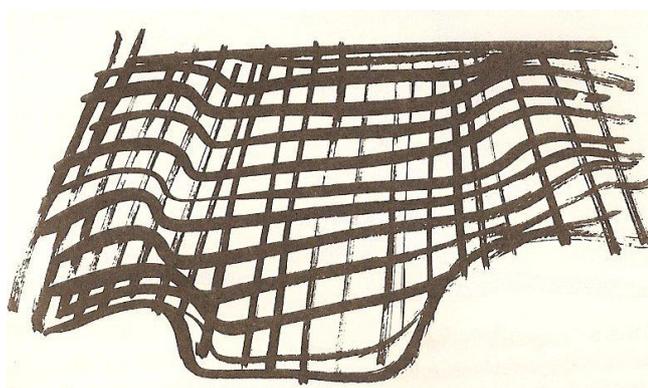


Figura 4: Extraída de Waddington (1979, p. 107)

Esta superfície contém infinitos caminhos estáveis diferentes que se mantêm constante a pequenas perturbações, ou seja, uma vez que posicionamos num destes caminhos é mais difícil desviar desta rota. Esta configuração da superfície atratora necessita de grandes perturbações para desviar a rota do fundo do vale. Pequenas perturbações provavelmente manterão o sistema no fundo do vale, ou seja, nas condições iniciais.

As trajetórias de variação canalizam, em um sentido, desenvolvimentos particulares, ou creodos, de uma célula, um órgão ou parte de um embrião. Na concepção de Waddington, não há movimento em um sentido único, de causa-efeito; sua noção é de campo vetorial, em que não há um único creodo, mas sim um conjunto de creodos que, com maior ou menor profundidade, descrevem uma paisagem epigenética.

Nos sistemas biológicos progressivos, tais como um embrião em desenvolvimento ou uma planta, confrontamo-nos com sistemas que não podem ser completamente descritos em termos de um creodo único, ou mesmo em coleções de creodos aproximadamente paralelos [...]. Quando um ovo se desenvolve, as suas diferentes partes seguem evoluções diferentes, e eventualmente acabam formando partes diferentes do animal final: algumas partes tornam-se músculos, outras se tornam nervos, etc. Isto pode ser representado por uma “paisagem epigenética”. Nesta “paisagem” o início do processo é representado por um vale único; em seguida este se ramifica em dois ou mais, e estes ramos subdividem-se de novo, até formarem certo número de vales separados, correspondentes às partes separadas do animal adulto (BODEN, 1983, p. 109).

A “paisagem epigenética” é o potencial de desenvolvimento; é metaforicamente esquematizada por montanhas e vales, que são geneticamente determinados, mas que variam entre os indivíduos. Os vales representam os creodos, caminhos que o organismo (ou parte dele) descreve em seu desenvolvimento. A profundidade de um vale representa o grau de dificuldade que uma parte do organismo tem ao deixar um caminho (quando ocorre um problema) em favor de outro. Os vales epigenéticos não são construídos em um movimento de mera ramificação. Cada ramificar-se é um momento de possível desintegração caótica ou de duas novas trajetórias, cada uma com sua estabilidade. É o momento designado de catástrofe ou ponto de ramificação.

Este modelo procurava apresentar o ser vivo por um conjunto de sistemas que se auto-regulam, isto é, que seriam capazes de, por intermédio da troca com o meio, criar mecanismos que respondessem com facilidade às tensões ambientais, modificando-se e adaptando-se.

### **Conclusão**

Na concepção de Waddington e de outros cientistas da chamada “geração radical”, “o problema crucial da biologia teórica era compreender a maneira como os genes regulam os caracteres dos organismos desenvolvidos a partir dos zigotos que acabam de ser fecundados” (WADDINGTON, 1963, p. 85). Em outras palavras, em

termos do processo, a evolução operaria ajustando seus resultados às circunstâncias que a rodeiam e em termos dos processos metabólicos internos.

Os dois fenômenos – o evolutivo e o desenvolvimento celular – tomados em conjunto por Waddington, levaram a evolução ao encontro da genética. E levaram à sua aceitação no mundo intelectual científico depois que o Projeto Genoma, na década de 90 do século XX, mostrou que o conceito de gene passará por uma transformação trazendo à cena o conceito de sistema epigenético (KELLER, 2002).

### **Referências**

- BODEN, Margaret A. **As idéias de Piaget**. São Paulo: Cultrix/Edusp, 1983.
- CERUTTI, Mauro. O materialismo dialético e a ciência nos anos 30. IN: HOBBSAWM, Eric. **História do marxismo**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987, V. IX.
- KELLER, Evelyn Fox. **O século do gene**. Belo Horizonte: Editora Crisálida/Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- PIAGET, Jean. **Introducción a la epistemologia genética**. México: Editorial Paidós, 1987.
- WADDINGTON, Conrad Hall et al. **Hacia una biologia teórica**. Madrid, Alianza Editorial, 1976.
- WADDINGTON, Conrad Hall. **Instrumental para o pensamento**. São Paulo: Itatiaia/Editora Edusp, 1979.
- WADDINGTON, Conrad Hall. **El animal ético**. Buenos Aires, Editorial Universitária de Buenos Aires, 1963.