

OS OBJETOS FRÁGEIS



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Reitor

FERNANDO FERREIRA COSTA

Coordenador Geral da Universidade

EDGAR SALVADORI DE DECCA

E D I T O R A
U N I C A M P

Conselho Editorial

Presidente

PAULO FRANCHETTI

ALCIR PÉCORÁ – CHRISTIANO LYRA FILHO
JOSÉ A. R. GONTIJO – JOSÉ ROBERTO ZAN
MARCELO KNOBEL – MARCO ANTONIO ZAGO
SEDI HIRANO – SILVIA HUNOLD LARA

PIERRE-GILLES DE GENNES
JACQUES BADOZ

OS OBJETOS FRÁGEIS

Tradução:
Leandro R. Tessler

EDITORIA UNICAMP

Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990. Em vigor no Brasil a partir de 2009.

FICHA CATALOGráfICA ELABORADA PELO
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

G287o Gennes, Pierre-Gilles de.
Os objetos frágeis / Pierre-Gilles de Gennes, Jacques Badoz;
tradução: Leandro R. Tessler. – 2ª ed. – Campinas, SP:
Editora da Unicamp, 2008.

1. Física – Estudo e ensino – Metodologia. 2. Química –
História. 3. Educação – Finalidades e objetivos. I. Badoz,
Jacques. II. Título.

CDD 530
540.9
370.11

ISBN 978-85-268-0836-2

Índices para catálogo sistemático:

1. Física – Estudo e ensino – Metodologia	530
2. Química – História	540.9
3. Educação – Finalidades e objetivos	370.11

Título original: *Les objets fragiles*

Copyright © 1994 by Plon
Copyright © 2008 by Editora da Unicamp

1ª edição, 1997 Editora da Unicamp
2ª reimpressão, 2012

Nenhuma parte desta publicação pode ser gravada, armazenada em sistema eletrônico, fotocopiada, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização prévia do editor.

Editora da Unicamp
Rua Caio Graco Prado, 50 – Campus Unicamp
CEP 13083-892 – Campinas – SP – Brasil
Tel./Fax: (19) 3521-7718/7728
www.editora.unicamp.br – vendas@editora.unicamp.br

PREFÁCIO À EDIÇÃO BRASILEIRA

Este é um livro de lembranças. Ele não pretendia de forma alguma motivar uma reflexão muito profunda em seus leitores. Não obstante, teve um certo impacto sobre a comunidade de língua francesa: algumas reformas educativas em ciências (especialmente nos cursos preparatórios para as Grandes Escolas francesas) foram talvez um pouco inspiradas por ele. Isso foi uma surpresa, como mais tarde tive a surpresa de ver também reações muito positivas à edição inglesa – apesar de o público anglo-americano ter problemas pedagógicos muito diferentes dos nossos.

Que ocorrerá em relação ao público brasileiro? Ele está, de alguma forma, mais próximo de nós, franceses, por uma certa cultura latina. No entanto, ele difere de forma imensa pela sua juventude e pela extensão do país. Eu estou assim muito curioso de ver qual será o destino desta versão – tão fielmente traduzida por Leandro R. Tessler – e eu espero que sua publicação seja o ponto de partida para um diálogo proveitoso entre nossas comunidades científicas e pedagógicas.

Pierre-Gilles de Gennes
Paris, setembro de 1997

SUMÁRIO

Introdução — Histórias de escolas	9
Primeira parte — A matéria mole	15
1 A bota do índio e o Sr. Goodyear	17
2 A sopa de macarrão	23
3 O sifão sem tubo e o barco veloz	35
4 O escriba egípcio, a goma arábica e a tinta nanquim	49
5 Os cristais líquidos e o cardume de peixes	61
6 Na superfície das coisas: molhagem e desmolhagem	77
7 Bolhas e espumas	97
8 Os objetos frágeis	119
Segunda parte — A pesquisa	123
1 Profissão: pesquisador	125
2 A descoberta	139
3 Uma ciência positiva	153
4 Ambientes	161
Terceira parte — A educação	173
1 Uma pedagogia do real	175
2 O império da matemática	191
3 Um pouco de oxigênio	199
4 Novos estandartes	205

Observações finais	209
Glossário	211
Agradecimentos	217

Introdução

HISTÓRIAS DE ESCOLAS

Este livro conta uma viagem pelas escolas secundárias da França e de além-mar (indo até a Martinica).

Há muito tempo eu tinha vontade de falar com os estudantes secundários, mas isso era impossível. Ocorre que eu sou o diretor do que chamamos na França (um pouco pomposamente) de uma *Grande Escola*.^{*} Digamos uma pequena Grande Escola: a Escola de Física e Química (Escola Superior de Física e Química Industriais da Cidade de Paris, ESPCI ou PC). Se eu tivesse proposto ao diretor de uma escola secundária dar uma palestra a seus alunos ele teria, não sem uma certa razão, respondido que isso consistiria em propaganda enganosa para minha instituição, e que uma visita seria então impossível.

No entanto, quis a sorte que o Comitê Nobel me atribuísse um prêmio. Assim, a partir do fim de 1991, eu passei a ser convidado espontaneamente a visitar escolas, usualmente por iniciativa dos

^{*} N.T.: As Grandes Escolas são estabelecimentos superiores de ensino muito prestigiosos, à margem do sistema universitário francês, que têm como objetivo a formação de quadros de elite para o país.

próprios alunos, às vezes reunidos em associações, clubes de ciência etc., mas também ajudados por professores mais dinâmicos.

Então eu parti, com um pequeno conjunto de imagens debaixo do braço, para contar a vida de meus pesquisadores: que tipo de perguntas eles se fazem, que estilo eles têm em seu trabalho. Mostrar seus sucessos, seus fracassos, suas brigas, seus erros. Fazer sentir que a ciência se move, mas mostrar também que sua marcha não é uma linha reta, que existem muitos zigue-zagues, armadilhas — e também atalhos inesperados. Fazer sentir que o pesquisador não é um profeta, nem um sábio quadrado, mas acima de tudo um explorador — muitas vezes hesitante e cansado...

Desde as primeiras escolas eu experimentei uma sensação de felicidade total. Apesar de certas dificuldades materiais: as salas raramente sonorizadas, os *slides* que não passam, a tela de projeção do tamanho de um selo... detalhes, mas que contam quando se está frente a frente com mil ou dois mil adolescentes agitados, em algum lugar na periferia distante.

Felicidade total, justamente por que, apesar de tudo, desde as primeiras palavras um silêncio especial se estabelece. Pode-se sentir a corrente que passa. Mais tarde, uma vez terminada a história, vem o verdadeiro debate. É sempre difícil começar (especialmente se as autoridades escolares locais estão presentes). Mas depois de soprar um pouco veem-se acender as primeiras faíscas e muito rápido nos encontramos no centro de um braseiro: uma a duas horas de perguntas!

No início se apresentam perguntas um pouco técnicas sobre esta ou aquela propriedade da borracha ou da cola. Depois os objetivos se tornam mais vastos:

- Que linhas de pesquisa seguir?
- Existe um tipo único de pesquisador?
- É necessário ser forte em matemática?
- É bom o ensino em nossas escolas?

Progressivamente abordam-se perguntas realmente gerais:

- Por que fazer ciência?
- Quais são os riscos?
- É bom modificar profundamente o mundo que nos cerca?

E finalmente:

- Qual mundo é esse?

- De onde viemos, para onde vamos?
- Existem outras formas de vida no universo?
- Existe um além?...

É um desafio enorme ter de encarar esse tipo de perguntas — às quais ninguém sabe verdadeiramente responder, mas que precisamos de qualquer forma nos fazer. (Eu acabo de definir a filosofia, uma ciência que não conheço muito bem.)

De qualquer maneira, que grande prazer é refletir com um grupo inteiro e especular em conjunto.

Um outro aspecto previsível dessas discussões diz respeito à educação, pois, desde o início de minha exposição, eu lanço frases provocantes a respeito das fraquezas do sistema francês. E a reação vem: estabelece-se uma espécie de jogo triangular entre os alunos (que conduzem o jogo), os professores (que jogam como goleiros) e eu (que, na medida do possível, devolvo a bola).

Muitas vezes minha visita toma ainda outras direções: uma turma, por exemplo, havia preparado uma bela experiência; esta outra uma exposição, ou ainda uma oficina de trabalho. Essa era a ocasião de falar mais tranquilamente com pequenos grupos em um laboratório, ou sobre um gramado, ou mesmo esvaziando alguns copos em volta de uma mesa.

Quantas lembranças acumuladas!

Desde os grandes colégios clássicos até as pequenas escolas profissionalizantes, muitas vezes as mais vivas. Eu penso por exemplo em Rochefort, onde ensinam os jovens a fabricar matérias plásticas. Não havia em Rochefort uma peça grande o suficiente para minha exposição. Eu então falei na sala de máquinas, com os alunos reunidos de um lado, os técnicos, em uniforme de trabalho, de outro e um ambiente que me lembrava Júlio Verne.

Em um outro estilo, eu não esquecerei jamais a escola de Asnières, onde a melhor sala era a do teatro (arranjada por um diretor entusiasta). Esse teatro lotou de tal maneira que (eu caminho muito enquanto falo) eu batia com as pernas nos corpos de meus espectadores agachados por toda a parte sobre o palco.

Apareceram vários teatros nessa história: as salas clássicas e charmosas de Nancy e de Besançon, salas de cinema antigas e até mesmo estádios como o célebre estádio de Orthez e o de Lamentin na Martinica. Como não pensar nas perguntas audaciosas, apaixonadas,

nadas, dos jovens das Antilhas ou na inauguração tão emocionante de um laboratório muito simples, lá apresentada por uma aluna de dezesseis anos?

Eu então acumulei uma cesta cheia de lembranças. No entanto em um dado momento foi preciso parar: eu estava cansado, extenuado e precisei — não sem uma dor no coração — recusar todos os convites desde um ano atrás. Isso significou responder “não” a mais de 150 grupos de estudantes secundários ativos, simpáticos, criativos.

É impossível fechar esta página feliz de minha vida sem tentar fixar a lembrança: daí a ideia de juntar essas histórias em um livro. Empreendimento um pouco ingênuo. Documentos não faltavam: gravações em áudio, fotos, vídeos (que captam o orador, mas que não transcrevem as imagens sobre as quais eu me apoio constantemente). Minha sorte foi encontrar neste caminho um amigo, Jacques Badoz, professor na ESPCI. Ele interessou-se por estas pequenas viagens e acima de tudo pelas discussões que elas motivavam. Ele reuniu e repensou todos os textos. Ele assinalou as maiores lacunas, e destes fragmentos esparsos ele fez um todo. Sua visão é muito próxima da minha: nós trabalhamos rapidamente e sem antagonismos.

Neste ponto eu devo parar e prevenir meu leitor ou minha cara leitora (como fazia o autor de uma Viagem Sentimental muito maior) para o que eles *não encontrarão* nestas páginas:

Às perguntas dos estudantes eu respondi de bom coração, com meus poucos recursos e minhas próprias opiniões. Nós quisemos preservar a ingenuidade destas respostas. Por exemplo, sobre tal problema de meio ambiente eu externo um ponto de vista, eu não faço uma análise detalhada que necessitaria de um livro inteiro. Sobre um assunto desta amplitude, se alguém quer formar uma ideia pessoal ele deve consultar os livros recentes de Zaher Massoud, de Claude Allègre ou (o mais recente) de Gérard Lambert.

Não esperem encontrar aqui números, estatísticas, dados detalhados sobre os problemas contemporâneos. Este é um livro de lembranças, nada mais.

A lembrança mesmo é frágil: nós não pudemos guardar as questões individuais dos jovens, as quais muitas vezes não haviam sido gravadas. Nós tivemos de misturá-las, dar-lhes forma e compactar

também as respostas dadas sobre um mesmo tema diante de auditórios diferentes. Nós assim perdemos muito do caráter espontâneo do diálogo. Mas em toda a medida do possível, nós quisemos preservar nestas páginas a “pequena chama” de curiosidade e de entusiasmo que estava presente nas escolas.

Pierre-Gilles de Gennes

Primeira Parte
A MATÉRIA MOLE

I

A BOTA DO ÍNDIO E O SR. GOODYEAR

Para falar de moléculas de cadeias longas — os polímeros [1]¹ — eu gosto de partir de uma experiência amazonense. Os índios da Amazônia pegam a seiva da seringueira — um tipo de líquido esbranquiçado como o da coroa-de-cristo — e lambuzam seus pés. No início essa seiva de seringueira é um líquido banal: ele escorre. Passados aproximadamente vinte minutos ele coagula e o índio obtém uma bota (figura 1)!

Esta transformação é interessante. Eu vou começar explicando como nós a fazemos atualmente, cinco mil anos depois que os índios tenham descoberto esta esperteza.

O líquido inicial, a seiva da seringueira ou *látex*, contém *moléculas* [1b] de cadeias longas que podemos imaginar como espagete na fervura, muito moles, muito flexíveis. Se reduzimos o tamanho do macarrão que comemos por um fator 100.000, temos uma ideia da estrutura desse látex.

¹ Os colchetes, como por exemplo [1], enviam ao Glossário no fim do livro.

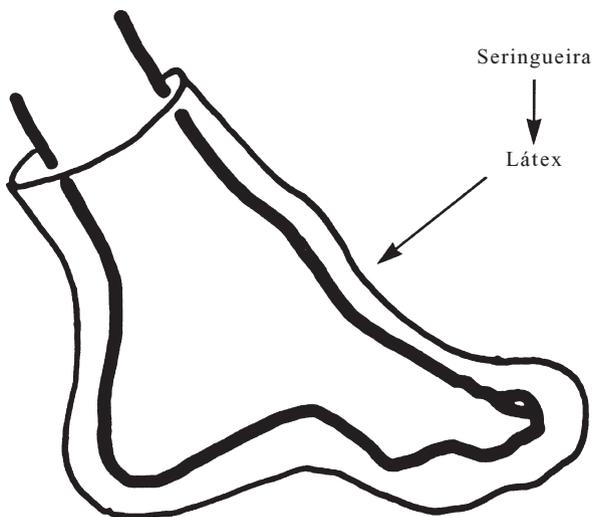


Figura 1: Uma experiência inventada pelos índios

Depois que o índio lambuzou seu pé intervém um novo ator: o oxigênio do ar. O oxigênio faz uma reação notável: ele *cola as ca-deias entre elas* em alguns pontos (figura 2). Se pegamos um prato de macarrão podemos facilmente aspirar e engolir um só. Se os colamos uns aos outros com alguns pontos de cola isso não é mais possível; se puxarmos um deles o conjunto resiste: *passamos de um líquido a um sólido*.

De qualquer forma é um sólido um pouco especial. Se eu evoluísse nesta estrutura como um peixe minúsculo do tamanho de alguns *átomos* [1a], eu não notaria a diferença entre antes e depois da ação do oxigênio do ar. Tudo se moveria mais ou menos da mesma forma e me pareceria ainda fluido. Assim, o objeto que serve para calçar o pé do índio é sólido a uma grande escala e fluido a uma pequena escala. Isso é o que chamamos de *borracha*. (Na verdade, o pequeno peixe explorador do qual eu falei nada tem de imaginário, ele existe. Trata-se de um pequeno ímã presente em certos núcleos de moléculas. Ele nos permite sondar a vizinhança imediata de uma

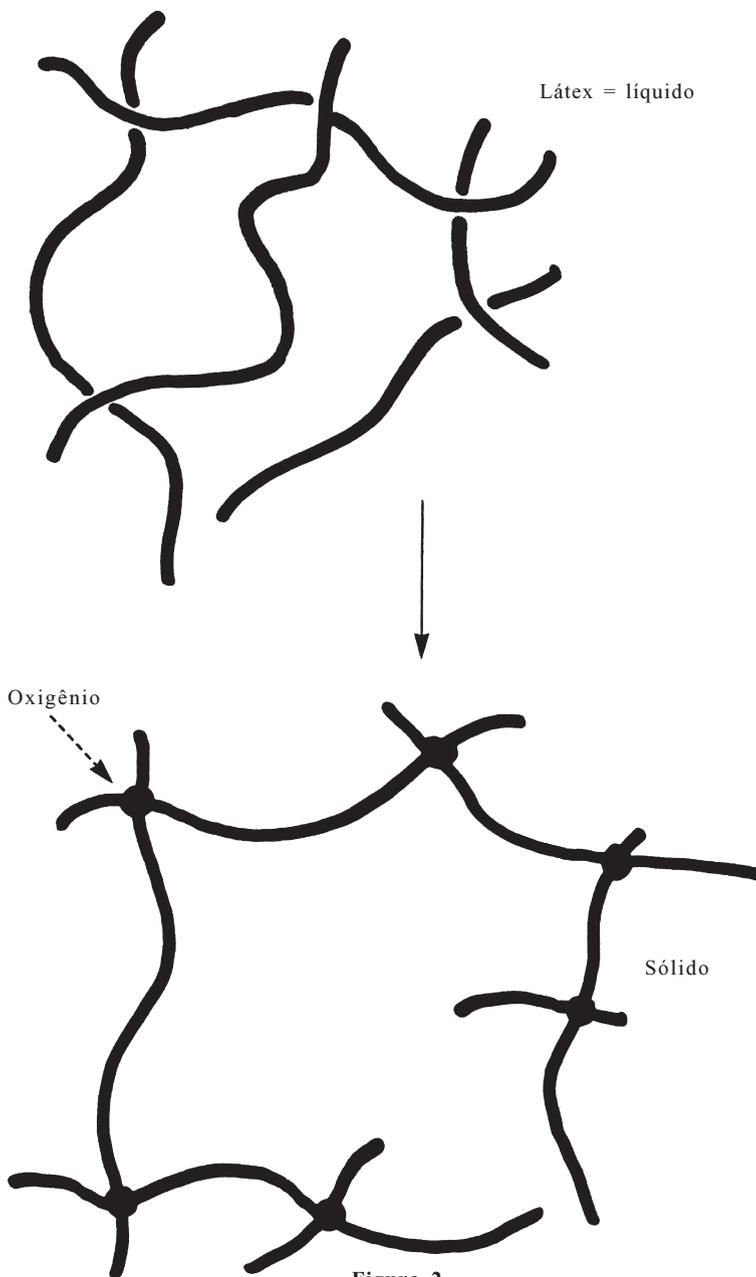


Figura 2

molécula na escala de alguns *angströms* [2]. A “ressonância magnética nuclear” estuda os sinais emitidos por estes pequenos ímãs atômicos e nos permite verificar que localmente a borracha ainda é um líquido.)

A bota do índio é engenhosa mas não muito satisfatória: esta cobertura de látex se desagrega ao fim de um dia! Aqui está o porquê: o oxigênio do ar produz inicialmente uma reação útil quando ele fixa as cadeias entre elas. No entanto, como é muito ativo, ele continua a agir quimicamente e sobre a estrutura e em uma segunda etapa *corta* as cadeias. Tudo se passa como se, armados de uma tesoura, nós cortássemos ao acaso as malhas de uma rede de pesca. Em um dado momento a rede se desfaz. É o que ocorre com a bota do índio: ela perde então sua rigidez mecânica. Tudo é perdido.

Como evitar isso? Por um processo inventado em 1849. Nós o devemos a um americano cujo nome é conhecido por todo mundo: Goodyear.

Pequena causa, grandes efeitos

1849. É a época do desenvolvimento fulgurante da química. Os químicos começam a fabricar grandes quantidades de moléculas novas. Eles tentam um pouco de tudo, eles fazem tudo agir sobre tudo... Em particular, Charles Goodyear (1800-1860), por curiosidade, pega este látex da seringueira e decide fazê-lo ferver com enxofre. Ele não tem a menor ideia do que é o látex. Ele sabe apenas que ele contém carbono e hidrogênio. A ideia da existência de moléculas de cadeias longas lhe é totalmente estranha. Mas ele tenta... e consegue fazer as coisas avançarem. Ele obtém uma espécie de produto escuro, ao mesmo tempo deformável e robusto: a *borracha natural*. Essa borracha, um século e meio depois de Goodyear, continua sendo uma das bases de nossas atividades industriais. O pneu ordinário de um carro de série possui em média dezesseis camadas elásticas com funções diferentes. Entre essas dezesseis camadas muitas são feitas ainda hoje com a borracha natural de Goodyear.

Não se sabe ainda precisamente por que Goodyear teve a ideia de utilizar o enxofre, mas sabemos a chave de seu sucesso. O enxo-