Esta é a tradução ao português do Brasil do livro “Cold Fusion and the Future” de Jed Rothwell (http://lenr-canr.org/acrobat/RothwellJcoldfusiona.pdf). Tradução por Sergio Bacchi (s.bacchi@gmail.com)

Prefácio da edição em português

por Sergio Bacchi

Como está na introdução, o objetivo deste livro é mostrar algo do que se pode fazer com a fusão a frio do hidrogênio pesado, deutério, e o que representaria para a economia da humanidade se continuassem as pesquisas para controlá-la.

O autor com um sentimento humano admirável narra inúmeros problemas que se solucionariam com a fusão a frio. Mas narra também como toda possibilidade de financiamento dessas pesquisas foram banidos, não só dos Estados Unidos, mas de inúmeros países pelo mundo.

Pela experiência de nossa história dos últimos séculos sabemos que sobretudo as corporações da indústria energética, mais que provavelmente estão subornando toda classe de pessoas envolvidas em pesquisas dessa natureza que se deixem subornar, em última análise, estão defendendo suas vendas diárias de bilhões de US dólares. Mas ao mesmo tempo sabemos que inúmeros outros seguem seus trabalhos, mesmo com ônus e sacrifícios, que devemos felicitá-los.

Por outro lado sabemos que o problema do desemprego generalizado no mundo só poderá começar a solucionar-se quando se diminuam as horas diárias de trabalho, já que a automação industrial continuará a avançar. A fusão a frio e a economia que representa poderia ajudar inclusive nesse aspecto, barateando a vida.

Na verdade, estamos numa encruzilhada histórica que poderia representar o desaparecimento do homem como tal e termos uma regressão à animalidade se não resolvermos problemas tão relevantes como a poluição, o aquecimento global e outros ocasionados por nossa indústria, que com a fusão a frio daria um passo à frente superando esta encruzilhada, desde que resolvesse os problemas políticos e econômicos que pressupõe.

Nós que trabalhamos toda uma vida em ciência sabemos que os interesses alheios aos interesses humanos é que vigoram no desenvolvimento desta. Sabemos o que passou com Galileu Galilei por sua ciência contradizer o que afirmavam os poderosos da época, e assim continua até hoje. A única diferença é que no lugar de representar uma negação do que afirmava a Igreja da época de Galileu, que a terra ocupava o centro do universo e estava aí imóvel, a fusão a frio representa o desaparecimento dos lucros da indústria energética, a mais rentável de nossa época e como esta época se baseia no lucro nos querem todos na fogueira. Mas responderemos “*Eppur si Muove!*”.

Introdução

O propósito deste livro é mostrar que com a fusão a frio[1] podemos realizar coisas maravilhosas. Esta não é uma revisão ou uma história do campo. Não busca convencer o leitor que a fusão a frio existe. Se você duvidar, leia por favor fontes originais: os documentos científicos publicados em jornais especializados e em conferências. Você encontrará uma bibliografia com mais de 3.500 documentos em http://lenr-canr.org, junto com uma coleção com mais de 500 documentos completos.

A fusão a frio foi replicada com sucesso em centenas de universidades e de laboratórios nacionais. Estas experiências provam que a fusão a frio existe. Em alguns exemplos produziu temperaturas e energia concentradas altamente densas para aplicações práticas. Se a fusão a frio pudesse ser comercializada eliminaria a maioria da poluição e economizaria bilhões de US dólares gastos por dia agora em combustível fóssil. Será uma dádiva de Deus a bilhões de pessoas que vivem na pobreza abjeta. Em nações ricas oferecerá um sentido renovado da maravilha, e esperança no futuro.

Infelizmente, esta pesquisa foi suprimida nos Estados Unidos. Os documentos não podem ser publicados; as experiências não são financiadas. O Departamento de Energia reviu em 2004 o tema. O sumário oficial foi um farsa[2,3], mas alguns dos comentários do revisor dão o que pensar[4], assim que talvez há um raio da esperança. Mesmo assim, a luta para permitir um pouco de pesquisa é provável que continuará por anos. A finalidade deste livro, então, é inspirar o leitor e, talvez, alistá-lo nesta batalha política.

A maioria dos investigadores da fusão a frio estão interessados na ciência, antes do que em benefícios potenciais. Querem saber o que o fenômeno revela sobre a natureza, e como pode ser explicado teoricamente. O público, por outro lado, quer geralmente saber: Que pode a fusão a frio fazer para mim? Pode realmente terminar a crise energética? Ou será outro desapontamento, como a energia nuclear convencional o foi? Isto não é auto-serviço. O público tem o direito de estar preocupado sobre a energia, e pôr primeiramente as necessidades das pessoas. A crise energética cresce ano a ano. O aquecimento global destrutivo pode finalmente vir para cima de nós: em 2004, sem precedentes, os tufões fora de estação golpearam repetidamente o Japão, e o nível da água no mar elevou-se dramaticamente. Muitas de nossas piores crises políticas estão vinculadas com a energia, especialmente com o petróleo. A guerra do Iraque pode não ser "uma guerra pelo petróleo" como alguns críticos dizem, mas o petróleo é certamente uma causa. Se o Oriente Médio não tivesse petróleo, os Estados Unidos não se envolveria. A energia é freqüentemente a história atrás das manchetes. A produção da energia causa a maioria da poluição do ar. A falta de energia no terceiro mundo é a única causa previsível da maioria das doenças, da miséria e da morte.

---

[1] Fusão a frio do hidrogênio pesado (deutério).
[2] DOE, *Report of the Review of Low Energy Nuclear Reactions*. 2004, Department of Energy, Office of Science, http://lenr-canr.org/acrobat/DOEreportofth.pdf
[3] LENR-CANR.org, Special Collection, 2004 DoE Review of Cold Fusion, http://lenr-canr.org/Collections/DoeReview.htm
[4] DOE, 2004 *U.S. Department of Energy Cold Fusion Review Reviewer Comments*. 2004, Department of Energy, Office of Science, http://lenr-canr.org/acrobat/DOEusdepartme.pdf

Neste livro, antes que falar sobre o estado atual da pesquisa, eu gostaria de olhar distante adiante, de sonhar, e especular. Eu espero que o leitor se entretenha tanto na leitura como eu escrevendo-o. Este livro não é uma análise técnica séria do termo P&D ou das oportunidades de mercado. Considere-o por favor ficção científica da não-ficção, ao longo das linhas da obra maestra de Arthur C. Clarke "*Profiles of the Future*"[5,6]. Leitores atentos anotarão que eu plagiei na cara de pau muitas das idéias dos perfis, tais como os mega-projetos de dessalinização, minerando no mar, o hovercraft, e os automóveis (auto-dirigidos) autônomos.

Como algumas das predições deste livro são para o futuro distante, e algumas são extravagantes, em cada caso eu baseei-as em resultados experimentais da fusão a frio real, e em melhorias prováveis de outras tecnologias tal como processamento paralelo, diamantes em películas finas e fibra do carbono. Tanto quanto eu sei, mesmo as predições as mais futurísticas aqui são fisicamente possíveis. Tomando um exemplo extravagante, suponho que será algum dia possível construir uma cobertura geodésica gigante sobre Las Vegas da baixa de fibra de carbono, e ar condicionado para toda a cidade. Isso não significa que será prático, ou desejável. O custo do equipamento faria provavelmente este projeto demasiado caro, mesmo com a energia da fusão a frio a custo zero. Os cidadãos de Las Vegas podem não desejar ar-condicionado em sua cidade. Mas em todo o caso, poderia ser feita com a fusão a frio, visto que seria fora de questão com qualquer outra fonte de energia.

Algumas descobertas da fusão a frio são mais sólidas que outras. As experiências em alta temperatura de descarga em plasma com tungstênio somente replicadas por Ohmori, por Mizuno[7], outras pelos pesquisadores de Cirillo[8] e dois outros segundo eu sei. Não estou ciente de nenhum erro neste trabalho. Mizuno replicou centenas de vezes o efeito durante muitos anos, e usa os mais melhores instrumentos que o dinheiro pode comprar. Entretanto, como a experiência foi a mais extensamente replicada, nós não podemos estar certos que seja real, e as predições baseadas nela são tentativas. Por outro lado, temperaturas moderadas entre 50 e 150ºC foram replicadas por centenas de pesquisadores e são reais além de toda dúvida. Rejeitá-las é equivalente a rejeitar o próprio método experimental. Se a fusão a frio puder ser comercializada, nós certamente veremos a calefação ambiental de moderada temperatura e as turbinas a vapor, mas não podemos ver fusão a frio intensa em plasma de alta temperatura.

A fusão a frio mudará a maneira de fazermos incontáveis produtos no futuros: tudo dos calefatores ambientais aos fornos da fábrica, à iluminação de rua municipal e aos aviões. Neste livro, entretanto, considerei somente como afetará um punhado de máquinas: principalmente automóveis, geradores de energia e robôs autônomos. Ignorei a maioria das mudanças que incrementais que causará. Como se a própria fusão a frio não fosse controversa bastante para um livro, concentrei-me na tecnologia inacreditável provocativa, problemática, e diretamente teria um impacto profundo na sociedade. Por exemplo, proponho desfazer-nos do sistema interestadual de estradas e reconstrui-lo em subterrâneos. Confio que o leitor encontrará este esquema mais interessante do que uma discussão de calefatores de piscina de natação, e me

---

[5] Clarke, A.C., *Profiles of the Future*. 1963: Harper & Row.
[6] Clarke, A.C., *Profiles of the Future, Millennium Edition*. 1999: Indigo. This edition includes some discussions of cold fusion.
[7] Mizuno, T., et al., *Production of Heat During Plasma Electrolysis.* Jpn. J. Appl. Phys. A, 2000. **39**: p. 6055.
[8] Cirillo, D. and V. Iorio. *Transmutation of metal at low energy in a confined plasma in water*. in *Eleventh International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2004. Marseille, France. http://www.lenr-canr.org/acrobat/CirilloDtransmutat.pdf

perdoará por ignorar alegremente o custo deste mega-projeto fantástico. O custo seria astronômico com a tecnologia de hoje, talvez as cem vezes mais do que nosso sistema em superfície atual de estradas. Estou supondo que em décadas ou séculos o projeto se tornará pensável, e então gradualmente, em estágios, o custo cairá e nossa riqueza aumentará até que se torne praticável. A construção subterrânea em pequena escala de estradas tal como o projeto Big Dig em Boston demonstrará os benefícios de pôr estradas no subsolo, e incentiva a sociedade a investir em técnicas novas de escavação e de construção. Os custos nos próximos séculos declinarão e algum dia, espero, o projeto começará em sério.

Eu joguei com algumas idéias absurdas e extravagantes porque as encontro divertidas. Sobretudo, estou interessado nas idéias grandes que podem reparar problemas grandes, intratáveis.

O *New York Times* recentemente declarou que "a independência energética" é "um objetivo inatingível, em grande medida porque os Estados Unidos, que usa um quarto da produção de petróleo do mundo, possuem menos de 3 por cento das reservas do petróleo do mundo"[9]. Ou seja, o *times* pensa que nós nunca descobriremos fontes alternativas de energia suficientes para substituir o petróleo. Disseram "inatingível", não "inatingível a curto prazo" ou "inatingível ao menos por 20 anos sem pesquisa vigorosa". A fusão a frio entregar-nos-ia quase imediatamente este objetivo "inatingível". Poderia dar-nos dez vezes mais energia do que nós usamos agora, ou mil vezes mais. A única limitação prática será quanto o calor em excesso podemos gerar sem prejudicar o ambiente. Combinada com outras tecnologias e usada sabiamente, a fusão a frio pode resolver muitos problemas de pesadelo que parecem além de nossa capacidade de enfrentá-los, como o aquecimento global, a água potável e instalações sanitárias para bilhões de pessoas pobres, a poluição, os besouros invasores e de outras espécies que ameaçam a terra e o mar, e de encontrar os terroristas e os criminosos que se escondem em regiões selvagens inacessíveis. Pode parecer estranho que uma fonte nova de energia pode ajudar reparar tais problemas disparatados, mas eu espero mostrar que a fusão a frio tem essa potencialidade.

Este é um livro de predições, não especificações de projetos. Se, no futuro, estes problemas forem reparados com a fusão a frio a maquinaria será muito diferentes de qualquer coisa que eu tenha retratado aqui, ou certamente, qualquer coisa eu possa imaginar. Estou sugerindo somente o que pode ser feito no princípio, para mostrar que as soluções são possíveis.

Eu duvido que qualquer um que vive agora pode tomar todas as ramificações da fusão a frio, ou imaginar mais do que um pequeno número de seu uso. Nós não temos nenhuma experiência em trabalhar com ela, e nenhuma sensação a seu respeito. Algum dia, os engenheiros de produção que tratarão com a fusão a frio toda suas vidas usarão suas potencialidades de certeza e saberão instintivamente aplicá-la de maneira que nunca nos ocorreria. Em 1970, o projetista de computadores ou o futurista pensando o mais à frente provavelmente não imaginaria que as pessoas em 1990 estariam colocando computadores microscópicos em sistemas de injeção de combustível nos automóveis, em liquidificadores domésticos, em fechamento de portas de quartos de hoteis, em banheiras de hidromassagem, em câmeras, em panelas para cozimento de arroz com "lógica fuzzy"[10], em telefones celulares, e em milhares de outras máquinas. Os peritos

---

[9] *New York Times*, lead editorial, September 13, 2004, "CAMPAIGN 2004: THE BIG ISSUES Looking for Energy in the Campaign"

[10] Such as the Zojirishi *Neuro Fuzzy* ®, Model No. NSBC-E10

em computação eram mestres em hardware e software exotéricos, mas não sabiam nada sobre cozinhar arroz. Pensaram nos computadores como máquinas de contabilidade, ou de ferramentas de laboratório, não como dispositivos para cozinhar o arroz. Quando os microprocessadores surgiram, quem fazem panelas para arroz viram como usá-los. Os engenheiros de produção em toda parte foram trabalhar, pondo computadores em lugares novos e usando-os de maneiras novas. Em retrospectiva, a maioria destas melhorias eram previsíveis. Todo gerente ou hóspede de hotel pode ver as vantagens de portas computadorizadas e de usar cartões. O que faz o futuro difícil de imaginar não é toda a melhoria incremental particular, mas antes o que acontece quando todas sorte de máquinas diferentes forem melhoradas simultaneamente. Quando as fontes de alimentação a fusão a frio se tornarem disponíveis em todos os tamanhos de uma pilha para um dispositivo de audição a um motor aeroespacial, os projetistas do produto em toda parte encontrarão maneiras novas de usá-las, e as mudanças cumulativas afetarão nossas vidas e sociedade mais profundamente do que a revolução do microcomputador.

Alguns leitores podem sentir que não tem sentido discutir como a fusão a frio pode dar forma ao futuro já que a pesquisa encontra áspera oposição política, que a maioria dos pesquisadores estão desanimados, professores aposentados em seus setenta e oitenta e que as células de fusão a frio raramente produzem mais do que poucos watts do energia. Os carros a fusão a frio não são mais que um sonho distante. Mas eu penso que nós devemos ter a esperança e uma visão que force um futuro mais brilhante a nos sustentar nesta luta longa, amarga e desigual.

Gostaria muito de evitar a política, nada sobre este assunto faz sentido até que nos damos conta que estamos sobre o lamaçal da rivalidade, da hostilidade, e na supressão da liberdade acadêmica. Distinguidos titulados professores e companheiros de instituto se supõe estarem livres de estudar todo o tópico que escolham, mas quando tentam publicar resultados positivos da fusão a frio, recebem ordem de não publicar ou não dar conferências e são transferidos e importunados e lhe são atribuídos trabalhos subalternos novamente como arquivistas de estoque.

A Sociedade Americana de Física (APS) disse ao laureado com o Nobel Schwinger julian que não lhe estava permitido publicar documentos ou mesmo as cartas sobre a fusão a frio em jornais do APS, mesmo que seja permitido normalmente a um laureado com o Nobel publicar qualquer coisa que desejem. Schwinger renunciou em protesto, dizendo:

"A pressão pela conformidade é enorme. Eu experimentei-a na rejeição dos editores de documentos submetidos, baseada no criticismo virulento de árbitros anônimos. A substituição de revisão imparcial pela censura será a morte da ciência"[11].

Anos mais tarde eu perguntei a um membro de alto nível da APS sobre isto. Disse-me que consideraram Schwinger insano porque acreditou na fusão a frio, e quiseram proteger sua dignidade, assim que recusaram publicar seus documentos.

Deve-se notar que a maioria dos cientistas permaneceram neutros. Alguns são desinteressados, mas a maioria parece ser de mente aberta e favoravelmente dispostos à fusão a frio. Centenas de milhares de pessoas baixaram documentos técnicos de LENR-CANR.org. Nós supomos que a maioria dos leitores são cientistas, porque estes papéis são técnicos, difíceis, e não interessariam a qualquer um mais. O problema é que os pesquisadores não têm tempo para

[11] Schwinger, J., *Cold fusion: Does it have a future?* Evol. Trends Phys. Sci., Proc. Yoshio Nishina Centen. Symp., Tokyo 1990, 1991. **57**: p. 171. http://lenr-canr.org/acrobat/SchwingerJcoldfusiona.pdf

explorar cada idéia nova, assim que aceitam geralmente avaliações das revistas tais como *Nature* e *Scientific American*, ou dos jornais. Infelizmente, uma clique pequena de oponentes influentes tem controlado a influência sobre a mídia, e prejudicaram público e cientistas contra o assunto. Inclue John Maddox, o editor anterior da *Nature*, Jonathon Piel e John Rennie, os editores precedentes e atuais da *Scientific American*[12], e John Huizenga, cabeça do Departamento de Energia ERAB que foi encarregado de pesquisar a fusão a frio em 1989[13]. Outros oponentes proeminentes estão no Departamento de Energia, muitos no programa de fusão a plasma. Robert Park, porta voz da APS, é particularmente vituperante e de mente cerrada. Em 1991 denunciou a fusão a frio no *Washington Post* como o resultado de "idiotices ou mentiras" e repetiu isto em 2002[14,15]. Os principais pesquisadores da fusão a frio ofereceram-lhe cópias dos documentos, mas recusa-se a lê-los. Em 1999, quando eu me encontrei com ele em pessoa numa conferência da APS, tentei entregar-lhe cópias impressas dos papéis de McKubre e outros. Não somente recusou lê-los, disse que não os tocaria. Deixou-os cair ao chão.

Este livro é dedicado à esperança - não a predição! que a fusão a frio superará a oposição política furiosa e as dificuldades técnicas cruciantes, e o efeito eventualmente será desenvolvido e comercializado. Como estou completamente certo que as experiências estão correto e o efeito é real, não confio que a oposição possa ser posta de lado. Depende de duas coisas:

Primeiramente, porque Max Planck disse, o progresso na ciência ocorre "de funeral em funeral". Explicou: "uma verdade científica nova não triunfa convencendo seus oponentes e fazendo-os ver a luz, mas porque seus oponentes morrem eventualmente, e uma geração nova cresce familiarizada com ela"[16]. Em muitos estabelecimentos cientistas poderosos se opõem à fusão a frio com tal veemência irracional que provavelmente nunca admitirão que estão errados, e a pesquisa terá que esperar até que morram. Infelizmente, a maioria dos pesquisadores da fusão a frio são cientistas aposentados idosos e estão morrendo mais rapidamente do que a oposição.

Em segundo, nada acontecerá até que o público exija ação. Samuel Florman escreveu:

> Sir Hugh E. C. Beaver, falando ao primeiro congresso internacional sobre a poluição do ar em 1955, recordou setecentos ano de longa campanha contra a poluição do ar na Inglaterra. Queixa após queixa, comitê após comitê, relatório após relatório - tudo era ineficiente, com o passaram dos séculos as condições se tornaram progressivamente piores. Afinal o smog londrino em 1952, com suas horrendas 4.000 mortes, ajustou a cena para um novo comitê de investigação, esta vez presidido por Sir Hugh. O relatório do comitê foi bem recebido, disso Beaver, e conduziu à ação eficaz, não porque o relatório fosse excepcional de alguma forma, mas porque público estava, desde longa data, receptivo. A lição a ser aprendida, segundo Beaver, é que "na público opinião, e só nela, finalmente está a saída"[17].

O público não agirá até que nós o convençamos que a fusão fria vale a pena financiar.

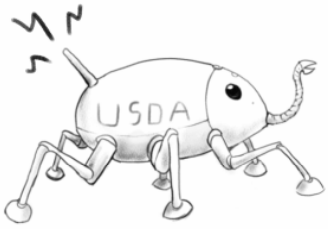
---

[12] Appeal to Readers, LENR-CANR.org, http://lenr-canr.org/AppealandSciAm.pdf
[13] Cold Fusion Research, November 1989, A Report of the Energy Research Advisory Board to the United States Department of Energy, http://www.ncas.org/erab/, http://lenr-canr.org/acrobat/ERABreportofth.pdf
[14] Park, R., *The Fizzle in the Fusion*, in *Washington Post*. 1991. p. B4.
[15] Park, R., Letter to Frank Znidarsic, 2002.
[16] Planck, M., *A Scientific Autobiography*, 1948: Philosophical Library, p. 33 (translated by E. Gaynor)
[17] Florman, S., *The Existential Pleasures of Engineering*. 1996: St. Martin's Griffin, p. 40.

A fusão a frio não pode desenvolver-se, assim que nós devemos continuar e tratar da crise energética usando os meios convencionais tentativa e acerto, a boa engenharia, a reforma social, e fontes de energia alternativas provadas tais como a eólica. Nós devemos dar à fissão de urânio uma segunda oportunidade. Eu nunca advogaria de pés juntos, um programa de US$100 bilhões para desenvolver a fusão a frio. É uma soma demasiado elevada para arriscar na fusão a frio em seu estado atual. Por outro lado, devemos tomar um risco calculado, e financiarmos a pesquisa da fusão a frio em experiências contínuas, replicadas, prometedoras, porque a parada é assim elevada. Cada dia, no mundo, as pessoas gastam US$3.7 bilhões em combustível fóssil, para gerar 0.9 quads de energia. A fusão a frio geraria muita energia de 15 toneladas de água pesada, que custariam aproximadamente US$3.5 milhões. Imagine que US$3.7 bilhões por dia poderiam fazer para a sociedade! Imagine os benefícios que fluiriam se este dinheiro fosse gasto em vivendas, instrução, alimentos e infraestruturas, em vez de petróleo e carvão. Cada semana, aproximadamente 42.000 crianças[18] morrem de doenças infecciosas apanhadas da água que bebem, seus pais poderiam facilmente impedir se somente tivessem bastante combustível para ferver a água potável, para cozinhar corretamente o alimento, e a aquecerem-se no inverno.

A pesquisa da fusão a frio merece o risco, e uma causa que merece lutar por ela, não importa quão altas possam ser as probabilidades contra ela.

Mesmo os pesquisadores da fusão a frio não sabem quão vastas as conseqüências de seu trabalho podem ser. A fusão a frio será muito mais do que uma “recolocação limpa” do sistema de energia atual. Chamá-la uma recolocação é como dizer que um computador Pentium conectado à Internet é uma recolocação para uma régua de cálculo e uma máquina de escrever. A fusão a frio será ordens de valor mais barata, mais abundante e menos poluente. Será qualitativamente melhor de tal forma que nós mal podemos imaginar.



[18] Pruss, A., et al., *Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and hygiene at a Global Level.* Environmental Health Perspectives, 2002. **110**(5).

Reconhecimentos

Muitos dos temas deste livro são cópias e atualizações de artigos que escrevi na revista *Infinite Energy*. Estou em débito ao editor e ao pioneiro da fusão a frio Eugene Mallove. A editora Susan Seddon fez muitas sugestões úteis, e suas reescritas dão ao livro um ar de inglês britânico. Na edição japonesa vindoura, Tadahiko Mizuno e Junko Ono ajudaram com a tradução e fizeram muitas sugestões úteis.

Introdução

1. Uma Breve Descrição da Fusão a Frio

Numa biblioteca universitária ou na biblioteca na internet LENR-CANR.org, os leitores encontrarão centenas de documentos que descrevem a fusão a frio de um ponto de vista experimental e muitos documentos de descrição teórica. Como este livro é sobre uma tecnologia potencial antes que a descrição detalhada de experiências específicas, esta seção é uma breve e simplificada resposta a perguntas freqüentemente feitas. Para uma visão mais técnica do campo recomendamos "A Student's Guide to Cold Fusion"[19] (Guia para o Estudo da Fusão a Frio).

Quem descobriu a fusão a frio?

A fusão a frio foi descoberta pelos professores Martin Fleischmann e Stanley Pons e anunciada em Março de 1989. Outros cientistas experimentais observaram antes disso evidência efêmera do fenômeno. Nos anos 20 do século XX Paneth e Peters disseram terem encontrado hélio num hidrido metálico numa reação de fusão a temperatura ambiente, mas posteriormente se retrataram do anúncio[20]. Y.E.Kim crê que P.I.Dee viu evidência de fusão a frio em 1934[21]. Em 1981, por volta da época em que Fleischmann e Pons começaram seu experimento, Mizuno[22] observou estranhas partículas carregadas em deuterídio de paládio, mas depois de pensar sobre o caso por algum tempo, admitiu ter sido um erro dos instrumentos. A diferença destes experimentos anteriores, Fleischmann e Pons observaram um sinal claro, que repetiram muitas vezes e depois de anos de trabalho nos anos 1980 desenvolveram técnicas razoavelmente confiáveis para reproduzir o efeito.

O que é fusão a frio?

É uma reação que ocorre sob certas condições em hidridos metálicos (metal com hidrogênio ou hidrogênio pesado (deutério) em seu interior). Ela produz excesso de aquecimento, hélio, partículas carregadas e por vezes um leve nível de nêutrons. Em alguns experimentos o metal hospedeiro transmutou em outros elementos. A reação de fusão a frio foi observada no paládio, titânio, niquel e em algumas cerâmicas supercondutoras.

O que é excesso de aquecimento?

Muitos processos químicos e nucleares são exotérmicos, significando que desprendem calor. Por exemplo, quando riscamos um fósforo, o aquecemos com a fricção. Ele pega fogo e queima até a exaustão do combustível. Assim desprende energia armazenada, sobretudo produz muito maior energia que a necessária para iniciar a combustão. Alguns gases carregados em células de fusão a frio são semelhantes: Uma vez iniciada a reação, não necessita mais absorver energia e uma torrente de calor sai. Outros dispositivos requerem uma fonte externa de energia elétrica para manter as condições de continuidade da reação. A eletricidade da entrada produz

---

[19] Storms, E. A Student's Guide to Cold Fusion 2003, LENR-CANR.org, http://lenr-canr.org/acrobat/StormsEastudentsg.pdf Storms, E., *Estudo da Fusao a Frio*. 2003, LENR-CANR.org. http://lenr-canr.org/acrobat/StormsEestudodafu.pdf, tradução por Sergio Bacchi

[20] Mallove, E., *Fire From Ice*. 1991, NY: John Wiley, p. 104

[21] Kim, Y.E., *Possible Evidence of Cold D(D,p)T Fusion from Dee's 1934 Experiment.* Trans. Fusion Technol., 1994. **26**(4T): p. 519. ICCF-4 version: http://lenr-canr.org/acrobat/KimYEpossibleeva.pdf

[22] Mizuno, T., *Nuclear Transmutation: The Reality of Cold Fusion*. 1998, Concord, NH: Infinite Energy Press, p. 35

algum aquecimento e a reação de fusão produz um aquecimento adicional ou “excesso” de aquecimento. Quando se introduz 2 watts de energia elétrica e a célula produz 3 watts, 1 watt é o excesso.

Do ponto de vista prático, o calor é o aspecto mais importante da fusão a frio. Alguns investigadores, incluíndo Fleischmann, sentem que é a melhor prova de que se dá uma reação nuclear, não química. Este aspecto da fusão a frio tem sido muito mal entendido. Está discutido em detalhe na seção seguinte.

A Fusão a Frio é um Processo Químico, Nuclear ou Algo Diferente?

Isto está explicado em detalhe na seção seguinte. Para resumir brevemente: A fusão a frio não pode ser um processo químico porque não consome combustível químico e não produz restos químicos. As células de fusão a frio contêm principalmente água, que é uma substância inerte que não pode queimar ou sofrer qualquer outra reação química exotérmica. As células também contêm hidridos metálicos, que podem produzir pequenas quantidades de calor químico, mas as células de fusão a frio têm produzido centenas de milhares de vezes mais energia que uma célula química do mesmo tamanho poderia. Em alguns casos, esta enorme quantidade de energia que sai é o produto de um nível muito baixo de energia integrado ao longo de um grande período, o que significa que poderia ser um erro. Um investigador pode pensar erroneamente que está medindo 50 miliwatts de excesso, quando haja, na verdade, zero excesso. Mas muitos experimentos produziram muito maior quantidade de energia, da ordem de 500 a 10.000 miliwatts (0,5 a 10 watts) e isto é muito calor que pode ser medido com segurança.

A fusão a frio produz restos nucleares e não químicos, incluindo: hélio, pequenos números de nêutrons e, em alguns casos, trítio e transmutações no metal hospedeiro. Em alguns casos produz grandes mudanças físicas, tal como metal derretido ou vaporizado (veja o capítulo 2, seção 6).

Se as células de fusão a frio são nucleares, porque não são extremamente quentes?

Algumas pessoas pensam que como as reações nucleares produzem gigantescas quantidades de energia, devem ser muito quente, como dentro de um reator de fissão nuclear ou a fotosfera do sol. Isto não é necessariamente assim. Uma amostra impura de rádio ou urânio está produzindo fissão nuclear e é fria ao tato ou ligeiramente morna. As reações de fissão nuclear individuais que ocorrem átomo a átomo dentro desses átomos produzem milhões de eletronvolts (eV) de energia, enquanto os átomos em reações químicas desprendem quando muito 3 ou 4 eletronvolts.

Uma reação química pode produzir muito maior potência num curto período de tempo que uma reação nuclear: um fósforo em combustão é mais quente que o rádio impuro. Os átomos sob uma reação nuclear no rádio são poucos e afastados uns dos outros, enquanto trilhões de átomos de átomos numa amostra química participam simultaneamente na reaçao química. O rádio fica morno por milhares de anos, enquanto o fósforo nos dá brevemente um intenso calor e queima em meio minuto.

A fusão a frio é fácil, barata e um experimento feito numa mesa?

Richard Oriani, uma das maiores autoridades em eletroquímica no mundo, disse que em seus 50 anos de carreira o experimento da fusão a frio foi o mais difícil que fez. Os experimentos em fusão a frio custam entre US$ 50.000 e US$ 20.000.000. Variam em complexidade do tubo de teste prateado isoperbólico usado por Fleischmann e Pons até sofisticados espectrômetros de massa construídos pelos usuários no Laboratório Nuclear Nacional Italiano (ENEA) e nas indústrias pesadas Mitsubishi. Os experimentos usualmente tomam de seis meses a dois anos para serem realizados. Quando Fleischmann e Pons anunciaram o experimento, Fleischmann disse um método "relativamente simples" para se chegar à fusão nuclear. Ele pensava em comparação com o edifício de US$ 1 bilhão do reator Tokamak.

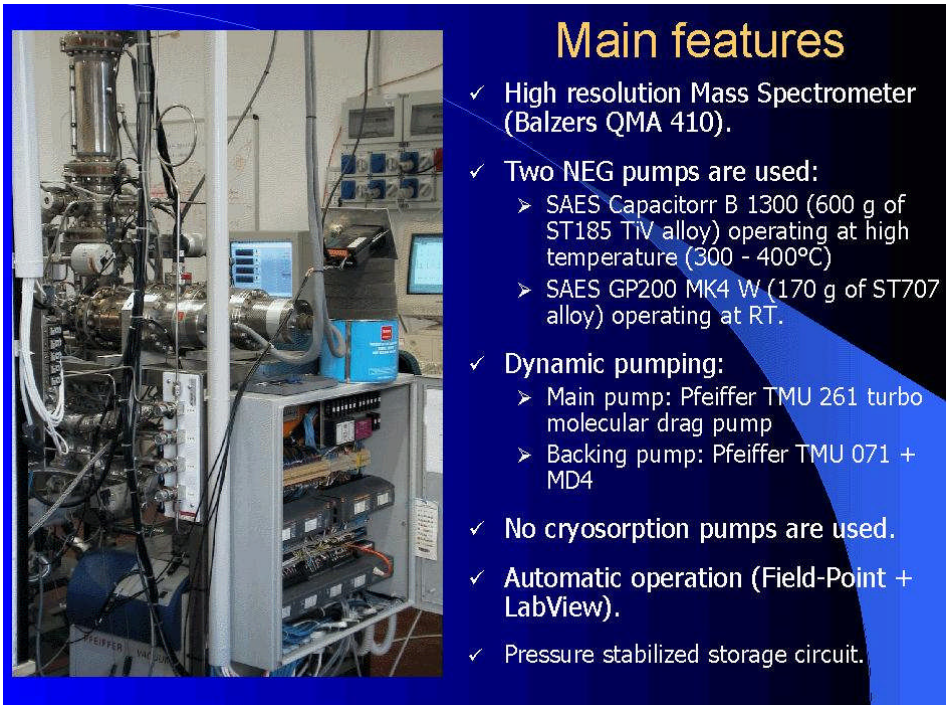


Figura. 1.1. Parte de um dispendioso experimento de fusão a frio. Um espectrômetro de massa de alta resolução usado para deteção em-linha de hélio durante um experimento de fusão a frio em C. R. ENEA Frascati. (http://www.frascati.enea.it/nhe/)

A fusão a frio é difícil de replicar e a reação é freqüentemente instável. O calor explode em chamas e se extingue, como queimar lenha verde. Reações físicas pouco entendidas potencialmente freiam freqüentemente experimentos como este. De 1948 a 1952, os transistores existiam somente como raros, delicados e custosos dispositivos de laboratório difíceis de replicar. Um cientista recordou isto, "no início as características de um transistor estavam prontas a mudar se alguém batesse à porta"[23]. Em 1955 milhões de transistores estavam em uso e qualquer desses dispositivos produzidos em massa era muito mais confiável que o melhor protótipo construído em laboratório em 1952.

[23] Riordan, M. and L. Hoddeson, *Crystal Fire, the Birth of the Information Age*. 1997: W. W. Norton & Company.

A fusão a frio seria muito boa para ser verdadeira?

Alguns cépticos crêm que a fusão a frio é muito boa para ser verdade. Suspeitam que as pesquisas sobre fusão a frio são fruto de um voluntarismo. Deveriam lembrar as palavras de Michael Faraday: “Nada é muito maravilhoso para ser verdadeiro se for consistente com as leis da natureza.”. A espécie humana descobriu coisas maravilhosas que os povos antigos poderiam pensar que são milagres.

Os físicos modernos pensam que é muito bom para ser verdade porque não compreendem como poderia funcionar. Tão pouco compreendem completamente como a supercondutividade funciona em altas temperaturas, mas aceitam que existe. Antes de 1939 ninguém compreendia como a fusão no Sol funcionava e antes da descoberta do DNA, em 1952, ninguém sabia como as células vivas se reproduziam, até agora ninguém anunciou que o Sol não existe nem que as células não podem se reproduzir.

Muitas pessoas têm uma suspeita dissimulada que a fusão a frio é muito boa para ser verdade, porque a natureza nunca faz nada a troco de nada. Pensam que tudo é difícil e sempre há um preço a pagar pela bondade da natureza. Os recursos são agora e sempre será assim em pequenas quantidades e temos que competir com os outros para tomarmos nossa parte. Tais pessoas estão atoladas numa mentalidade da idade da pedra. Os únicos recursos que escasseiam são conhecimento e ciência. O conhecimento é poder e com ele podemos desvendar os inimagináveis vastos recursos de materiais e energia da terra e por fim do sistema solar inteiro. No futuro distante quando viagens interplanetárias se tornarem rotina, cada pessoa poderá dispor de centenas de hectárias de espaço vital: uma vasta propriedade em Marte, na Lua ou em torres de muitos andares aqui na Terra. Algum dia os robôs serão suficientemente desenvolvidos para entenderem a palavra e realizarem o trabalho doméstico tais como de limpeza e cozinha. Gradualmente seus preços cairão de tal forma até que qualquer pessoa que queira poderá possuir uma dezena de robôs servidores esperando suas ordens. A energia é o recurso natural mais abundante de todos; somente temos que descobrir o jeito de desfrutá-la. O Sol produz $2,8 \times 10^{26}$ watts, que é suficiente para vaporizar a Terra em cerca de um dia. É suficiente para dar a cada indivíduo da Terra milhares de vezes mais energia que toda a humanidade consome agora.

Os altos custos dos experimentos significam que as máquinas para a fusão serão caras?

Não. A maioria dos gastos de uma experiência é em instrumentos de medição do calor, partículas carregadas, transmutações e nêutrons. A fusão a frio não requer uma precisão extraordinária ou materiais ultra-puros. São montados a mão, como em joalheria, com tolerâncias de mais ou menos 1 milímetro. Alguns desses instrumentos rudes, feitos a mão produziram níveis de energia potencialmente utilizáveis. A produção em massa de instrumentos para a fusão a frio fará custar tanto quanto uma pilha alcalina ou uma bateria de níquel-cádmio, às quais se parecem de certa forma.

O que falta para comercializar a fusão a frio?

Falta o seu apôio, do público informado. Veja a introdução. Enquanto o povo não faça pressão sobre o governo e os estabelecimentos científicos, as experiências não serão permitidas nos Estados Unidos e continuarão a serem ativamente desencorajadas na Europa e no Japão.

Depois de começarem as experiências em sério, talvez muitos anos antes que uma teoria seja descoberta e a reação seja completamente controlada. Parece impróprio que se lance comercialmente dispositivos de fusão a frio antes que a reação seja completamente controlada e que não possamos assegurar que nunca produzirá radiação penetrante ou efeitos perigosos.

Quanto custará substituir todos os automóveis convencionais, geradores e outros equipamentos por modelos a fusão a frio?

Não custará nada. Todo equipamento gradualmente se desgasta e deve ser substituído, assim será substituído por modelos movidos a fusão a frio. Os carros duram entre 5 e 10 anos, assim a transição duraria uns 10 anos, contudo pode ser acelerado nos últimos estágios quando as pessoas encontrem inconveniente operar carros movidos a gasolina. (veja capítulo 7, seção 2). O início das linhas de produção de equipamentos a fusão a frio será dispendioso, mas os modelos movidos a fusão a frio serão mais simples e baratos que os modelos movidos a combustível fóssil e não custarão praticamente nada na operação, assim no final se economizará tremendas somas de dinheiro.

1- O Calor É O Principal Produto da Reação

Logo depois de Fleischmann e Pons anunciarem a fusão a frio, Fleischmann disse: “calor é o principal produto da reação”. Ele queria dizer que o calor é o efeito mais fácil de se medir e a indicação mais segura de que a fusão a frio é um processo nuclear. Isto é bem diferente às outras reações nucleares, que emitem intensa radioatividade. (Alguns não o fazem, veja Capítulo 2, seção 1). A radioatividade usualmente é muito mais fácil de se detetar que o calor. Se uma reação nuclear ordinária pudesse produzir somente 1 ou 2 watts de calor, à maneira da fusão a frio, também produziria tal intensidade de radiação que qualquer pessoa próxima a uma célula não blindada seria morta.

Este é um dos mais importantes fatos e muito mal compreendido, mesmo pelos cientistas.

Calor é calor; seja originário de uma reação química, uma reação nuclear ou fricção, produz o mesmo efeito e pode ser medido da mesma forma, com um calorímetro. Um calorímetro não pode distinguir entre a fonte do calor.

Um fósforo de madeira pesa 2 g. Queima 25 segundos, produzindo cerca de 40 watts de potência, ou seja, produz cerca de 1.000 joules de energia ou 1 BTU. Um pequeno candieiro a querosene que queime o mesmo peso produz 8.400 joules. Mas se necessita oxigênio livre para a queima do fósforo ou do querosene, no melhor dos casos se queimará 0,02 g de hidrogênio mais 0,18 g de oxigênio. Isto forma 0,2 g de água, liberando 3.133 joules. Nenhum combustível numa célula fechada, sem suprimento de ar, pode produzir mais energia que isto.

A maioria dos catodos de fusão a frio são do mesmo tamanho de um fósforo ou de uma moeda. Suponhamos um catodo de paládio de fusão a frio de 0,2 g comece a produzir um watt de calor. Depois de 50 minutos produziu 3.000 joules, que está ainda, teoricamente, dentro dos limites das reações químicas (3.133 joules), contudo há um problema prático, não há maneira deste paládio produzir energia química. Se a reação continuasse por duas horas estaríamos definitivamente fora dos limites das reações químicas. Alguns catodos de fusão a frio, com um peso aproximado a este produziram 1 ou 2 watts continuamente por ***semanas***. Produziram em total ***milhões*** de joules (megajoules). Uns poucos produziram entre 50 e 300 megajoules.

Os catodos da fusão a frio possuem um pouco de combustíveis em seu interior. Um catodo é um hidrido: um metal que absorveu hidrogênio ou hidrogênio pesado (deutério). Como o hidrogênio está no interior do metal, ele sai junto a um pouco de oxigênio livre no espaço superior da água na célula. Quando se detém a eletrólise, o hidrogênio emerge gradualmente do metal. Ele é queimado pelo recombinador, portanto produz um pouco de calor. (Veja figura 1.5). O paládio absorve e exala hidrogênio mais facilmente que qualquer outro metal. No século XIX o hidrido de paládio era usado como isqueiro para cigarros. Contudo, um catodo com 0,2 g de paládio quando saturado de hidrogênio possui 286 joules de combustível[24]

Em muitos experimentos o calor foi marginal e difícil de medir, mas em outros foi dramático, às vezes 3 vezes a entrada (300% excesso). Em catodos carregados com gás não há entrada de

[24] Calculado como segue: 0,2 g = 0,002 mol de Pd. Completamente carregado à razão de 1:1 com hidrogênio, 0,002 mol de Pd comporta 0,002 mol de H (0,002 g), que se converte em 0,001 mol de H_2O. O calor de formação da água é 285,800 joules por mol. É muito difícil carregar a uma razão de 1:1 a não ser a muito baixas temperaturas. Os isqueiros a paládio devem ter sido carregados a não mais de 1:0,5 de uma mistura alfa e beta de Pd-H. Em outras palavras um isqueiro com 28 g de paládio corresponderiam a 20 fósforos.

energia. Se a célula produz qualquer calor e este se torne mensurável então está produzindo excesso de calor pela fusão a frio.

Num dos mais dramáticos exemplos do tema, reportado por T. Mizuno, um catodo de paládio com 100 g gerou um excesso de aquecimento de vários watts durante um mês, produzindo 12 megajoules em total. Esse catodo foi esquentando e esquentando até gerar bem acima de 100 watts. Mizuno, naturalmente, ficou alarmado. A célula estava palpavelmente quente e não esfriava, mesmo depois de desconectada da fonte energia. Estava produzindo o que chamamos "calor depois da morte". Mizuno pôs a célula numa cuba de água para esfriá-la. A primeira cuba de água evaporou durante a noite e foi enchida novamente na manhã seguinte. Evaporou outra vez e voltou a se encher mais uma vez. No total 37,5 litros de água foram evaporados num período de 11 dias, antes que a célula, finalmente, esfriou até a temperatura ambiente. Se gastou 85 megajoules de energia para evaporar a água. Durante todo o tempo o catodo produziu pelo menos 97 megajoules. (De fato produziu muito mais; pois isto pressupõe que a cuba plástica estaria perfeitamente isolada termicamente, o que é um absurdo, e ignora o fato de que a célula esteve exposta ao ar por horas antes de ser enchida com água novamente pela manhã. O total real, provavelmente, foram centenas de megajoules.).

Esta célula, como outras, tinha quantidades desprezíveis de combustível químico e não produziu restos detetáveis de reações químicas. A célula era do tamanho de um copo e cheia de água pesada. O catodo era um tubo de paládio com 100 g. Uma amostra de madeira de fósforos, carvão, gasolina ou outro combustível capaz de produzir 97 megajoules teria enchido muitas vezes o copo e deixado muitas cinzas, naturalmente.

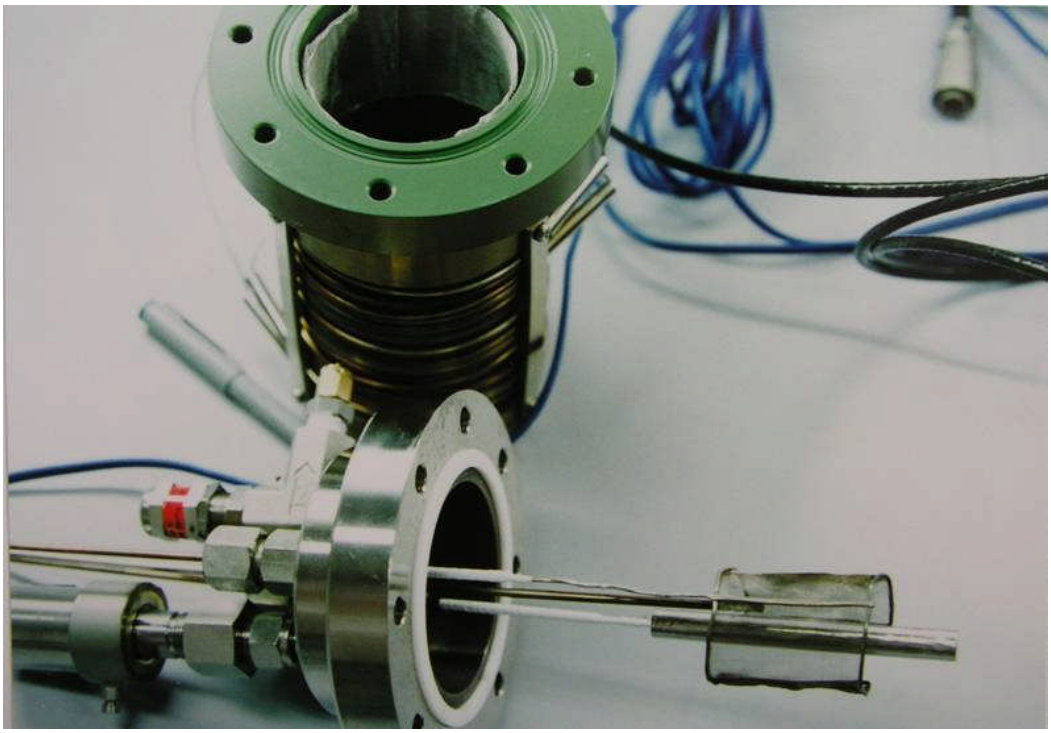


Figura 1.2. Uma célula de T. Mizuno. O catodo (à esquerda abaixo) é um cilindro de 100 g. Este catodo produziu 85 mega joules de calor antes de morrer, suficiente para mobilizar um automóvel médio dos E.U.A. 27 Km.

Um catodo de fusão a frio, portanto, atua como um fósforo perpétuo, que não queima e nunca consome um combustível visível. Permanece quente por semanas. As células de fusão a frio usualmente se extinguem depois de um mês, há razões de se supor que continuem gerando energia por semanas, meses ou anos.

Os cientista só conhecem um processo que atuam assim: uma reação nuclear – reação nuclear de decadência, fissão ou fusão. A fusão a frio não pode vir de energia química. Está completamente fora de questão. Só pode ser ou energia nuclear ou alguma fonte de energia desconhecida pelos cientistas que nunca foi observada ou estudada anteriormente.

Mas tudo indica que a fusão a frio é, de fato, fusão nuclear. Produz restos nucleares: um nível variável de tritério, nêutrons e hélio. É sabido que há transmutações de átomos no catodo, convertendo-o em outros elementos. Quando o deutério sofre uma fusão nuclear, produz uma quantidade fixa de energia: Cada fusão D-D produz 24 MeV de energia, cada grama de deutério libera 345.000 megajoules[25]. A célula de Mizuno que gerou 97 megajoules, presumivelmente converteu 0,3 miligramas de deutério em hélio. Infelizmente essa célula não estava preparada para capturar ou medir a emissão de hélio, portanto isto não pode ser confirmado, mas em outros experimentos se mediu nessa proporção. Esses outros experimentos produziram muito menos energia que Mizuno, portanto geraram diminutas quantidades de hélio, mas os instrumentos modernos são capazes de medir ínfimas quantidades com segurança. A relação de hélio foi confirmada péla primeira vez por M. Miles e colaboradores, no Laboratório de Armas Naval do Lago China, e mais tarde confirmado por outros laboratórios. A figura 1.3 mostra a razão entre hélio e a energia num experimento com fusão a frio em SRI e o resultante da fusão do deutério com plasma.

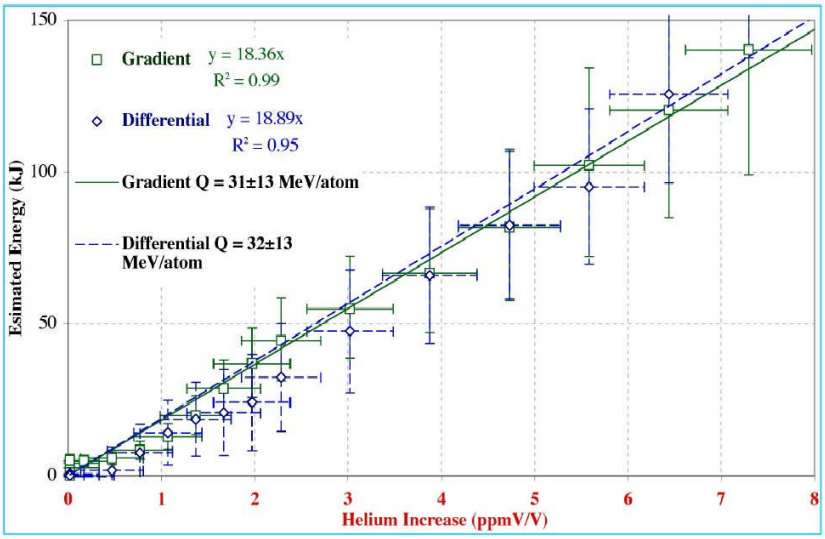


Figura 1.3. Resultados de medidas de hélio na experiência no SRI. De: Hagelstein, P.L., et al., *New Physical Effects in Metal Deuterides*. 2004, Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA. http://lenr-canr.org/acrobat/Hagelsteinnewphysica.pdf

Sabemos que uma célula tem o potencial de continuar gerando energia indefinidamente, porque o deutério se converte em hélio gradualmente, de tal forma que a quantidade presente na

[25] S. K. Borowski, NASA Technical Memorandum 107030 AIAA–87–1814, "Comparison of Fusion/Antiproton Propulsion Systems for Interplanetary Travel," Table 1, "Cat-DD" data, http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/1996/TM-107030.pdf

célula poderia durar por anos – ou séculos. O catodo sofre mudanças nucleares mínimas (transmutações), que também a relação de mudanças é tão pequena que pode durar anos. Somente mudanças físicas podem interromper a duração da operação: Ocasionalmente o catodo fique tão quente que vaporize ou derreta, o que faz a reação ser interrompida abruptamente. (Veja capítulo 2, seção 6). As pesquisas deverão ensinar-nos como prevenir estes acontecimentos antes das células se tornarem comerciais.

A fusão a frio produz reações nucleares com produtos tais como tritério e nêutrons em quantidades de 11 ordens menor que a fusão com plasma, muito pequenas para ser explicada pela teoria da fusão com plasma. Presumivelmente porque as condições na treliça metálica a temperatura normal são completamente diferentes que no Sol. Como Schwinger disse: "As circunstâncias da fusão a frio não são as da fusão a quente"[26]

[26] Schwinger, J., *Cold fusion: Does it have a future?* Evol. Trends Phys. Sci., Proc. Yoshio Nishina Centen. Symp., Tokyo 1990, 1991. **57**: p. 171. http://lenr-canr.org/acrobat/SchwingerJcoldfusiona.pdf

2- Um Rápido Exame De Uma Experiência

Uma variedade de calorímetros foram usados nas pesquisas de fusão a frio. Os mais interessantes de se observar são os chamados calorímetros de fluxo. Lembram máquinas de fazer café. A água flui fria por um lado e sai do outro lado quente. A diferença de temperatura multiplicada pela quantidade de água do fluxo nos dá a quantidade de calor que a amostra está produzindo.

Os calorímetros em princípio são simples, mas complicados de operar. A figura 1.4 mostra a fotografia de um calorímetro de fluxo.

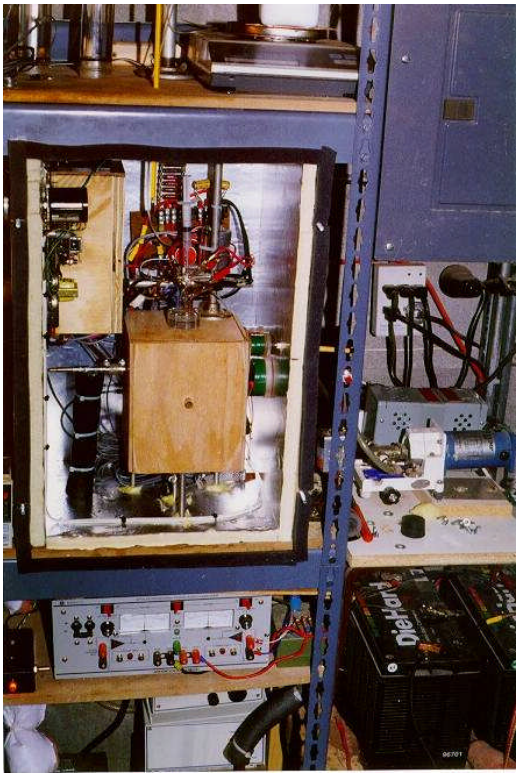


Figura 1.4. Um calorímetro construído pór Edmund Storms, cortesia de E. Storms. Note a bateria DieHard®, em baixo à direita, serve de alimentação ininterrompível. Uma falha de energia pode arruinar uma pesquisa . Sempre que possível materiais e instrumentos,baratos e ordinários são usados. Contudo, as experiências são caras e não podem ser feitas sem recursos econômicos.

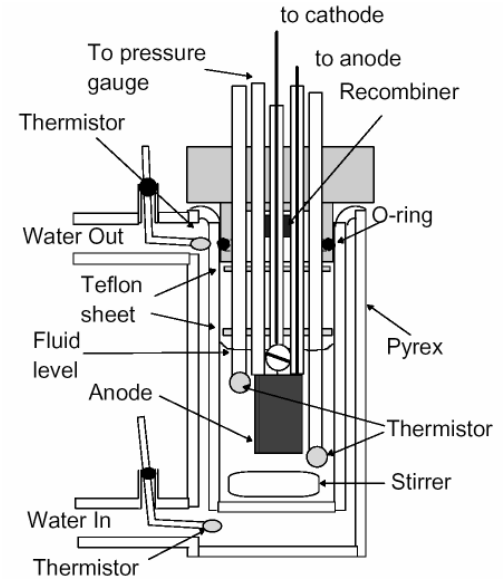


Figura 1.5. Célula e camisa do fluxo de água para refrigeração do calorímetro mostrado na Figura 1.4.

A figura 1.5 mostra o esquema de uma célula montada dentro de uma caixa de madeira. É uma redoma de pirex de parede dupla: Um vaso contendo outro vaso. O vaso interior mantém o eletrolito e o externo ou camisa envolve e mantém a água de resfriamento. O catodo da fusão a frio e o anodo estão dentro, imersos no eletrolito, junto com diversas engenhocas e sensores tais como um agitador magnético no fundo, que assegura que a temperatura do eletrolito seja homogênea; termistores para medir a temperatura do eletrolito; um par de termistores para medir a temperatura da água de resfriamento que entra e sai do vaso externo; e o recombinador no topo do vaso interno fora do eletrolito, que evita a explosão da célula, recombinando o oxigênio e hidrogênio produzidos pela eletrólise, de volta em água.

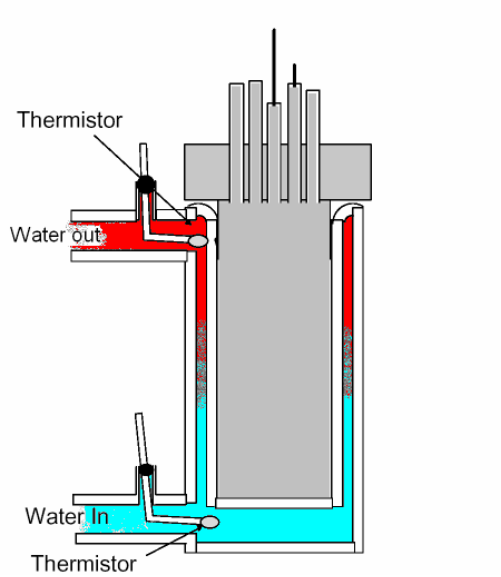


Figura 1.6. Esquema simplificado do calorímetro mostrando só a água resfriadora na camisa exterior.

A figura 1.6 é uma versão simplificada do esquema, mostrando só o vaso externo ou camisa, com a água resfriadora sendo bombeada através dela. A água é fria em baixo, onde entra na camisa e quente no topo por onde sai. O termistor inferior mede a temperatura da água fria que entra; o termistor superior mede a temperatura da água quente que sai. Suponha que:

O medidor de potência de entrada meça 2,3 watts para a eletrólise;

A água resfriadora flui à razão de 30 mililitros por minuto;

O termistor da entrada mede 24,31^{0}C e o termistor de saída 26,60^{0}C.

A diferença (saída menos entrada) é 1,29ºC.

30 ml de água multiplicado por 1,29ºC fazem 38,7 calorias ou 162,5 joules.

Divide-se 162,5 joules por 60 segundos por minuto nos dá uma saída de 2,7 watts.

2,7 watts de saída – 2,3 watts de entrada = 0,4 watt de excesso de calor.

Como mostra a foto (figura 1.4), toda a célula está alojada numa caixa de madeira, que por sua vez está em outra caixa de madeira e mantida a uma temperatura do ar constante, com precisão de 0,1^{0}C. Lembra a uma boneca russa matrioshka: Uma célula dentro da camisa com água fluente, dentro de uma garrafa térmica, dentro de uma caixa e dentro de outra caixa.

Os aparelhos que não são mostrados aqui incluem a bomba, sifão e uma escala de medida de peso para medir o fluxo da água numa escala digital em 20 mg por minuto. Vários medidores de potência e gravação do fluxo, a potência de entrada, as temperaturas de entrada e saída, etc..

Toda a coisa funciona bem, quando funciona, mas lembra um trem elétrico de brinquedo[27]: Se algo sai mal, deve-se manter em alerta e calibrar o conjunto com freqüência. É por isso que os pesquisadores preferem usar um calorímetro moderno Seebeck totalmente eletrônico.

Um céptico poderia suspeitar que há algo errado em nosso exemplo e o pesquisador está medindo o fluxo da água incorretamente. Suponhamos que o fluxo seja de 26 ml por minuto e não 30 ml. Isto faria o balanço entre potência de entrada e saída igual a zero; não haveria excesso de calor. Ou poderia supor que o medidor de potência não funciona e a entrada de potência é de 2,7 watts, não 2,3 watts. O termistor de entrada poderia registrar 0,19ºC para baixo ou na saída a água não está sendo misturada propriamente e o termistor de saída poderia estar medindo um jorro de água morna. Todos esses problemas produziriam falsas medidas de 0,4 W, que o pesquisador reconheceria no instante como um erro da instrumentação, porque uma tal reação endotérmica tão forte e contínua é impossível. (Há uma breve absorção de calor por uma reação endotérmica quando o catodo se carrega no início.) Isto aparece claramente na maioria dos calorímetros. Mas com um pequeno catodo típico seria bem menor que -0,4 W e nenhum catodo pode absorver energia por muito tempo.) Um pesquisador desleixado poderia, sem dúvida, cometer esses erros, ou uma combinação deles. Eis porque as pesquisas devem ser repetidas uma e outra vez, em muitos laboratórios diferentes, usando equipamentos que foram testados e calibrados com cuidado. O equipamento ligado a este calorímetro em particular, um erro de tal escala não é de se acreditar. O fluxo da água, por exemplo, é medido por uma balança eletrônica. O operador pode medir diferenças entre 30,01 ml e 30,02 ml e testa com freqüência para estar seguro de que a balança funciona corretamente, portanto é quase impossível um erro entre 26 e

[27] Se você não sabe o que é um trem elétrico de brinquedo, provavelmente nasceu depois de 1980.

30 ml. Igualmente usa um computador para medir a corrente contínua dando uma precisão de 1mW. Pesquisadores que medem formas de onda mais complexas usam medidores calibrados e certificados pelo fabricante e custam algo como US$ 16.000,00. Na maioria dos calorímetros mesmo uma fração de watt pode ser medida com segurança. Ainda mais, o efeito foi medido repetidamente em muitos laboratórios diferentes, usando muitos tipos de calorímetros. Mesmo se nosso céptico tenha dúvidas sobre a operação do calorímetro de fluxo, que, na verdade, é um pouco complicado, suas dúvidas não são aplicáveis a outros tipos, tais como o calorímetro estático e o Seebeck. Estes também registraram excesso de calor em pesquisas da fusão a frio. Em outras palavras, o calor não pode ser um produto do calorímetro de fluxo e não pode ser um erro feito por um só pesquisador.

Por em marcha este calorímetro é a parte fácil desta pesquisa. Uma pessoa com prática o faria em alguns meses. A parte difícil é selecionar, preparar e mais tarde avaliar o catodo com microscópio eletrônico e espectrômetro. Este estágio pode tomar meses ou anos. As pesquisas de fusão a frio, freqüentemente, são descritas pelos cépticos como tão simples ou como "algo que qualquer secundarista pode fazer". (De fato existe um grupo de estudantes secundaristas que pesquisam, mas são muito talentosos. Vivem em Oregon e trabalham os verões num programa da universidade local[28].) As críticas têm descrito repetidamente as células de fusão a frio como "jarras" com paládio "enfiado" dentro deles[29]. Um repórter da *Newsweek* em 2001 juntou vários mitos e falsas caracterizações num pequeno artigo[30]:

> "Os cientistas da fusão a frio, em contraste [com a fusão a plasma], usam uma construção comovedoramente simples: uma jarra de vidro com água, instalada com fios como uma bateria e dois eletrodos...".
>
> "E enquanto os fusionistas a frio anunciam terem produzido mínimas quantidades de energia, podem racionalizar seus resultados ambíguos dizendo que muitas pesquisas também têm pequenas medições..."

Primeiro, como vimos, mesmo o calorímetro não é uma coisa "comovedoramente simples", não é uma "jarra" e o catodo da fusão a frio é algo que toma meses para fabricar e analisar. Só porque um objeto é pequeno não significa que é simples. Um catodo é pelo menos tão complicado como um semicondutor ou um supercondutor de altas temperaturas. Segundo, os pesquisadores da fusão a frio (não "fusionistas") não anunciam que produziram quantidades mínimas de energia, anunciam que produziram grandes quantidades de potência facilmente mensuráveis. De fato, a potência em muitas experiências de fusão a frio poderia ter sido detetada com segurança em 1850 e em alguns casos não há energia de entrada e o aquecimento da fusão a frio foi palpável. McKubre observou excesso de calor persistente de 300%, com um sinal Sigma 90 e declarou que "o efeito não é nem pequeno nem efêmero"[31]

---

[28] *High School Students Do Cold Fusion*, http://lenr-canr.org/Experiments.htm#HighSchoolStudents

[29] Chang, K., "U.S. Dará à Fusão a Frio uma Segunda Olhada, Depois de 15 Anos," *New York Times*, 25 de Março de 2004. Este repórter tentou escrever um balanço, descrição pobre das pesquisas, mas o repórter usa termos pejorativos tais como "jarra" sem sentido para insultar os pesquisadores, porque tais caracterizações absurdas são muito comuns.

[30] Beals, G., "Science: Pining for a Breakthrough," *Newsweek*, 15 de Ouctubro de 2001

[31] McKubre, M. C. H., et al., *Development of Advanced Concepts for Nuclear Processes in Deuterated Metals*, EPRI TR-104195, Research Project 3170-01, August 1994

3- Uma Rápida Comparação Entre Fusão A Plasma (Fusão A Quente) E Fusão A Frio

A fusão a plasma ou fusão a quente como é chamada agora, é a reação que ocorre no Sol. Como indicado acima, a fusão a frio parece fundir deutério para produzir hélio, liberando calor na mesma razão que a fusão a quente. A semelhança acaba aqui. Uma reação de fusão a quente que produz um watt de calor também gera um fluxo inútil de nêutrons que mata qualquer observador, a menos que estejam atrás de uma blindagem de aço ou de chumbo. Um reator nuclear tokamak potente pode irradiar as imediações e criar radioatividade tão perigosa quanto um reator a fissão de urânio e mais que um reator de fissão da água pode[32]. O reator tokamak experimental que está sendo construído ITER, que custará aproximadamente US$ 5 bilhões. Ninguém pode adivinhar quanto um reator funcionando custaria, mas seria provavelmente dezenas de bilhões de dólares, fazendo-o o mais caro método de geração de eletricidade que jamais existiu. Os reatores tokamak podem ser tão caros que somente alguns poucos podem construir e serão tão radioativos que seria prudente pô-los longe de cidades, assim a eletricidade deveria ser transmitida a longas distâncias ou convertidas em hidrogênio e enviado por tubulações. (Se vamos gerar hidrogênio em localidades remotas, seria, de longe, mais econômico usar turbinas a vento em Dakota ou Texas que poderia suprir de energia todo os Estados Unidos. A energia do vento é intermitente, mas se convertida em hidrogênio não importa.)[33]

As pesquisas em fusão a quente estão sendo feitas a aproximadamente 60 anos e custaram cerca de US$ 1 bilhão ao ano, com milhares de cientistas trabalhando em tempo integral, mas tem feito pouco progresso em dispositivos práticos. As pesquisas em fusão a frio existem a 16 anos a um custo aproximado de US$ 100.000,00 por ano, com algumas dezenas de cientistas voluntários e professores aposentados, mas tremendos progressos se fez e está já mais próximo de um produto prático, comercial que a fusão a plasma – ou como nunca estará.

A maior reação de fusão a plasma da história produziu 10,7 megawatts, que é, de longe, mais potência que qualquer reação de fusão a frio produziu, mas durou somente uma fração de segundo, portanto gerou cerca de 6 megajoules de energia34. Dezenas de experimentos de fusão a frio fizeram melhor. Como dito antes, algumas produziram centenas de megajoules. O fluxo de calor é muitíssimo menor – não mais de alguns watts na maioria dos casos – mas continua por semanas, até que a tartaruga da fusão a frio sobrepasse a lebre da fusão a quente. Talvez esta comparação seja injusta, porque os pesquisadores da fusão a plasma não tentaram produzir grandes quantidades de energia, mas buscavam chegar a dois outros outros fins: igualar e uma reação sustentada. Igualar significa que a saída da máquina seja igual que a energia de entrada necessária para sustentar a reação. Numa reação auto-sustentada ou com "ignição completa" a máquina se mantém funcionando sem entrada de energia. Igualar tem sido o Santo Graal da fusão a quente em quase 50 anos. A maioria dos observadores dizem que o objetivo ainda é

---

[32] Krakowski, R.A., et al., *Lessons Learned from the Tokamak Advanced Reactor Innovation and Evaluation Study (ARIES)*. 1993, Los Alamos National Laboratory.
[33] U.S. Department of Energy, NREL, *Wind Energy Resource Atlas of the United States*, http://rredc.nrel.gov/wind/pubs/atlas/
[34] Strachan, J.D., et al., *Fusion Power Production From TFTR Plasma Fueled with Deuterium and Tritium*, PPPL-2978, 1994, Princeton University Plasma Physics Laboratory

remoto. Isto é comparável a tentar atingir o espaço exterior à terra construíndo balões a ar quente cada vez maiores. A fusão a frio atingiu ambos objetivos em alguns anos depois de seu anúncio. As células de fusão a frio têm freqüentemente mais energia na saída que a energia eletroquímica na entrada e as células de fusão a frio carregadas com gás não necessitam de entrada de energia, somente saída, são auto-sustentadas.

Os reatores de fusão a plasma custam muitíssimo mais que os reatores de fusão a frio. Por razões técnicas e econômicas, um gerador de fusão a plasma, provavelmente, só funcionará como uma máquina imensa, para servir a toda uma cidade. Alguns observadores sugeriram que terão tão grandes dimensões que servirão a todo o país dos Estados Unidos. Os dispositivos de fusão a frio podem ter qualquer tamanho. Um gerador a fusão a plasma seria maior e mais complicado que um gerador convencional de capacidade similar. O reator mostrado na figura 1.7 é só experimental e não tem por objetivo produzir alta potência, mas até 10,7 megawatts, o que não é nada para uma máquina gigantesca como essa. Muitos dispositivos experimentais estão diminuídos, não aumentados, mas um reator tokamak não funciona se não for de escala gigantesca. Este não é uma planta piloto. Não há um gerador de eletricidade aqui, somente o tokamak e os instrumentos de medição da reação. Na verdade nenhum começou a funcionar de forma prática, capturando a radiação do tokamak e convertendo em calor útil. Uma locomotiva ou um helicóptero produzem 15 megawatts de calor bruto e são bem menores que isto. A densidade em potência da fusão a frio é alta, portanto um engenho a fusão a frio será tão compacto quanto um engenho a combustão.

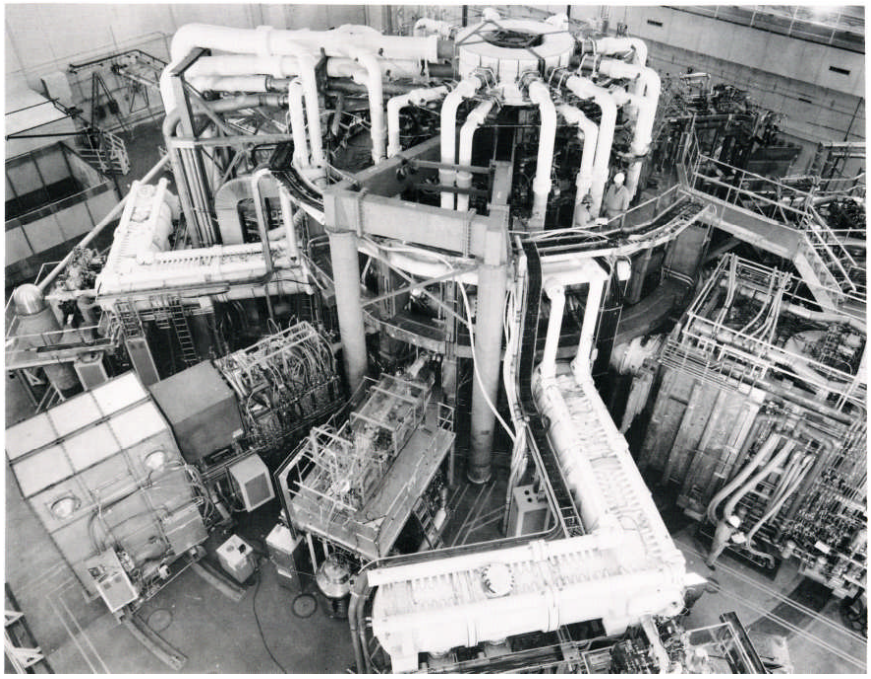


Figura 1.7. O "Tokamak Fusion Test Reactor" (TFTR) na Universidade de Princeton do Laboratorio de Física do Plasma, Departamento de Energia dos U.S. . Note as pessoas à direita em cima. Este instrumento custa "cerca de um bilhão de dólares" para construir e US$70 milhões ao ano para operar. Produz 6 megajoules em cada experiência, o recorde mundial em fusão a quente. From *PPPL: An Overview,* 1991: Princeton University Plasma Physics Laboratory.

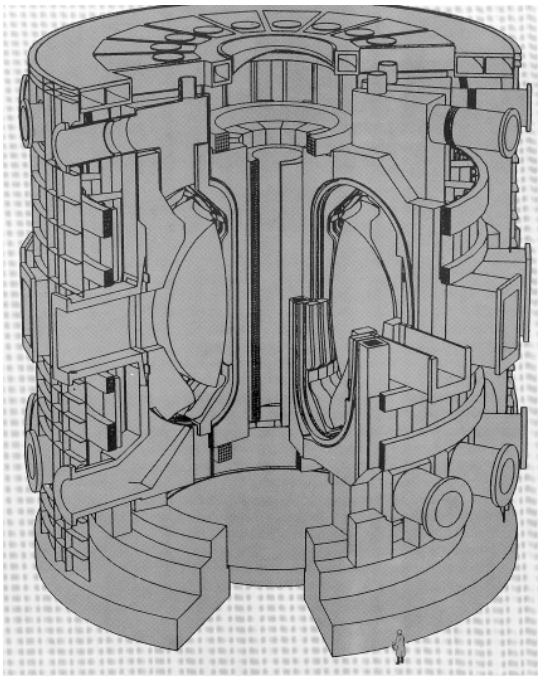


Figura 1.8. O futuro "International Thermonuclear Experimental Reactor" (ITER) tokamak, como visto em 1991. Note a pessoa à direita em baixo. O ITER espera-se que custará cerca de US$5 bilhões. From *PPPL: An Overview*, 1991: Princeton University Plasma Physics Laboratory.

Figura 1.9. Uma experiência típica de fusão a frio, na caixa azul um calorímetro Seebeck à esquerda. From J. Dash, Portland State University. Fotografias por Dan Chicea, cortesia de B. Zimmerman. Este calorímetro custa US$6,000. A maioria das experiências custam cerca de $50,000 incluindo todo equipamento, e funcionam com voluntários e professores aposentados. Alguns produziram de 50 a 300 megajoules de uma vez. Conseguiram dois objetivos onde a fusão a quente falhou depois de 60 anos: Continuidade e ignição completa.

2. A Fonte Ideal de Energia

A fusão a frio é chamada a fonte ideal de energia: não polui, o combustível é inesgotável, potencialmente é milhares de vezes mais barata que a energia convencional e é compacta. “Compacta” significa que ambos, a energia e a densidade de potência, são altas. Grama a grama, a densidade de energia parece ser cerca de um milhão de vezes melhor que no petróleo, na hulha ou outro combustível químico; uma simples e pequena carga de água pesada durará por dezenas de anos. A densidade de potência é pelo menos tão boa como a de um reator a fissão do urânio, mas a fissão requer reatores gigantescos pesadamente blindados, ao passo que os aparelhos de fusão a frio, provavelmente, tão pequenos como os movidos a gasolina.

Estas vantagens são tão remarcáveis que dão às pessoas a sensação que a fusão a frio deve ser “muito boa para ser verdade”. De fato, a fusão a frio não possui virtudes exclusivas. Cada vantagem nesta lista é compartida por outra fonte de energia.

Tabela 2.1. Quadro de comparação entre as diferentes fontes de energia

	Livre de Poluição	Muito segura	Inesgotável	Interminável	Barata	Máquina barata	Compacta	Móvel	Trabalha 24/7 (4)	Disponível
Fóssil						✔	✔	✔	✔	✔
Hidro-Elétrica	✔	✔	✔		✔	✔	✔			✔
Vento	✔	✔	✔		✔					✔
Solar	✔	✔	✔		✔					✔
Fissão do urânio	(1)		✔	✔	✔		✔	(3)	✔	✔
Fusão a plasma	(2)		✔	✔	✔		✔	(3)	✔	
Fusão a Frio	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	

(1) Os reatores de fissão do urânio não poluem durante a operação, mas as minas de urânio o fazem e os desperdícios radioativos são um problema sério e caro. Os altos níveis de de desperdícios radioativos poderiam ser usados em ataques terroristas.
(2) De acordo a estudos feitos em Los Álamos, os reatores de fusão a plasma produziriam mais ou menos os mesmos desperdícios que um reator nuclear convencional, que os reatores atuais o fazem, não seriam competitivos face aos reatores a fissão avançados e não teriam vantagens comerciais, de segurança e conservação do meio ambiente e sobre a saúde[35]
(3) Os reatores a fissão estão localizados longe das cidades porque há riscos de falharem catastroficamente e os reatores de fusão a plasma provavelmente produzirão grandes quantidades de perigosos desperdícios radioativos, assim não seria prudente po-los cerca de centros populacionais.
(4) “Trabalha 24/7” significa que a fonte de energia está disponível sob demanda e está disponível à noite ao contrário da energia solar. A energia solar e eólica deve ser convertida em hidrogênio e armazenada para os tempos

[35] Krakowski, R.A., et al., *Lessons Learned from the Tokamak Advanced Reactor Innovation and Evaluation Study (ARIES)*. 1993, Los Alamos National Laboratory.

em que não esteja disponível, isto a encarece. A energia hidroelétrica é reduzida durante as secas. Qualquer sistema de deve ser desligado para manutenção.

Os geradores solares, eólicos e hidrelétricos não poluem significantemente e todos retiram sua energia do Sol que é interminável. Contudo, a energia destas fontes são limitadas e só podem ser construídas em locais fixos, que freqüentemente estão longe de onde se necessita a energia. Os rios continuarão a fluir por bilhões de anos, portanto a energia hidrelétrica que possuímos agora é interminável, mas já esgotamos estes recursos: Há poucos rios apropriados para represar em países em desenvolvimento. A energia solar é intermitente, não disponível à noite ou mau tempo e a densidade de potência é baixa. A energia eólica em Dakota do Sul, do Norte e no Texas, teoricamente suprir toda a eletricidade dos U.S.A.[36,37]. Infelizmente Dakota do Sul e Norte estão longe dos centros populacionais e a eletricidade não pode ser transmitida a milhares de quilômetros. O vento pode ser usado para gerar o gás hidrogênio, que pode ser, então, enviado a longas distâncias em tubulação e usado para gerar eletricidade em células a combustível. Isto tem a vantagem adicional que o gás pode ser armazenado no lugar da planta geradora e usado sob demanda. Mas isto seria caro, tomaria muito tempo a implantação e requeriria centenas de milhares de turbinas eólicas; grosseiramente o número de caminhões comerciais dos U.S.A. A energia eólica na Europa é mais promissora. O vento do Mar do Norte pode gerar quatro vezes mais que a energia atualmente em uso na Europa[38].

Pondo de lado as objeções teóricas, falando estritamente de um ponto de vista de engenharia, a fusão a frio tem um único aspecto que a faz diferente de qualquer outra fonte de energia. Não é mais quente ou mais intensa que o fogo. O combustível existe em quantidades ilimitadas e não custa nada, mas o mesmo pode ser dito da luz do Sol. Dura milhões de vezes mais que os combustíveis químicos, mas o urânio também. É completamente seguro, mas o mesmo se pode dizer sobre a luz solar, do vento ou das hidro-eletricidade. Nenhuma outra fonte de energia combina todas as vantagens da fusão a frio. A fusão a frio não tem propriedades sobrenaturais da ficção científica. Não pode provocar uma imensa explosão, como uma bomba termonuclear. Não produz radiações mortais, da forma que um reator a fissão o faz.

---

[36] U.S. Department of Energy, NREL, *Wind Energy Resource Atlas of the United States*, http://rredc.nrel.gov/wind/pubs/atlas/

[37] American Wind Energy Association, http://www.awea.org/

[38] Danish wind industry Association, http://www.windpower.org/en/core.htm

1- Um Exemplo De Uma Fonte De Energia Nuclear Benigna

Um aspecto da fusão a frio pode parecer impossível de relance. É uma fonte de energia nuclear, porém não produz radiações penetrantes perigosas ou sub-produtos radioativos. Muita gente assume que toda fonte de energia nuclear produz necessariamente radiações perigosas, da forma que a fissão convencional e os reatores tokamak o fazem. Mas o plutônio-238 gera somente calor, sem perigo de radiações ou sub-produtos prejudiciais. Produzem radiação alfa, mas pode ser facilmente blindada por finas camadas de alumínio ou pedaços de papel. A fusão a frio também produz partículas alfa (núcleos de hélio), que também podem ser facilmente blindadas. O plutônio-238 gera níveis de aquecimento palpáveis e úteis por décadas. A NASA usa-o para energisar aparelhos espaciais, em geradores termoelétricos (RTG)[39]. O RTG é muito resistente. Uma vez um deles falhou a bordo de um foguete e foi lançado para fora momentos depois do lançamento. O RTG foi retirado do fundo do oceano como novo e mais tarde foi usado em outro foguete como carga útil.

Contudo, o RTG é benigno e razoavelmente seguro na manipulação, o isótopo plutônio-238 é tão raro e difícil de separar que custa milhões de dólares por quilo e este isótopo relativamente benigno tem que ser separado de toneladas de outro plutônio e urânio, que são extremamente perigosos[40]. O RTG não reduz o total de material radioativo ou riscos; emprega uma pequena fração de todo o metal que seja segura para manipular, deixando o resto como desperdícios.

A figura 2.1 mostra o RTG usado na missão espacial Cassini. A vida média do plutônio-238 é de 88 anos, e à diferença de fusão a frio, o decaimento radioativo não pode ser impedido, assim, o reator desta foto já está quente e permanecerá assim por centenas de anos. Um reator nuclear convencional requer uma pesada blindagem; a mulher à direita nunca poderia estar tão próxima de um deles. A Cassini tem três destes geradores RTG. Cada leva 8 Kg de plutônio, que produz 0,56 watt por grama, portanto sua saída térmica é de 4.480 watts. A eficiência da conversão é baixa e a potência elétrica de saída é só 285 watts[41,42]. O paládio nas células de fusão a frio produziu uma densidade de energia consideravelmente melhor e se dispõe de engenhos a calor com melhor eficiência, assim, um engenho com saída de 285 watts a fusão a frio seria bem menor e mais compacto que este.

---

[39] NASA, Space Radioisotope Power Systems, *Multimission Radioisotope Thermoelectric Generator*, April 2002, http://spacescience.nasa.gov/missions/MMRTG.pdf

[40] Estimates of the cost range from about $1 million to $10 million per kilogram. The U.S. DoE is constructing a new plant to separate out ^{238}Pu. This will cost $1.5 billion, and over the life of the plant it will produce 150 kg of ^{238}Pu, as well as 50,000 drums of hazardous nuclear waste. Source: Broad, W., *U.S. Has Plans To Again Make Own Plutonium*, in *New York Times*. 2005.

[41] Uranium Information Centre, Melbourne, Australia, Plutonium, Nuclear Issues Briefing Paper 18, http://www.uic.com.au/nip18.htm

[42] NASA Vision Missions, Nuclear Systems Program Office, "Project Prometheus," http://spacescience.nasa.gov/missions/npsfactsheet.pdf

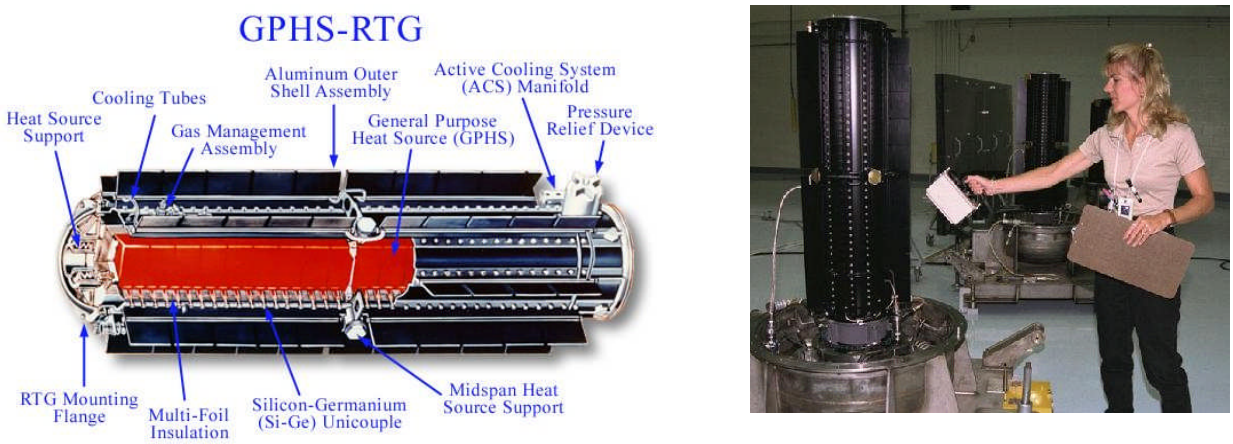


Figura 2.1. NASA Cassini mission General Purpose Heat Source Radioisotope Thermoelectric Generator (GPHS-RTG).

Foram usados pequenos RTG como baterias para marca-passo (figura 2.2). Foram implantados com sucesso em centenas de pacientes. Duram muito mais que baterias químicas: cerca de 20 anos. Não há risco de ingestão do plutônio por parte do paciente, a menos que deliberadamente quebre o marca-passo, retire o metal e o ingira[43,44]. Contudo foram retirados do mercado devido ao temor do que poderia acontecer depois da morte do paciente. Se o marca-passo não for removido e disposto com cuidado pode ser daninho à saúde.

Figura 2.2. Marca-passo a plutônio. O plutônio foi removido; se coloca no entalhe do topo à esquerda. Centenas destes foram implantados em pacientes doentes do coração. A fusão a frio também se reduz em dispositivos deste tamanho ou menores e pode se agrandar a qualquer tamanho.
http://www.orau.org/ptp/collection/Miscellaneous/pacemaker.htm

O desempenho dos dispositivos a fusão a frio serão similares ao RTG da NASA ou do marca-passo a plutônio, mas os materiais usados serão comuns, metais correntes no lugar de isótopos raros. Todos os metais usados na fusão a frio são benignos na manipulação. Em algumas experiências se tornaram um pouco radioativos depois de uso extensivo e algumas células geraram tritério, mas os expertos estão confiantes que ambos podem ser evitados em células comerciais. Mesmo que se produza pequenas quantidades de tritério não representaria um perigo para a saúde pública. Os equipamentos de consumo tal como há sinais, em uso em edifícios comerciais, contêm mais trítio que uma célula de fusão a frio. Há diminutas quantidades

[43] NASA, Environmental Effects of Plutonium Dioxide, http://saturn.jpl.nasa.gov/spacecraft/safety/appendc.pdf
[44] Sutcliffe, W. G., *et al.*, *A Perspective on the Dangers of Plutonium*, Lawrence Livermore National Laboratory, April 14, 1995, UCRL-JC-118825, http://www.llnl.gov/csts/publications/sutcliffe/118825.html

de radioatividade nos lares e lugares de trabalho, tais como amerício nos detetores de fumaça. Também existem materiais radioativos que naturalmente misturados nos materiais dos edifícios, tal como o gás radônio, recolhido em porões . A hulha é de longe a maior fonte de poluição radioativa. A hulha queimada no mundo deixa cerca de 8.960 toneladas de tório e 3.640 toneladas de urânio[45]. A fusão a frio nunca deixará tal lixo radioativo no meio ambiente! Somente consumirá 1.200 toneladas de deutério. Mesmo que essas 1.200 toneladas se transformassem em tritério, que é impossível, não seria tão má quanto a hulha. De qualquer maneira muito pouco material radioativo escapará, porque as células serão hermeticamente seladas tal como hoje as baterias dos carros. As baterias estão carregadas com material cáustico muito perigoso, mas raramente vazam ou causam danos. As células de fusão a frio serão igualmente confiáveis. Não será difícil isolar e reciclar qualquer material levemente radioativo das células danificadas. Se há qualquer radiação remanescente, as células poderiam ser equipadas com alarma, similares aos alarmas detetores de fumaça. (Um detetor de fumaça é um detetor de partícula alfa que dispara um alarma quando as partículas são absorvidas pela fumaça. É simples, barato, sensível e confiável).

O plutônio-238 representa um risco para a saúde quando ingerido, porque as partículas alfa gradualmente prejudicam o tecido imediatamente adjacente ao metal. Se ingerimos um fragmento de plutônio e este se aloje nos pulmões, pode causar câncer depois de alguns anos. O decaimento radioativo não pode ser parado, ao contrário das reações da fusão a frio que param, a emissão de partículas alfa também param, assim, mesmo que uma pessoa ingira uma pequena quantidade de um catodo de fusão a frio (num acidente severo, digamos), não danificará gradualmente o tecido da forma como o faz o plutônio.

[45] Gabbard, A., *Coal Combustion: Nuclear Resource or Danger.* Oak Ridge National Laboratory Review, 1993. **26**(3 & 4), http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev26-34/text/colmain.html

2- Outro Dispositivo Avançado De Calor Que Pode Ser Usado Na Fusão A Frio

O gerador termoelétrico da missão Cassini é extremamente confiável. Um dos primeiros RTG's da NASA foi posto a bordo do Pioneer 10 em 1972 e continua a operar impecavelmente depois de 30 anos, gerando energia no espaço profundo. Os dispositivos termoelétricos são confiáveis porque não possuem partes móveis. Foram desenvolvidos diferentes tipos, incluíndo um no velho estilo dos tubos de rádio a plasma, mas o mais confiável é o feito de componentes no estado sólido. No futuro distante, provavelmente, toda eletricidade virá de da fusão a frio e geradores termoelétricos. O problema com eles é que seu rendimento é baixo e custam caro. Convertem entre 5% e 10% do calor em eletricidade, desperdiçando o resto do calor. Alguns protótipos experimentais convertem 20%. Alguns cientistas, incluíndo o pesquisador em fusão a frio Peter Hagelstein, dizem ter descoberto dispositivos muito mais eficientes, que chegam de 50% a 80%. Estes seriam ideais para a fusão a frio. No que se refere ao rendimento, são, de longe, melhores que as turbinas a gás e outros engenhos e economizariam tremendas quantidades de combustível fóssil.

Enquanto esperamos que estes dispositivos ideais cheguem, podemos usar pequenos geradores convencionais com a fusão a frio, que possuem partes móveis. Apesar de que o calor da fusão a frio não custa nada, seria melhor usar geradores com uma eficiência razoável, porque seriam menores, mais compactos, mais frios e silenciosos. O RTG Cassini custa milhões de dólares, mas mesmo que se pudesse comprar um por US$ 500,- não seria prático para gerar eletricidade no lar. Produz 285 watts, que não é suficiente para um forno microondas. Pesa 75 Kg e perde 4.000 watts de calor. Se necessitaria de 10 a 20 deles para suprir um lar com eletricidade e produziriam tanto calor que pareceria ter uma fornalha aberta em seu pátio ou porão.

Pode-se usar dois tipos de engenhos com partes móveis com a fusão a frio para produzir eletricidade: pequenas turbinas e dispositivos Stirling.

Pequenos geradores a turbina ou “Micro-Turbinas” estão sendo desenvolvidas para casas e edifícios. Geram de 30 a 60 kilowatts de eletricidade. Possuem muito menos partes que as turbinas tradicionais, com gerador, compressor e engrenagens tudo num mesmo eixo. A turbina se move numa torrente de ar comprimido no lugar dos mancais convencionais, assim não necessita de lubrificante e o desgaste e a manutenção se reduzem. Uma companhia instalou 3.000 dessas máquinas[46]. São mais ou menos do tamanho de um refrigerador. À diferença de um engenho ordinário, trabalham com uma vasta variedade de combustíveis, gás natural, propano, biogás ou querosene. Com a fusão a frio se usará o vapor no lugar de um combustível líqüido ou gasoso.

A NASA está desenvolvendo o Stirling Radioisotope Generator (SRG) para substituir o RTG mostrado acima. Até mesmo possuem partes móveis e não durarão tanto como o RTG, serão menores e mais leves, que são fatores críticos em naves espaciais. Também estão sendo desenvolvidos geradores elétricos Stirling maiores, para 25 Kw[47]. São usados com luz solar concentrada para geração de energia térmica solar ou com com combustão externa para

[46] Capstone Turbine Corporation, http://www.microturbine.com/index.cfm
[47] Stirling Energy Systems, Inc., http://www.stirlingenergy.com/

geradores pequenos móveis. Estes são máquinas seladas, auto-contidas e de baixa manutenção e também mais ou menos do tamanho de um refrigerador. Usam abastecimento permanente de hidrogênio como combustível. Têm quatro cilindros e pistões e um gerador elétrico montado dentro da unidade. Possuem um índice de eficiência muito mais alto que as células fotoelétricas. Serão ideal para a fusão a frio porque usam o gerador de calor fora da unidade (luz solar ou combustão externa). O aquecimento da fusão a frio substituirá a combustão externa.

3- Como Parecerão As Células De Fusão A Frio

Como se parecerão os dispositivos de fusão a frio comerciais? De relance como um aquecedor de água atuais a gás ou elétrico: Deverá ser um tanque branco isolado e longo. Na parte inferior, onde atualmente estão os queimadores de gás, deverá estar uma célula de 12 Kw de fusão a frio. As células de fusão a frio já alcançaram a densidade suficiente para caber nesse espaço.

O pesquisador da fusão a frio Tom Benson descreve como parecerá uma célula grande de fusão a frio:

A unidade será uma caixa como uma bateria de caminhão grande ou uma pequena máquina de cópias xerox. Será suficientemente pequena para passar por uma porta e manipulada por duas pessoas ou um pequeno monta-cargas. O material interior da unidade consistirá de 10 ou mais fatias de eletrólitos sólidos ativados – talvez uma cerâmica ou um hidrido metálico complexo nano-estruturado. Cada fatia enquadrada por uma superfície alta de eletrodos de platina, com espaços recheados de deutério controlado por um sistema de pressão. A temperatura, a pressão e a composição química dos eletrólitos serão monitorados por sensores ou qualquer outro controle de variáveis apropriado. Destas informações o controle do sistema extrapola (baseado em tabelas guardadas internamente ou fórmulas) a reação de fusão a frio em curso e varia a potência elétrica da grade, pressão do gás, químicos aditos ao eletrólito e outras variáveis, mantendo, assim, constante a reação de fusão. Se houver mau funcionamento dos mecanismos de controle, ou algo saia mal, então para a reação e a unidade simplesmente esfria. É inerentemente segura porque as reações só ocorrem em baixas proporções das condições, que só podem ser mantidas sob constante controle.

A unidade completa estará num invólucro de aço, com um intercambiador de calor para ferver água para uma turbina a vapor. Ou será envolvido por paineis termoelétricos de um gerador termoelétrico do estado sólido.

Este módulo está projetado para ser usado com muitos tipos de máquinas, variando em tamanho de um gerador doméstico até uma pequena indústria. Cada caixa gera 10 Kw de calor para ser convertido em eletricidade ou ser usado diretamente num processo industrial ou para calefação. Os módulos podem ser postos na cavidade de um gerador a vapor ou gerador termoelétrico. Uma ou duas destas caixas serão suficientes para um gerador doméstico, 10 serão suficientes para uma estufa de tratamento da madeira e 50 serão necessárias para uma planta de tratamento de águas servidas.

As células funcionarão sob demanda por uns 5 a 10 anos antes que o eletrólito ou a matriz se degrade ao ponto onde a unidade perca cerca da metade de sua potência efetiva. O deutério pode vazar gradualmente, assim o tanque de armazenamento deverá ser recarregado a cada poucos anos.

Pensamos como uma grande bateria substituível – exceto que no lugar de gerar eletricidade gera calor a uma temperatura garantida, dependendo do modelo. Algumas serão projetadas para temperaturas moderadas de 80^0C a 200^0C. Outras para altas temperaturas, entre 500^0C e 1.000^0C. A temperatura será controlada com uma margem de 50^0C (como especificado pelo fabricante), mudando o fluxo de energia. Estas caixas serão fabricadas pela GE, Westinghouse, Mitsubishi e outras indústrias. Os laboratórios qualificados as certificarão e suas

performances serão especificadas e controladas por estandartes de qualidade. Serão licenciadas e testadas quanto à segurança à saúde por agências reguladoras, simplesmente como outro equipamento elétrico ou químico hoje em dia em uso.

Esta unidade pode produzir vapor, calor ou eletricidade através de turbinas a vapor ou paineis termoelétricos, tudo isto será implacavelmente produzido massivamente, de forma competitiva pelos recursos das corporações japoneses, norte americanos, europeus e chineses. Milhões de engenheiros em todo o mundo, uma vez que sintam que a fusão a frio é real, sentirão que podem ganhar dinheiro e fama. Imediatamente começarão a trabalhar nos geradores e sistemas de controle. Não precisamos especular muito sobre isto. Podemos assumir com segurança que se uma célula primitiva de fusão a frio seja demonstrada, os engenheiros farão o resto.

Depois de 10 anos de produção em massa das células de fusão a frio, os paineis termoelétricos e outros componentes baixarão de preço drasticamente em resposta ao mercado massivo, como os automóveis dos anos 20 do século XX e os computadores dos anos 80 do mesmo século. A eficiência aumentará até aproximar-se do máximo teórico.

2. A Fonte Ideal de Energia

4- Como As Células Podem Ser Construídas

Aproximadamente uma célula de fusão a frio é tão difícil de ser construída quanto uma bateria, às quais lembram de alguma forma. Milhares de corporações no mundo possuem capital suficiente e capacidade técnica para fabricar baterias. Uma vez que a física compreenda e saiam os estandartes técnicos, muitas destas corporações entrarão em competição e os preços baixarão. Com certeza, as baterias necessitam alta tecnologia ee controle de qualidade preciso nas linhas de produção, mas o investimento de capitais e a experiência necessários é bem menor que, digamos, numa produção de automóveis ou uma planta de 1.000 Mw. As linhas de produção de baterias devem ser limpas e livres de contaminação, mas não necessitam os padrões de limpeza extraordinária e dispendiosa como uma linha de produção de semicondutores. Uma linha de produção de baterias pode ser montada em meses. Pode-se comprar uma linha de produção de baterias pela internet da United Power Enterprises Co., Ltd., em Hong Kong. Num futuro não tão distante, espero, esta companhia e muitas outras estarão vendendo linhas de produção de células de fusão a frio e milhares de companhias as estarão operando.

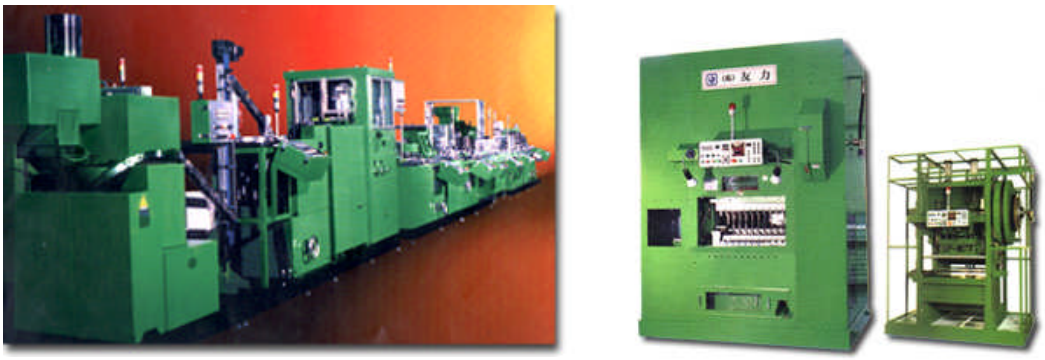


Figura 2.3. Uma linha de produção de baterias alcalinas disponível para a venda na Internet, da United Power Enterprises Co., Ltd. http://www.unitedpower.com.hk/ As linhas de produção de células de fusão a frio serão parecidas a esta em tamanho e complexidade. A maioria das células de fusão a frio serão do tamanho de uma bateria de um automóvel.

A maioria das células de fusão a frio no início, provavelmente, não serão maiores que uma bateria D, porque dispositivos pequenos tendem a ter maior eficiência em potência.

Sabemos que a fusão a frio não requer uma construção precisa, difícil ou especializada devido a algumas células experimentais, tal como a de Mizuno (capítulo 1) que já gerou, com garantia, altos níveis de temperatura para uso comercial. Os profissionais eletro-químicos fazem à mão essas células. Para estarem seguros, essa gente é muito hábil e cuidadosa para evitar contaminação. Usam Milli_Q, água limpa e certificada com 99,9% de pureza de reagentes. Mas suas bancadas e ferramentas não são extraordinariamente limpas e as células, vistas em conjunto, também são como qualquer objeto feito a mão como um colar.

Figura 2.4. A typical crowded laboratory, that of Tadahiko Mizuno, Hokkaido National University. Top: Mizuno's assistant Tomoko Kawasaki (left) and Mizuno. Photo by J. Rothwell.

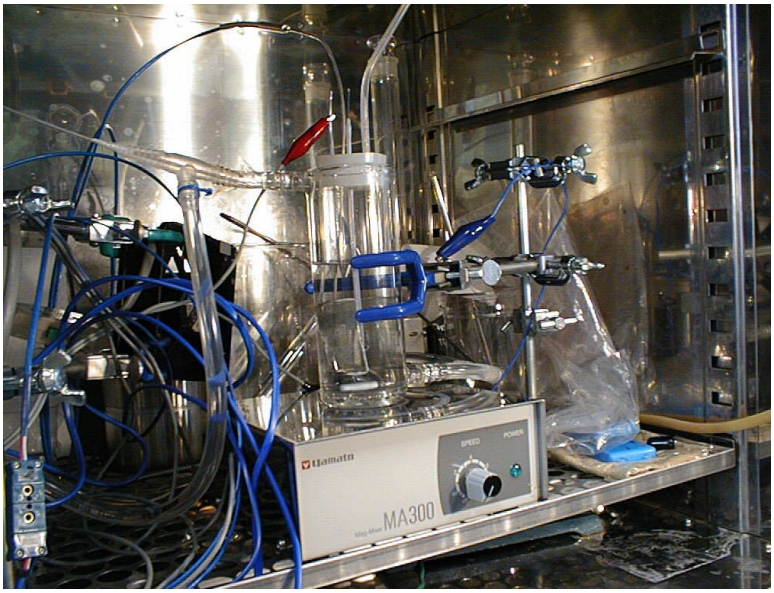


Figura 2.5. Um clarão de descarga de uma célula num gabinete com climatização controlada no laboratório de Mizuno. Foto de J. Rothwell.

5- Comparação De Custo Com os Combustíveis Fósseis

Esta seção está baseada na presunção de que a fusão a frio consume água pesada e produz tanta energia da água pesada quanto a fusão a plasma. Existem consideráveis evidências experimentais que apontam para isto[48], mas ainda não está provado para satisfazer a todos. Como fusiona o deutério, a fusão a frio, provavelmente, também transmuta o metal do catodo. A reação do deutério produz milhões de vezes mais energia que os combustíveis químicos. A reação secundária com o metal do catodo, provavelmente, não produz tanta energia. Em alguns casos pode absorver energia.

Como foi mencionado na Introdução, se gasta aproximadamente US$ 3,7 bilhões em combustíveis fósseis por dia no mundo e este combustível gera ~0,9 quatrilhões de BTU's de energia. Este é um custo imenso e subestimado. Inclui só o custo inicial, na fonte do combustível. Com o petróleo, por exemplo, é o número de barris multiplicado por US$ 40 o custo de mercado presente. Não inclui os custos adicionais de refinação e distribuição nos postos, o que dobra o preço. A US$ 2 por galão, a gasolina custa US$ 84 por barril. Este levantamento também ignora o custo da poluição e os inevitáveis derramamentos e acidentes de trabalho que ocorrem no trabalho com combustíveis fósseis voláteis. Alguns expertos estimam que os custos sociais ocultos do petróleo elevam o preço da gasolina a US$ 5 por galão. Dito de outra forma, os condutores pagam US$ 2 por galão e forçam o resto da sociedade a por outros US$ 3 para cobrir a poluição, danos à saúde e etc..

A tabela 2.2 mostra os três principais combustíveis fósseis: hulha, petróleo e gás natural. Os dados são da *Annual Energy Review 2002* 49 e da página web EIA "quick facts"[50].

Tabela 2.2. Consumo mundial de combustível fóssil

Combustível	Quantidade anual	Quantidade diária	Custo US$	Custo por dia US$	Consumo diário ($x10^{15}$)
Hulha	5,252 milhões de toneladas	14 milhões de toneladas	18 por tonelada	0.3 bilhões	0.26
Petróleo	24 bilhões de barris	67 milhões de barris	40 por barril	2.7 bilhões	0.39
Gás	92 trilhões de pés cúbicos	252 bilhões de pés cúbicos	2,95 por milhar de pés cúbicos , nos U.S.	0.7 bilhões	0.25

[48] Miles, M., B.F. Bush, and J.J. Lagowski, *Anomalous effects involving excess power, radiation, and helium production during D2O electrolysis using palladium cathodes.* Fusion Technol., 1994. **25**: p. 478.

[49] *Annual Energy Review 2002*. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. Quads are from Table 11.1, p. 281. This table shows annual totals, which I divided by 365. Some of this coal and oil is used to make plastic or for other nonenergy applications. However, the quads shown here are for the fuel that is actually burned.

[50] http://www.eia.doe.gov/neic/quickfacts/quickcoal.htm, http://www.eia.doe.gov/neic/quickfacts/quickoil.html, http://www.eia.doe.gov/neic/quickfacts/quickgas.htm

O consumo total anual destes três combustíveis fósseis é de 335.10^{15}W. Outras fontes maiores de energia – incluíndo gás natural liquidificado, eletricidade nuclear, eletricidade hidroelétrica, geotérmica e outras (tal como eólica) – chegam a 68.10^{15}, elevendo-se no total de 403.10^{15}W (dados de 2001).

Se for usada a fusão a frio para gerar os $0{,}9.10^{15}$W diários que gastamos em combustíveis fósseis, consumiria aproximadamente 15 toneladas de água pesada. Isto custaria cerca de US$ 1,5 milhões (O custo estimado de US$ 100 por Kg é explicado abaixo.). Além disso se necessitaria outros US$ 2 milhões para reciclar a água pesada ou um total de US$ 3,5 milhões em total. Em outras palavras, o combustível seria cerca de mil vezes mais barato que o fóssil que substituiria. Como a tecnologia ainda melhora os custos, estes baixariam ainda mais.

A fusão a frio é, também, mais barata que as hidrelétricas e os reatores nucleares.

Por fim, o setor de energia, que é a maior indústria do mundo – um gigante de US$ 2,8 trilhões – encolheria a US$ 1,3 bilhões, um quarto dos negócios com gomas de mascar[51]. Em outros termos, a energia custaria uma média de US$ 0,22 por ano a cada pessoa. Como nos EUA usam mais energia que outros povos, a energia custaria cerca de um dólar por ano para cada norte americano, comparado aos US$ 2.499 atuais. O total para todos os USA cairia de US$ 703 bilhões para US$ 280 milhões[52]

Eis a base do porque estimamos que necessitaremos 15 toneladas de água pesada por dia, mais a água pesada reciclada, custando US$ 3,5 milhões.

A fusão do deutério gera 3,45 x 1014 joules por Kg (345 milhões de megajoules)53. A gasolina gera 45 megajoules por Kg (132 megajoules por galão), assim, 1 Kg de deutério corresponde a cerca de 7,6 milhões de Kg de gasolina (2,6 milhões de galões).

Um mol de água pesada consiste de 16 g de oxigênio e 4 g de deutério, portanto o deutério tem cinco vezes mais energia por Kg que a água pesada. Um kg de água pesada produz 69 milhões de megajoules, tanta energia quanto 1.533.000 Kg de gasolina (523.000 galões).

Um Kg de água ordinária contém 0,015% de deutério ou um átomo de deutério para cada 6.700 átomos de hidrogênio (algumas fontes dizem 1 para 5.400)[54]. Quando fusionado o deutério de 1 Kg de água normal desprende 13.000 megajoules (98 galões de gasolina).

Todo o mundo consume 403.10^{15} ou $4{,}3.10^{14}$ megajoules. Se toda esta energia proviesse da fusão a frio ou da fusão a plasma, consumiria 6.162 toneladas de água pesada ao ano. Isto poderia ser produzido em oito grandes refinarias.

Os produtos combustíveis fósseis produzem 335.10^{15}; os outros 68.10^{15} vêm de reações nucleares, hidrelétricas, etc.. Para substituir o combustível fóssil são necessárias 5.000 toneladas de água pesada anuais, ou cerca de 15.00 toneladas diárias. Somente uma pequena fração da água

---

[51] Wm. Wrigley Jr. Company, the largest bubblegum manufacturer, reports total sales of $3.6 billion per year. This includes other food products. They sell $2.7 billion worth of bubblegum, about half of the world total.

[52] *Annual Energy Review 2002*. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 13, year 2000 data

[53] Borowski, S.K., *Comparison of Fusion/Antiproton Propulsion Systems for Interplanetary Travel*. 1996, NASA, Table 1, "Cat-DD" data, http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/1996/TM-107030.pdf

[54] Hamer, W., Peiser, H., *A Hydrogen Isotope of Mass 2*, NIST, http://nvl.nist.gov/pub/nistpubs/sp958-lide/043-045.pdf. Quote: "The modern best estimate of the ratio is 5433.78 in unaltered terrestrial hydrogen."

pesada é consumida numa célula selada de fusão a frio durante toda sua vida útil. Quando a célula for sucateada o restante da água pesada seria perdido. Neste caso o mundo necessitaria milhares de toneladas de água pesada por dia. Mas a água pesada é cara. A água pesada usada como mderador nos reatores nucleares Candu não é perdida; é cuidadosamente purificada e reciclada. Enquanto a água pesada seja cara, provavelmente, será reciclada das células de fusão a frio sucateadas.

Figura 2.5. A Planta de Água Pesada de Ontario Hydro International Bruce Point tem capacidade de produzir 800 toneladas por ano. Foi desativada em 1997. Oito plantas deste porte podem suprir suficiente água pesada para gerar toda a energia atualmente consumida no mundo.

Figura 2.6. Atomic Energy of Canada Ltd. planta piloto avançada de água pesada, Hamilton, ON. Foto cortesia da Atomic Energy of Canada Ltd. Esta planta produz cerca de 1 tonelada de água pesada por ano. Uma versão aumentada dela seria mais eficiente e limpa que a velha planta de Bruce Point acima.

A água pesada agora custa US$ 1.000 o Kg, no comércio por menor, para altos índices de pureza, contudo, recentemente uma companhia chinesa está oferecendo água pesada com 99,85% a US$ 460 o Kg por menor e US$ 300 por maior[55]. Uma fábrica de células de fusão a frio terá a

[55] Miller, A.I. (Atomic Energy of Canada Ltd.), *Heavy Water: A Manufacturers' Guide for the Hydrogen Century*. Canadian Nuclear Society Bulletin, 2001. **22**(1), http://www.cns-snc.ca/Bulletin/A_Miller_Heavy_Water.pdf

maquinaria necessária para extrair o deutério da água ordinária, assim pagará o preço por maior. Com a fusão a frio funcionando o preço baixará entre 50% e 80%, porque a maior parte do preço de hoje são gastos com energia. Em outras palavras, uma pequena parte da produção de água pesada será gasta para energisar a própria produção – cerca de 0,05%. Isto é o que será desviado da extração atual, que é ineficiente e não foi melhorada desde os anos 40 do século XX. A Mitsubishi e outras corporações propuseram métodos modernos, eficientes, limpos e sem danos para o meio ambiente de extração de água pesada. A Atomic Energy of Canada Ltd. testou um destes métodos na planta piloto em Hamilton, ON[56]. Mesmo com os métodos atuais ineficientes, a posta em marcha da fusão a frio reduziria o custo da água pesada a cerca de US$ 100. Com técnicas avançadas o custo cairia a US$ 50. A água pesada de células sucateadas será mais barata, talvez alguns dólares por quilo. Para substituir todo combustível fóssil necessitaremos 15 toneladas de água pesada virgem por dia e talvez 2.000 toneladas de água pesada reciclada por dia.

Na prática as células de fusão a frio usarão o deutério em gás antes que água pesada, mas isto não muda as estimativas de custo ou a quantidade de água pesada necessária. Todo o deutério da Terra está na forma de água pesada, que está misturada à água comum. O deutério em gás custa mais que a água pesada quando adquirida por menor, mas numa fábrica de montagem de células de fusão a frio custará menos, porque os processos avançados de extração produzem deutério em gás antes que água pesada.

As 6.162 toneladas de água pesada que usaremos para a produção de energia em todo o mundo serão convertidas em 4.930 toneladas de oxigênio livre, 1.277 toneladas de hélio e 5 toneladas serão aniquiladas, convertidas em energia, de acordo com a equação de Einstein da relatividade especial $E = mc^2$. As mesmas 5 toneladas são aniquiladas hoje em dia, com energia química e solar. Todas as fontes e formas de energia convertem massa em energia.

Existem 2×10^{13} toneladas de água pesada na Terra, suficiente para 3,2 bilhões de anos com o consumo atual de energia. Isto seria suficiente, mais ou menos, para todo o tempo de existência do planeta; o Sol, se espera, existirá na forma atual cerca de 4 ou 5 bilhões de anos para então se tornar uma anã branca. Há uma grande parte de água pesada em outros lugares do sistema solar e é mais concentrada em alguns planetas. Na Terra representa 0,015% da água; em Marte 0,1% e em Venus 2,2%[57]

Assim, um automóvel médio consumirá cerca de um grama de água pesada por ano. Isto se assume para a primeira geração de engenhos a fusão a frio que serão de uma eficiência igual a um motor a gasolina, convertendo 20% do calor em propulsão (É difícil de se imaginar que serão menos eficientes. Seria um gênio perverso que veria um veículo moderno com menor eficiência que o automóvel atual convencional). A média de um carro de passageiros anda 11.766 milhas por ano (18.936 Km), queimando 532 galões de gasolina (2.014 litros)[58]. O combustível queimado gera 70.000 megajoules de calor bruto. Converte 14.000 megajoules deste calor em propulsão para o veículo. A propulsão acaba por aquecer o ar do meio ambiente. Toda energia finalmente se degrada em perda ou entropia.

---

[56] Miller, A.I., *ibid.*
[57] Miller, A.I., *ibid.*
[58] *Annual Energy Review 2002*. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 61.

Para por de outra forma, o carro médio norte americano andará 48 milhões de milhas com um galão de água pesada.

2. A Fonte Ideal de Energia

6- *Problemas Com O Grupo Da Platina*

Talvez a fusão a frio só funcione efetivamente com o grupo do metal precioso platina (irídio, ósmio, paládio, ródio e rutênio). Se for assim isto limitará severamente sua utilidade. A platina é bem mais cara que o ouro e o paládio chegou a US$ 1.090 em 2001. A demanda pelo paládio está acima da produção, as companhias de metais preciosos já fizeram todos os esforços para encontrá-lo, usando as últimas tecnologias, mas só podem extrair 171 toneladas ao ano[59]. Parece que não poderão incrementar muito essa extração, mesmo que a fusão a frio crie tremenda demanda. Assim, se a fusão a frio só funcionar com paládio, teremos que fazer o máximo uso do paládio que temos, gerando energia dele 24 horas por dia em plantas grandes e centralizadas. Não poossuímos metal suficiente para geradores domésticos individuais ou automóveis, porque estas máquinas funcionam muito menos tempo por dia. Os automóveis e residências usarão eletricidade ou hidrogênio produzido por plantas centrais.

É irônico que a metade do paládio atualmente vai na construção de conversores catalíticos para os automóveis. Afortunadamente não necessitamos desses conversores com a fusão a frio. Provavelmente a melhor solução será tirar o paládio dos automóveis e pô-lo em grandes geradores centrais e usar hidrogênio que não polui em motores de combustão interna em veículos híbridos elétricos. A maioria das máquinas a hidrogênio necessitam células, mas não podemos usá-las porque as células de combustão requerem metais do grupo da platina. Isto não é coincidência. As células de potência e a fusão a frio ambas usam o efeito de catálise de superfície e no grupo da platina estão os melhores catalizadores. As células eletroquímicas laçadas por Fleischmann e Pons assemelham-se a células de combustão. Uma célula de fusão eletroquímica usa a eletricidade para converter a água em hidrogênio e oxigênio; uma célula de combustão faz o contrário, converte hidrogênio e oxigênio em eletricidade.

Existe outra volta neste problema. A fusão a frio transmuta o metal do catodo em alguns outros metais. Isto foi definitivamente provado em pesquisas no Texas A&M, na Universidade de Hokkaido, na Corporação Mitsubishi e outras partes. Em outras palavras, um reator a fusão a frio converte, gradualmente, o paládio em outros metais, especialmente cromo e ferro[60]. Não está claro se isto sempre acontece. Talvez consigamos meios de evitá-lo. Se não, as 171 toneladas de paládio que são extraídas todos os anos rapidamente se converterão em ferro e cromo baratos e inúteis, antes de gerar muita energia. O cenário descrito acima, com geradores funcionando 24 horas por dia, só funcionará se podemos reciclar o paládio e usar o mesmo metal do catodo muitas vezes durante décadas. Se o paládio se tornar ferro em poucos anos, a fusão a frio nunca será uma fonte prática de energia.

Afortunadamente há boas indicações que a fusão a frio funciona bem com abundantes metais, incluíndo o níquel e o titânio, contudo as pesquisas com esses materiais ainda não foram replicadas largamente, assim, tenho dúvidas sobre isso. Talvez a fusão a frio transmute esses metais também, mas isto será uma vantagem. Suponha que o processo possa transmutar em qualquer elemento escolhido. Depois de alguns anos uma célula de fusão a frio de um automóvel

---

[59] U.S. Geological Survey http://minerals.usgs.gov. For other years some sources put the numbers closer to 220 metric tons. About 100 tons are mined.

[60] Mizuno, T., T. Ohmori, and M. Enyo, *Anomalous Isotopic Distribution in Palladium Cathode After Electrolysis.* J. New Energy, 1996. **1**(2): p. 37.

sucateada e o metal interno será reciclado. Uma fração apreciável do níquel ou titânio pode se transformar em ouro ou outro elemento valioso.

Os catodos gradualmente se auto-destroem depois de anos de uso por outras razões. O aquecimento da reação nuclear é intensa e concentrada numa área microscópica e causa que o metal derreta ou se vaporize, formando crateras na superfície. Os elementos ao redor dessas crateras freqüentemente são transmutados. Isto não será um problema, porque o metal pode ser fundido e re-manufaturado, a menos que esteja todo transmutado em outro elemento. Claro que esta destruição, provavelmente, degradará o desempenho e limitará a vida útil da célula. Depois de alguns anos se muito da superfície for vaporizada ou fundida o catodo o catodo não poderá funcionar. Contudo a fusão poderá ser mantida num mínimo com boa engenharia e os limites de desgaste ordinário da maquinaria que limita seu tempo de vida, em todo caso. Num modelo por adiantamento das células de fusão a frio, a destruição térmica mais a filtragem de contaminação exterior à célula limita a vida útil a uns poucos anos. Os catodos deverão ser substituídos em manutenção rotineira. Mais tarde, com melhor engenharia e melhora nos vedantes, os catodos e as células durarão o mesmo que a máquina.

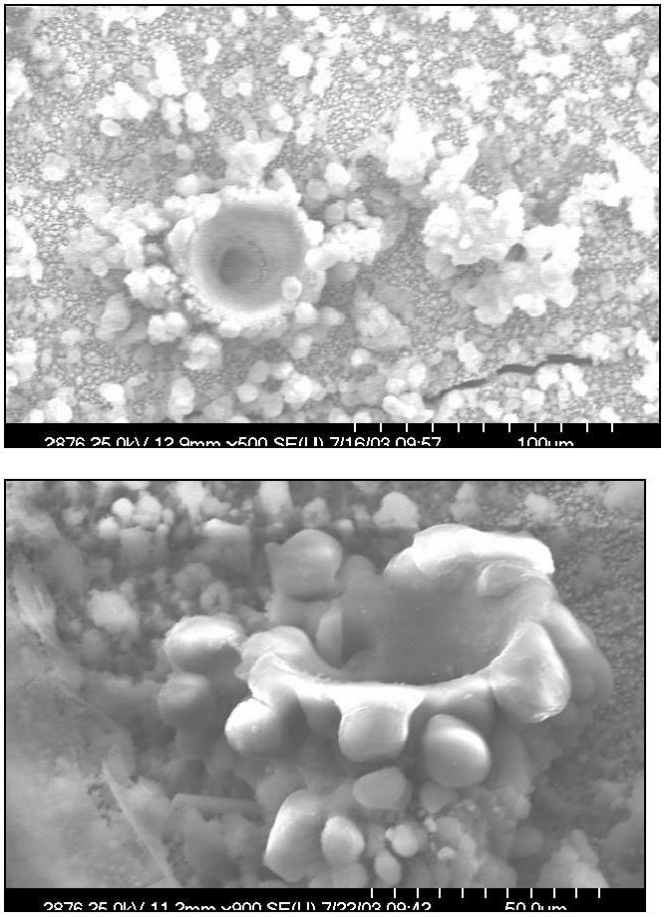


Figura 2.6. Ocorrências sugestivas de solidificação de metal derretido sob um líqüido. De Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, e F. Gordon. *Precursors And The Fusion Reactions In Polarised Pd/D-D_2O System: Effect Of An External Electric Field*. in *ICCF-11*. 2004.

3. Como Podemos Fazer algumas Predições Agora

Antes da fusão a frio poder ser comercializada precisa superar muitos obstáculos, começando pela oposição política que impedem seu financiamento. Conseguido isto, as pesquisas em larga escala podem começar. O progresso pode ser lento até uma teoria compreensiva emerja e ninguém pode dizer quando isto acontecerá. Uma vez que tenhamos uma teoria e aprendamos a controlar completamente a reação, começa o desenvolvimento de engenharia. Produtos como calefatores e outros engenhos terão que ser re-projetados e testes rigorosos terão que serem feitos para assegurar que não causem danos aos seres viventes ou ao ambiente. Parece que não haverá nada negativo, porque a fusão a frio emite poucas partículas e as que emite podem ser barradas com uma folha de papel ou alumínio. Na verdade emergem das células tão raramente que é difícil detetá-las, mesmo com os instrumentos mais sensíveis. Centenas de pesquisadores trabalharam com células de fusão a frio ativas, sem blindagem, sem nenhum sinal de danos à saúde.

As pesquisas mostraram que a fusão a frio tem as seguintes características físicas, o que significa que pode se tornar uma fonte prática de energia com potencial revolucionário:

- Em algumas pesquisas produziu temperaturas e densidade de potência suficientemente altas ou energia mecânica num dispositivo razoavelmente compacto.
- Ao contrário dos motores a gasolina, uma célula de fusão a frio não necessita oxigênio e não produz monóxido de carbono ou desprende gás, portanto pode ser usada em interiores ou sob a água ou no espaço exterior.
- Não produz radioatividade penetrante perigosa ou restos radioativos, portanto pode ser usada com segurança em qualquer parte, mesmo em marca passo dentro do corpo humano.
- Enquanto não soubermos se o deutério ou o paládio é o combustível nuclear ou uma combinação dos dois, está claro que pequenas quantidades de combustível dura por décadas. As células de fusão a frio geraram centenas de milhares de vezes mais calor que uma célula química do mesmo tamanho possivelmente poderia.
- Funcionará bem com alguns metais comuns como níquel e titânio, que não são do grupo da platina. (veja capítulo 2, seção 6)
- Funciona igualmente bem em grandes e pequenas escalas.

Sabemos que a fusão a frio pode ser em pequena escala porque já se o demonstrou. Eventualmente uma bateria termoelétrica a fusão a frio, como a bateria do marca passo mostrado no capítulo 2 entrará em telefones, em relógios de pulso e um sem número de dispositivos pequeno e baixa potência. Deve funcionar, mesmo, em nano escala de fontes de energia. Sabemos que a fusão a frio pode ser escalada para cima, porque qualquer fonte de energia o pode. Parece que como os catodos individuais ou metais carregados com gás são menores que, digamos, os pistões de um motor a gasolina, mas com as técnicas atuais automáticas de manufaturação não seria difícil armar milhares e mesmo milhões de células em produção

massiva para formar um reator de megawatts. Varetas carregadas com milhares de pelotas de combustível de urânio incorporam um reator convencional a fissão de 1.000 Mw. As pelotas são cilindros de urânio negro de 1,7 cm de comprimento por 0,7 cm de diâmetro. Unidades seladas similares poderiam, eventualmente, alimentar dispositivos de qualquer tamanho, cada uma contendo eletrodos e uma alimentação permanente de água pesada ou deutério em gás.

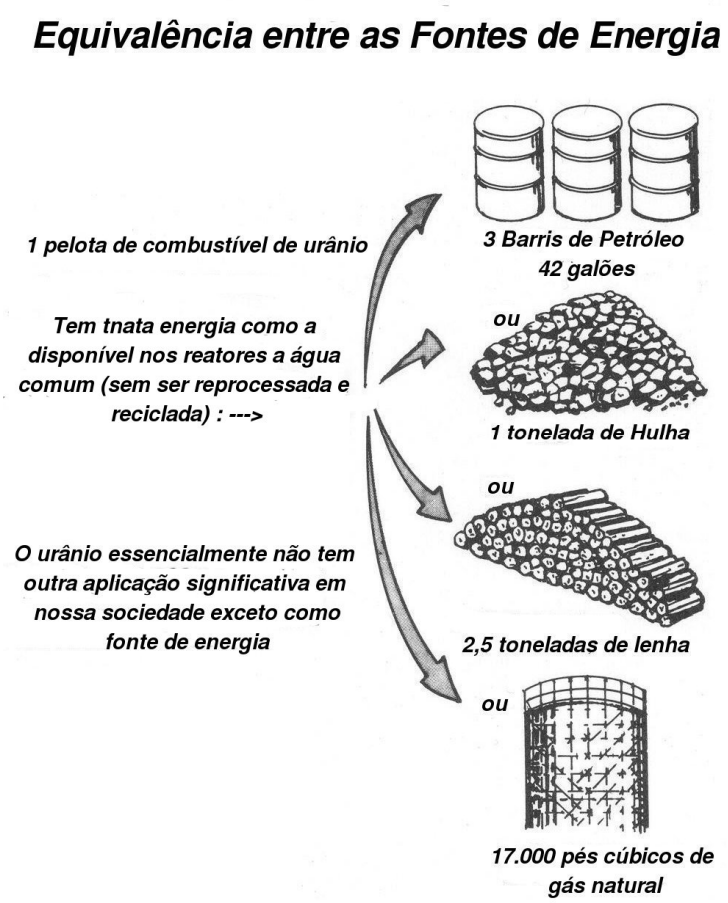


Figura 3.1. Uma pelota simulada de urânio como combustível nuclear (feita na figura de borracha), da American Nuclear Society, 555 North Kensington Avenue, La Grange Park, Illinois 60526

Algumas limitações da fusão a frio também estão se tornado claras. Talvez haja uma variação de altas temperaturas do efeito, chamado descarga incandescente ou fusão a quente em eletrólise em plasma[61], mas parece que esta fusão a quente não pode ser suficientemente quente para uma fornalha ou para um foguete entrar em órbita da Terra. Isto não significa que necessitamos outras fontes primárias de energia. A fusão a frio pode gerar eletricidade para uma fornalha, ou separar a água em hidrogênio e oxigênio, o combustível que impulsiona os foguetes espaciais.

Este livro assume que a fusão a frio será eventualmente comercializada. Pode levar anos de engenharia, política, burocracia e obstáculos de regulamentação para serem transpostos, mas

[61] Mizuno, T., et al., *Production of Heat During Plasma Electrolysis.* Jpn. J. Appl. Phys. A, 2000. **39**: p. 6055.

já podemos predizer algumas conclusões sobre o produto final. A lista anterior descreveu alguns parâmetros físicos. Eis algumas presunções sobre o produto:

- Serão desenvolvidos dispositivos para funcionarem em diferentes faixas de temperatura, de morno até o ponto de fusão do catodo de paládio, níquel ou titânio. Como o efeito tem vaporizado alguns catodos, sabemos que pode chegar a tais temperaturas extremas. É só uma questão de engenharia, fazer com que o calor seja removido rapidamente e manter os danos a um mínimo.
- Serão desenvolvidos dispositivos para trabalhar em qualquer escala, para fazer a fusão a frio aplicável num grande número serviços; mais que qualquer outra fonte de energia convencional como a gasolina, energia elétrica alternante ou baterias.
- No início a fusão a frio será usada sobretudo como pequena tecnologia, para produzir calor ou eletricidade entre 1 w e 1 Kw. Pequenas máquinas são mais fáceis de se projetar, mais baratas para construir e com maior aproveitamento da energia por watt.
- Os dispositivos de aquecimento e as baterias podem ser projetadas mesmo contendo radiações perigos de sub-produtos radioativos perigosos tais como trítio.

3. Como Podemos Fazer algumas Predições Agora

4. Tecnologia Ordinária, Bens E Serviços Cotidianos

Se a fusão a frio pode ser comercializada, eventualmente revolucionará todos os aspectos da vida. Não porque possua algum atributo único. Ao contrário, é só uma fonte de calor. É a característica ordinária da fusão a frio que, junto com sua segurança, a faz tão desejável.

A ordinária fusão a frio trará mudanças ordinárias, no princípio. A nova revolução energética não será o anúncio de aplicações assombrosas e futurísticas, mas sim de mudanças na vida cotidiana. Mais pessoas terão energia limpa e ilimitada, água pura, espaços vitais livre de poluição. Depois de décadas a fusão a frio será introduzida em aplicações futurísticas tais como trens subterrâneos de suspensão magnética e hotéis em órbita da Terra com gravidade zero para milhões, mas primeiro mudará o mundo dando água limpa para bilhões de pessoas pobres.

As primeiras máquinas movidas a fusão a frio serão aquelas que mais necessitamos: bombas, motores, luzes elétricas, calefatores, aquecedores de água, acondicionadores de ar e automóveis. Estes são os alvos óbvios por duas razões: Primeiro usam a maior parte da energia que consumimos. Máquinas gigantescas como locomotivas, aviões e fornalhas siderúrgicas são impressionantes, mas no total usam menos energia que as pequenas máquinas. Segundo as máquinas pequenas são baratas e as pessoas as compram em lojas de ferragens, portanto o ritmo da mudança será governado pelos consumidores (veja seção 2, abaixo e capítulo 7 seção 5).

Um domingo pela manhã, na igreja, durante a eletrificação rural dos anos 1930, um fazendeiro da Geórgia disse háq dois grandes milagres na vida: “Jesus no seu coração e a eletricidade em seu lar”. Hoje temos eletricidade, água potável e outros benefícios em tal abundância que as tomamos como seguros e não imaginamos a vida sem eles. Infelizmente a terceira parte da humanidade – dois bilhões de pessoas – não as possuem e isto causa espantosos sofrimentos e danos ecológicos. As águas poluídas matam 2,2 milhões de pessoas ao ano, 5,3% de todos os mortos. A maioria das vítimas são crianças abaixo de 5 anos[62]. A população pobre é obrigada a despender uma grande parte de suas entradas em querosene. Na Índia e Haiti precisam desmatar os morros para conseguir lenha, causando enchentes que destroem fazendas e aldeias e arruinam a terra. Com a fusão a frio, em primeiro lugar esta gente simplesmente ferverá a água para seus chás e comida dos bebês. Sabem que o podem fazer, mas freqüentemente não conseguem o combustível. Mais tarde, purificados a fusão a frio fornecerão água para cozinhar, banhar, animais, etc.. A fusão a frio trará eletricidade, luz para leitura noturna, para a televisão, telefones celulares e computadores. Nas remotas aldeias chinesas, pequenos geradores hidrelétricos (a maioria do tamanho de uma jarra de café) e televisores de baixa potência LCD já trazem informações vitais e mudanças; esta tendência se acelerará. A fusão a frio fornecerá energia para o equipamento nas fazendas, motocicletas e carros.

Os norte americanos pobres também terão razões para celebrar. Em Atlanta, durante um inverno típico 50.000 famílias têm seus fornecimentos de gás cortados por falta de pagamento. muitos norte americanos têm problemas em pagar US$ 2 por galão de gasolina.

---

[62] Pruss, A., et al., *Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and hygiene at a Global Level.* Environmental Health Perspectives, 2002. **110**(5).

Se a fusão a frio tiver sucesso somente em trazer os níveis de sanidade e iluminação do século XIX no oeste estadunidense, será a maior abertura da história. Mas promete muito mais que isto. Mesmo porque temos abundantes bombas, motores e luz no primeiro mundo, nossas máquinas são prejudicadas porque nossas fontes de energia são inflexíveis, perigosas, sujas e muito caras. Estão causando mudanças catastróficas no clima global. Poderiam serem melhoradas de inúmeras maneiras, mas nem mesmo vemos quão ruim estão, porque somos usados pelo status quo. Temos uma inspiração e imaginação deficientes; não temos nem a visão de como as coisas poderiam ser. A fusão a frio trará muitas coisas maravilhosas à humanidade, mas talvez o mais valioso seja a sensação de esperança, uma mudança dinâmica, progresso, prosperidade e a possibilidade de um futuro mais radiante, expansivo e melhor.

1- As Fontes de Energia Atuais Não São Suficientemente Boas

É óbvio que algumas fontes de energia não são sob demanda. As baterias dos computadores portáteis e dos celulares são um incômodo. São de baixo poder e se descarregam rapidamente. As baterias descarregadas nos detetores de fumaça causam milhares de mortes e ferimentos. Muitas companhias estão desenvolvendo células a combustível para os telefones celulares, que trabalharão durante semanas antes de se descarregarem. Os problemas com alguns dispositivos médicos são ainda mais dramáticos. Considere uma bomba auxiliar implantada, conhecida como Ventricle Assist Devices (VAD). São como corações artificiais, mas não substituem o coração; o ajudam aumentando o fluxo sangüíneo. A diferença com a substituição por um coração artificial, têm prolongado com sucesso a vida dos pacientes. Algumas trabalharam durante anos. Reduzindo a carga de trabalho do coração, podem ajudar a evitar um ataque do coração ou recuperar depois de uma cirurgia. As bombas do coração atuais têm baterias recarregáveis por indução eletromagnética através da pele. Têm que ser recarregadas com freqüência, já que usam muito mais energia que outros dispositivos de implante, como os marca passos. Uma das primeiras bombas para o coração, a AbioCor, surgiu em 2001. Pesa 3 libras e funciona só 30 minutos quando o carregador é desligado – ou durante uma falta de energia. Uma versão com uma célula de fusão a frio seria menor e duraria por toda a vida. Com a tecnologia atual, a bomba, talvez, se deteriore em 5 ou 10 anos. Mas a fusão a frio encorajará o desenvolvimento de bombas duradouras, talvez com músculos artificiais (polímeros eletroativos – EPA). Um coração realiza cerca de 2 w de trabalho mecânico, portanto com um conversor termoelétrico avançado não seria um problema[63].

Outros dispositivos médicos são muito necessários, mas simplesmente não podem ser feitos com as fontes atuais de energia. Os exemplos incluem membros protéticos, especialmente pernas e cadeiras de roda motorizadas que possam andar longas distâncias a uma velocidade razoável. A maioria das cadeiras de roda são feitas para pessoas de idade avançada, que não querem andar mais rápido que um andar a pé, mas há muitos incapacitados jovens que prefeririam dirigir cadeiras de roda a 15 Km/h (velocidade de marcha) numa distância de 10 ou 20 Km. Kamen também desenvolveu o Segway “Transportador Humano”. As cadeiras de roda e os Segway ambos poderiam ser melhorados com a fusão a frio. Assim também as bicicletas elétricas – meu meio favorito de transporte urbano.

---

[63] Pinkerton, G., *Miniaturized Electronics: Driving Medical Innovation*, Medical Device & Diagnostic Industry

Pode-se imaginar que as pessoas jamais permitiriam um marca passo, dispositivos protéticos ou bombas para o coração com energia nuclear. Não pensariam que é muito arriscado ou futurístico. Como vimos no capítulo 2, os pacientes já aceitaram marca passo energizado pelo plutônio. Um marca passo com bateria química dura seis anos antes de ser necessária a mudança da bateria, numa operação com riscos e dolorosa. Os pacientes estariam felizes em aceitar dispositivos que durariam toda a vida.

Enquanto todos vêm que as baterias atuais não são suficientemente boas para telefones celulares e marca passos, falhamos em ver que todas as fontes de energia são igualmente ruins, vida curta e caras. Eram suficientemente boas para os séculos XIX e XX, mas nossos padrões se elevaram. Considere os pequenos engenhos a gasolina usados nos jardins, tais como os cortadores de grama. São irritantes e perigosos. Pesados e ineficientes, convertem só cerca de 10% do aquecimento em energia mecânica. Fazem tamanho barulho que podem ser ouvidos a uma milha de distância e podem danificar o ouvido se usados com freqüência sem protetor de orelhas. São difíceis de partir. Quando a carga mecânica é grande, bloqueiam e novamente temos que passar pela chatice de parti-lo novamente. Soltam fumaça venenosa, não podem ser usados em ambiente fechado. Depois de alguns minutos de funcionamento seu bloco está tão quente que pode queimar uma pessoa ou iniciar um incêndio. As pessoas que usam essas máquinas têm que guardar produtos tóxicos e explosivos, a gasolina, em suas casas ou garagens, que causam milhares de derramanentos e sérios acidentes todos os anos.

No futuro, quando as pessoas aumentarem o uso em liberdade e conveniência da fusão a frio, suporão que estávamos sempre frustrados e com raiva dessas máquinas de tortura. Temos a mesma sensação de pena quando olhamos para trás as pessoas do século XV, que não podiam viajar mais rápido que 13 Km/h no lombo de um cavalo estradas rudes. Imaginamos que se sentiam isolados e frustrados. Mas provavelmente não se sentiam assim. Não pensavam que tinham um problema de transporte, porque não tinham idéia que era possível melhorar. Uma falha de imaginação. As coisas começaram a mudar em meados do século XV na França, quando a construção de canais subterrâneos e estradas melhores começaram por primeira vez desde a queda do Império Romano. As pessoas realmente despertaram para as possibilidades quando se desenvolveram as estradas de ferro, começando em 1820. Depois das estradas de ferro chegarem às maiores cidades da Europa e América, algumas pessoas se iludiram, pensando que o transporte estava perfeito e não era possível maiores progressos – ou eram necessários. Hiram Maxim foi um brilhante inventor mas falhou em ver que os automóveis possuem uma importante vantagem sobre as estradas de ferro. Sua falta de imaginação mostra que dispor dos meios e conhecimentos técnicos não é suficiente para avançar. É preciso ver a necessidade, detetar o que é inconveniente e sentir onde haverá proveito potencial. Maxim escreveu:

“Tem sido o costume de dar todo o crédito que o motor a gasolina é o melhor para mover os automóveis – em minha opinião esta é uma explicação errada. Possuímos o motor a vapor a mais de um século. Poderíamos ter construído veículos a vapor em 1880, ou sem dúvidas em 1870. Mas não o fizemos. Esperamos até 1895.

A razão pela qual não construímos veículos antes disto, em minha opinião, foi porque as bicicletas ainda não eram em grande número e ainda não se considerava as possibilidades de estradas de rodagem de longas distâncias. Considerávamos que as estradas de ferro eram suficientemente boas. As bicicletas criaram uma nova demanda que estava além das habilidades das estradas de ferro de suprir. Então resultou que as bicicletas não puderam satisfazer as

demandas criadas por elas mesmas. Era necessário um veículo auto-propulsor no lugar de um movido pelos músculos e, sabemos agora, o automóvel é a resposta”[64].

Não começaremos a mudança para a fusão a frio – para sistemas de energia convencionais alternativos tal como o eólico e automóveis híbridos – até que muita gente perceba quão ruim são nossos sistemas energéticos atuais são e quão melhores poderiam ser. O progresso começa com o descontento.

2- As Máquinas Serão Mais Baratas

No início os equipamentos a fusão a frio serão mais caros, mas uma vez passada a novidade e a concorrência cresça, o custo cairá a cerca do mesmo que o convencional movido a combustível fóssil, porque uma célula a fusão a frio não custará mais que uma bateria e o resto de um automóvel custará mais ou menos igual a um modelo convencional. Depois de anos de concorrência intensa, quando dezenas de concorrentes estiverem disponíveis, os modelos a fusão a frio serão mais baratos que os movidos a combustível fóssil. Serão mais simples, com menos componentes. Os automóveis, por exemplo, não necessitarão um silenciador, um conversor catalítico para reduzir a poluição ou um tanque de gasolina.

A escolha entre uma máquina a combustível fóssil que custa milhares de dólares ao ano para operar ou uma a fusão a frio pelo mesmo preço que não custa nada para operar e não polui, todos os consumidores preferirão o modelo a fusão a frio. Os modelos a combustível fóssil logo sairão de produção.

Aquecedores e automóveis a fusão a frio não parecerão muito revolucionários aos norte americanos, exceto em um único aspecto: o combustível não custa nada e só necessita ser recarregado durante uma manutenção regular. Estaremos capacitados a aquecer e refrigerar nossos lares todo o ano ou conduzir por dezenas de milhares de milhas com uma carga de combustível. Mas os norte americanos estão acostumados a manter seus lares quentes ou frescos como queiram e já conduzem tanto quanto necessitam. A condução já está limitada pelo tráfico. A maioria das pessoas não andaria 200 milhas a mais por semana mesmo que outro lhe pagasse o combustível. O norte americano de classe média usa toda energia que queira.

As classes médias estadunidenses se emocionarão com que a vida dos pobres melhore e mitigue o sofrimento e o pesadelo do aquecimento global gradualmente recue, mas a fusão a frio no início não representará grande economia para eles. Não os afetará diretamente, a menos que trabalhem em companhias de petróleo, que em tal caso logo ficarão sem trabalho (espero que este desemprego será coberto pelas oportunidades oferecidas pela fusão a frio). As pequenas mudanças começarão imediatamente e haverá tantas mudanças ocultas que em breve terão um grande impacto. As mudanças permearão toda a sociedade mais rapidamente do que a maioria dos homens de negócios e economistas prevêm, porque a fusão a frio é uma pequena tecnologia. Cabe debaixo do braço; poderemos carregar um equipamento a fusão a frio da loja. Ou retirá-la do depósito. Quando milhões de pessoas decidem comprar algo novo e quando acham fácil incorporá-lo em suas vidas, logo terá um grande impacto. Em 1908 apareceu no mercado a produção massiva e barata de automóveis. Isto quieta e rapidamente afetou a vida do povo, efetivamente eram comprados um a um e primeiro somente algumas pessoa de uma cidade

[64] Rae, J., *The American Automobile Industry*. 1984, Boston, Mass.: Twayne Publishers, quoted in Cardwell, D., *The Norton History of Technology*. 1995: W. W. Norton & Company, p. 368.

possuíam um. Em 1980 poucas pessoas imaginavam que os computadores pessoais logo teriam um imenso impacto no estilo de vida das pessoas, no trabalho, no entretenimento e outros aspectos de suas vidas particulares. As mudanças vêm sem aviso, uma pessoa por vez.

Alguns expertos predisseram que mesmo que a fusão a frio estivesse perfeita hoje, tomaria 50 anos para substituir as outras fontes de energia e embeber profundamente a vida cotidiana das pessoas. O automóvel a gasolina foi feito nos anos 80 do século XIX, mas só começou a ser construído massivamente em 1908 e não havia grandes números deles, bloqueando o tráfego nas cidades, até os anos 20 do século XX. Não puderam ser utilizados até que gigantescas infraestruturas de estradas e postos de gasolina foram construídas, ao contrário, a fusão a frio não necessita infraestrutura. O computador foi inventado em 1945, mas se tornou onipresente só 45 anos depois. Eu não penso que a fusão a frio seguirá este padrão. A eletrificação, a rede telefônica, a produção de automóveis e o desenvolvimento da produção de microprocessadores tomou décadas para se expandir porque são gigantes, requerem muito capital e processos industriais complexos. A fusão a frio será muito mais simples.

3- A Energia Está Integrada A Tudo

Todas as máquinas usam energia. A energia afeta toda a economia e a engenharia de toda a indústria e comércio. Quando se muda o custo e disponibilidade da energia, os restantes aspectos mudam.

A fusão a frio baixará os custos brutos dos materiais, baixando os custos da mineração, transporte, processos de aquecimento, serrarias, moagens e outros. Tudo de madeira e pedra à tecnologia mais avançada de fibra de carbono será mais barato. A fusão a frio baixará dramaticamente o custo de materiais com alto teor de energia (também ditos com energia incorporada) tais como alumínio, aço, cobre, metais em geral e algodão[65].

Atualmente a indústria de combustível fóssil é, ela própria, de longe o maior consumidor de energia. As empresas de petróleo queimam petróleo para rodarem suas engrenagens, super-tanques, refinarias, óleos dutos e caminhões de gasolina. Uma plataforma de perfuração no Mar do Norte possui tanto equipamento, tais como perfuradoras, helicópteros, alojamentos, geradores e aquecedores, que a plataforma consume tanto petróleo quanto o produzido por um pequeno poço. A energia usada para produzir combustível é chamada de despesas gerais. As empresas de petróleo consumem entre 10 e 20% de seu produto para manter sua maquinaria funcionando (Pimentel[66] estima 20%. Outras fontes informais estimam em 10%. Aparentemente depende do local de onde o petróleo é extraído, do tipo de poço, da distância para onde é embarcado e do grau de combustível que produz). O carvão coque é mais eficiente; os gastos gerais é cerca de 8%. As turbinas eólicas possuem um gasto geral de 2%. Depois de posta em funcionamento, uma turbina eólica demora de três a quatro meses para pagar seus custos, com energia suficiente para construir outra turbina eólica. Sua maquinaria dura cerca de 20 anos antes que sua hélice e turbina necessitem ser substituídas. A torre dura muito mais. O único gasto significante de energia na fusão a frio é a energia gasta para extrair a água pesada. É de 0,05% com as técnicas

---

[65] Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, New Zealand, http://www.vuw.ac.nz/cbpr/documents/pdfs/ee-coefficients.pdf

[66] Pimentel, D. and M. Pimentel, *Food, Energy, and Society, Revised Edition*. 1996: University Press of Colorado, p. 17.

atuais de extração de água pesada e provavelmente será menos no futuro, porque se pode melhorar a técnica (veja capítulo 2).

A fusão a frio libertará uma vasta quantidade de materiais, de trabalho qualificado e capital agora em uso pelo setor de energia. Os materiais incluem coisas como aço e concreto da infraestrutura da distribuição e os tanques de petróleo. Cerca de um quarto de todos os navios são petroleiros e transportam 34% de todas as cargas. Há que se dizer, possuem 385 milhões DWT (deadweight tons of capacity – tonelada de peso morto) e a capacidade total dos navios é de 850 milhões DWT67.

A fusão a frio liberará o terreno das minas de carvão, refinarias e linhas de transmissão de eletricidade.

Os gastos gerais são altos porque a produção de energia requer uma vasta infraestrutura de poços de petróleo, oleodutos, refinarias, portos marítimos, postos de gasolina, plantas de geração de eletricidade, represas hidrelétricas, minas de carvão, milhares de milhas de estradas de ferro para essas minas, linhas de transmissão de alta voltagem, fios de distribuição de eletricidade em cada rua e assim por diante. Quando viajamos por uma auto estrada ou voamos sobre uma cidade, muito da paisagem feita pelo homem que vemos está devotada à produção, armazenamento e distribuição da energia. Com a fusão a frio toda esta infraestrutura será eliminada. Uma dezena de fábricas podem suprir água pesada para toda a demanda de energia do mundo.

O custo da energia incorporada expresso em comida é alto. Note que "energia incorporada" não significa conteúdo em calorias – a energia que retiramos dos alimentos. A energia incorporada num bife é a energia necessária para mover o trator que faz crescer o milho que alimenta o gado e energia usada para transportar as vacas, abatê-las e refrigerá-las, transportar e cozinhar a carne. A energia incorporada em alimentos aumentou tremendamente nos últimos anos, especialmente quando frutas frescas são trazidas da América do Sul ou Austrália, a meio caminho da volta do mundo aos U.S. e Europa. Uma lata de milho doce tem 375 kilocalorias (kcal) de nutrição, mas requer 3.065 kcal para produzir – principalmente para a maquinaria das fazendas – e 1.006 kcal para empacotar. As técnicas primitivas para fazer crescer e processar os alimentos requerem muito menos energia. Se toma 3.065 kcal para preparar e servir 375 kcal de nutrição, estaríamos todos mortos de fome se tivéssemos que trabalhar para isso. Não morremos porque as máquinas realizam o trabalho por nós e terminam queimando 10 calorias de combustível fóssil para cada caloria de alimento que fazem.

Os métodos modernos de preservação dos alimentos, tais como refrigeração e congelamento, tomam mais energia que os métodos antigos de secagem e enlatado. Para congelar um pacote de milho gasta 1.270 kcal e para funcionar um congelador e mantê-lo congelado por um mês se gastam 265 kcal[68].

A carne é de longe a comida mais extravagante. Gasta tremendas quantidades de combustível fóssil para fazer crescer a planta com a qual alimentamos os animais que comemos. Gasta cerca de 13.000 kcal de combustível fóssil, principalmente petróleo, para produzir um bife

---

[67] Organisation for Economic Co-operation and Development, http://www.oecd.org/dataoecd/39/20/2751848.pdf

[68] Pimentel, *ibid.*, p. 192, 195. Note: 1 kcal = 4,184 joules; the can of corn takes 12.9 megajoules, which is the energy in 307 grams of gasoline.

de 1409 g que tem só 375 kcal de energia alimentar. Dizendo em outras palavras, um quarto de libra de haburguesa vem com meio galão (+ ou – 2 litros) sem ordenar de gasolina. Dependemos do petróleo muito mais do que pensamos. Se desaparecer, não só seremos incapazes de comutar para outro meio; morreremos de fome. A boa notícia é que quando a fusão a frio substituir o petróleo, imediatamente e drasticamente reduzirá o custo de produção dos alimentos.

4- A Eficiência Ainda Será Importante

Algumas pessoas sugeriram que uma vez que tenhamos a fusão a frio poderemos deixar de preocuparmo-nos com a eficiência, como um todo. Por exemplo uma pessoa disse: “a eficiência não mais economizará dinheiro, portanto os edifícios não necessitarão mais de isolação para economizar”.

É verdade que em alguns casos encontraremos mais econômico ignorar a eficiência em favor de menores custos. Por exemplo, na maioria dos equipamentos de aquecimento poderemos ignorar a eficiência em favor de baixos preços dos equipamentos. O vapor de baixa pressão causa menos desgaste e danos à tubulação e turbinas (veja capítulo 14).

Contudo em muitos outros casos a eficiência seguirá sendo essencial, não porque economiza dinheiro, mas porque máquinas ineficientes simplesmnente não funcionam. No capítulo 2 imaginamos eletrificar uma casa o Cassini RTG (radioisotope thermoelectric generator). Como esses dispositivos têm uma eficiência de só 10 %, para se conseguir o objetivo necessitaríamos 30 ou 40 deles, cada um com o tamanho de uma pessoa e não é tudo, o calor desprendido seria suficiente para aquecer toda a vizinhança.

Um carro com 5 ou 10% de eficiência teria um enorme motor, como um trator a vapor do século XIX. Um edifício sem isolação térmica requeriria um sistema de aquecimento enorme e ruidoso e mesmo assim seria desconfortável e com correntes de ar. Para um exemplo extremo, tomemos uma casa de fazenda japonesa, é tão vulnerável aos ventos quanto uma estrutura possa ser: as paredes são literalmente de papel (usam também ripas de madeira com mau tempo e à noite, que não são mais quentes que o papel). Quando se vive em tal casa no inverno, só se aquece uma vez ao dia, depois do banho. O creme dental congela. A neve entra no dormitório. Os cômodos são aquecidos com pequenos braseiros e com um kotatsu, que é um aquecedor elétrico ou a carvão sob uma manta sob uma mesa.

Figure 4.1. Uma família japonesa numa casa moderna comendo sobre um kotatsu. Numa casa de fazenda tradicional no inverno, estariam vestindo casacos e o leite deixado sobre a mesa à noite congelaria. Fonte: The Japan Forum, TJF Photo Data Bank, http://www.tjf.or.jp

Um kotatsu numa casa de campo é aconchegante e quente e tem boas possibilidades românticas, mas o povo japonês, hoje em dia, convive com o frio muito tempo. Se puséssemos um aquecedor de 5 Kw a fusão a frio em cada cômodo não ajudaria em muito. Seria como ter o rugir do fogo na lareira de um castelo medieval, terminamos muito quente de um lado e muito frio do outro.

Existe outra razão para a eficiência seguir sendo importante. No futuro distante, a espécie humana poderá aumentar seu consumo de energia num fator de 10 ou 100 do atual, executando alguns dos mega-projetos descritos neste livro. Se aumentamos o trabalho realizado pelas máquinas num fator como esses, o aquecimento excedente delas aqueceria a biosfera, afetando adversamente os humanos e outras espécies. Mesmo agora, nas grandes cidades onde os automóveis se concentram, a temperatura local é um ou dois graus superior que a do entorno e a neve derrete mais rapidamente. Isto não pode ser bom para as árvores e plantas. Para reduzir o aquecimento por desperdício de calor das máquinas do futuro deverão mantê-las com bom rendimento.

Proximamente, antes de se lançar qualquer mega-projeto, a fusão a frio deverá incrementar a eficiência em geral e reduzir substancialmente o monto total da energia gasta pela humanidade, principalmente porque permitirá o uso de co-geradores elétricos, como descrito nos capítulos 14 e 15.

5- Maquinas Que Serão Particularmente Melhoradas pela Fusão a Frio

A fusão a frio fará todas as máquinas mais baratas. Melhorará o desempenho de algumas mais que de outras. Não aperfeiçoará um grande televisor ou máquina de costura. Não há vantagem em fazê-las portáteis; não há problemas de conectá-las à rede elétrica e não usam muita energia, em todo caso. Aperfeiçoará em muito outras máquinas, fazendo-as mais baratas

para operar, mais convenientes e sem poluição. Eis uma lista de algumas máquinas ordinárias que se beneficiarão da fusão a frio. As que serão mais fáceis e mais proveitoso estão em primeiro lugar:

1. Computadores portáteis, repetidores telefônicos, caixas negra de aviões e outros dispositivos eletrônicos operarão continuamente por décadas sem recarga utilizando baterias termoelétricas;
2. Lâmpadas elétricas. Especialmente as independentes, rudes, LED branco de baixa potência, também energizadas por baterias termoelétricas. Serão ideais para iluminação de emergência, acampamentos ou aldeias do terceiro mundo;
3. Pequenos aquecedores. Aquecedores de grandes espaços centralizados (fornalhas). Aquecedores de água;
4. Bombas e pequenos motores, talvez energizados diretamente por turbinas a vapor ou motores Stirling ou por baterias termoelétricas;
5. Refrigeradores térmicos, como os vendidos atualmente com fogo a gás. Absorventes de friagem ativados termicamente para ar-condicionado. Estes funcionam bem a temperaturas justo acima do ponto de ebulição[69];
6. Automóveis, motocicletas, tratores e outros veículos pequenos;
7. Equipamentos industriais grandes mas simples, tais como fornalhas para a cura de materiais a temperaturas abaixo da ebulição;
8. Grandes fornalhas de processamento aquecidas acima da temperatura de ebulição;
9. Grandes motores para veículos como caminhões e equipamento pesado;
10. Geradores da ordem de megawatts e equipamento industrial;
11. Grandes plantas de de-salinização;
12. Locomotivas de trens e motores marítimos;
13. Plantas de despolimerização térmica para tratamento de águas servidas, lixo e plásticos. Estas produzem óleos sintéticos e fertilizantes. O óleo não será necessário como combustível, mas é útil na indústria como forragem e lubrificante. Algum dia estas plantas serão completamente automáticas e fechadas e reduzidas em tamanho para caber num caminhão. Poderão ser produzidas em massa e enviadas a milhares de aldeias e cidades para o tratamento de águas servidas. Veja o capítulo 13.
14. motores aéreo-espaciais.

6- Pequenas Máquinas Primeiro

Assumamos que o efeito da fusão a frio se tornará totalmente reprodutível, controlável e algum dia – chamemos momento zero – os físicos e químicos entregarão protótipos aos engenheiros. As pesquisas básicas seguirão e dispositivos aperfeiçoados logo seguirão. O

[69] U.S. Department of Energy, *Thermally-Activated Absorption Chillers*, http://uschpa.admgt.com/TB_TAchillers.pdf

primeiro transistor prático surgiu em 1952 e rapidamente foi liberado aos engenheiros de produção para produção em massa, mas as pesquisas básicas continuam até hoje.

Os engenheiros farão seu serviço em poucos anos e as linhas de produção partirão. Nesse meio tempo, reguladores, agências de saúde e segurança assegurarão que os dispositivos são seguros. Suponho que pequenos produtos comerciais aparecerão três anos depois do Momento Zero. Pequenas máquinas são mais fáceis de desenvolver e mais baratas para fabricar que as grandes, assim aparecerão antes: aquecedores de água, calefatores, motores térmicos para bombas e refrigeradores a calor e aparelhos de ar acondicionado. Algumas máquinas caras e complexas também aparecerão rapidamente. A NASA, os militares e as companhias de telefones desejarão geradores termoelétricos a fusão a frio em aplicações críticas em lugares de difícil acesso.

O petróleo é o combustível mais caro por megajoule. A maior parte do petróleo é gasta no transporte, principalmente em carros e caminhões, assim, estes serão os primeiros alvos da conversão. De todas as coisas que se pode energizar com a fusão a frio, o automóvel será a mais desejada do ponto de vista dos consumidores e trará o maior benefício sobre a poluição, aquecimento global e economia. As manufaturas farão isto e farão todos os esforços para desenvolverem modelos a fusão a frio, mas toma muito tempo desenvolver um novo automóvel e preparar novas linhas de produção. Poderão aparecer dez anos depois do Momento Zero. A Toyota e a Honda demoraram cerca de cinco anos para projetar e começar a venda de carros híbridos a gasolina. Os modelos a fusão a frio, provavelmente, serão híbridos, com fusão a frio e turbina a vapor ou motor Stirling que substituirão o motor a gasolina. Como os fabricantes japoneses estão muito acima na liderança dessa tecnologia e os norte americanos somente agora começam a licenciar seus engenhos híbridos, pode-se esperar que os japoneses tomarão a dianteira nos automóveis a fusão a frio.

Mais ou menos ao mesmo tempo em que os automóveis cheguem às salas de venda, podemos esperar geradores de eletricidade próprios para casas e apartamentos.

Muitas máquinas que hoje assumimos que requerem eletricidade para funcionar bem, podem funcionar com o aquecimento da fusão a frio ou com motores térmicos. Estamos tão acostumados à eletricidade que tendemos a esquecer que outras fontes de energia são quase tão convenientes como ela. As ferramentas de mecânicos e carpinteiros movidas a ar comprimido, devido a que são mais frias e não faiscam, são mais seguras. No século XIX, pequenos motores a vapor realizavam muitas tarefas que hoje são realizadas por motores elétricos. Um secador de roupas pode usar o aquecimento da fusão a frio diretamente e pode mesmo ser manual, com um motor Stirling para girá-lo. O uso direto do calor no lugar da eletricidade é discutido no capítulo 15.

Os grandes geradores trabalham melhor com uma forma de fusão a frio de alta temperatura no lugar de milhares de pequenas células unidas. Nesse caso, reatores de megawatt e motores de grandes caminhões pode demorar alguns anos para serem postos no mercado e talvez a fusão a frio não se difundirá tão rapidamente como antecipei. Contudo, pequenas máquinas, como lâmpadas e aparelhos de ar acondicionado, consumem quase toda a energia. Ao chegarmos no nível de 1 Kw, a transformação será rápida e profunda e começará a alterar a vida cotidiana, a sociedade e as nações. Na primeira fase eliminará quase toda poluição e as companhias de combustível fóssil e eletricidade irão à bancarrota, quando máquinas convencionais como os

automóveis forem convertidos. Na fase seguinte, máquinas dramaticamente novas serão inventadas que tirarão proveito da fusão a frio para coisas que hoje são quase inimagináveis e que nunca poderiam ser feitas com combustível fóssil, energia solar ou energia eólica. O primeiro item desta categoria são as plantas de dessalinização. Isto ainda está em território familiar. Milhões de pessoas já têm sua água potável vinda de plantas de dessalinização. Contudo as plantas de dessalinização atuais são medíocres, serão das primeiras máquinas movidas a fusão a frio, com potencial planetário, melhorias dramáticas que poucos povos anteciparam ou ousaram esperar até agora: farão desaparecer os desertos.

4. Tecnologia Ordinária, Benefícios E Serviços Cotidianos

5. Tecnologia Revolucionária

Além das máquinas ordinárias, descritas no capítulo anterior, a fusão a frio habilitará muitas tecnologias novas impossíveis ou impraticáveis com combustível fóssil. Uma das mais dramáticas e benificientes será a dessalinização em larga escala. As plantas de dessalinização convertem a água salgada em água fresca e potável. Nas nações áridas mas ricas em energia, principalmente do Oriente Médio, supre milhões de pessoas com água potável. Mas não poderia, possivelmente, suprir água em larga escala para a agricultura, porque requer combustível fóssil ou nuclear e o custo e poluição resultante seriam proibitivos. Com a fusão a frio, as plantas de dessalinização poderiam ser aumentadas em centenas e eventualmente milhares de vezes, até produzirem rios feitos pelo homem de água fresca de escala continental para irrigação e reflorestamento. Eventualmente cresceriam tantas árvores e plantas que teriam um impacto positivo sobre o clima, convertendo partes dos desertos do Saara e Gobi em terras produtivas.

Seria terrível a idéia de converter todos os desertos em terras produtivas. Isto extinguiria as espécies de vida do deserto, reduzindo a biodiversidade e a diversidade das culturas e destruiria espetaculares cenários da terra. Mas os desertos de Gobi e Saara, provavelmente, expandiram-se devido à atividade humana e não seria um furto à ecologia voltá-los a suas dimensões originais. O aumento das terras produtivas na África seria ótimo para algumas das nações mais pobres do mundo e nações produtoras de petróleo como a Arábia Saudita que logo estará nas mesmas condições. Nos Estados Unidos os desertos e áreas áridas devem ser preservadas, mas seria de inestimável valor produzir muito mais água potável para cidades como Los Angeles e Las Vegas e se verdejantes gramados suburbanos e as terras produtivas aumentassem em um milhão de hectárias sem ofender a ecologia. No Haiti, o uso da fusão a frio no lugar de lenha, mais a introdução de plantas dessalinizadoras e programas de reflorestamento pudessem reverter a destruição das florestas que arruinou a ecologia, a economia e matou milhares de pessoas com enchentes. Na Índia, quando das chuvas torrenciais seguidas de sêcas, a dessalinização em larga escala evitaria as perdas das colheitas.

Existem novos reportes que no futuro próximo a água potável substituirá o petróleo como o maior elemento de procura e portanto de contenciosos. Podem se desencadear guerras por água potável. A fusão a frio pode inverter este cenário de pesadelo.

Um mega-projeto de dessalinização para transformar os desertos é descrito em detalhe no capítulo 8.

A dessalinização é só um exemplo do que se pode fazer com quantidades ilimitadas de energia sem poluição. Já existem instalações de dessalinização. Quando acoplamos a fusão a frio a coisas já inventadas e comercializadas, tal como a dessalinização, teremos o poder de refazer a face da Terra, eliminar carências, fome e poluição e reduzir amplamente o custo de materiais industriais brutos, fertilizantes, alimentos e outros bens. Eis algumas tecnologias comerciais que podem ser combinadas à fusão a frio para produzir mudanças revolucionárias:

O uso de cultivos interiores aumentará. Os cultivos interiores vão de simples hortas a cultivos hidropônicos controlados por computador, com plantas que crescem num meio aquoso no lugar do solo. Estes já são comuns no Japão para cultivos tais como do tomate. Comparado

com o convencional, usam menos terreno, água e pesticidas, resultando prejudicar menos a ecologia. São descritos no capítulo 16.

As comunicações melhorarão. O custo de instalação de um serviço de telefonia celular em nações não desenvolvidas com baixa densidade populacional se reduzirão drasticamente, dispondo de aviões sem piloto de grandes altitudes a fusão a frio no lugar de torres. Estes serão muito mais baratos que os satélites. Chegarão com facilidade aos celulares (os celulares que chegam a satélites de baixas órbitas existem, mas requerem mais potência, o conjunto é maior e as freqüências são limitadas). Os aviões cobrirão uma área muito maior que a maioria das torres para celulares, exceto aquelas que estão em montanhas excepcionalmente altas. Os aviões ficarão no ar por meses de cada vez, circulando numa área pequena, ou talvez, ficarão estacionários como um helicóptero. Voarão sobre tempestades e linhas comerciais de aviação. De tempos em tempos um avião de substituição será despachado e o anterior retornará à terra para manutenção de rotina. Servirão também como transmissores de rádio e televisão. Serão postos em latitudes que não podem ser atingidas por satélites geo-sincrônicos. A NASA está tentando desenvolver semelhantes aviões acionados por energia solar, mas são delicados e não podem levar muita carga, portanto não são práticos.

AS antenas em torres de grandes altitudes para celulares serão de grande ajuda nas missões de busca e resgate, particularmente em áreas rurais onde os serviços são freqüentemente pontuais e independentes. Um excursionista perdido, com freqüência, é incapaz de fazer uma chamada pelo celular, especialmente numa ravina onde as montanhas bloqueiam as torres dos celulares. Isto não será um problema quando o receptor esteja num avião. No futuro, quase todos portarão telefones celulares. Mas se o excursionista não possui um ou se algo sai mal com o seu, um avião sem piloto de grande altitude pode usar câmera de televisão na busca. O capítulo 10 descreve uma solução mais radical: robôs computadorizados, menores, autônomos, semi-inteligentes do tipo “birdbrain-class”, que serão enviados a voar através de bosques buscando pessoas das alturas das copas das árvores.

Novos tipos dramáticos de aviões e naves espaciais serão desenvolvidos. Alguns terão capacidade muito maior que os atuais e alguns aviões civis voarão muito mais rapidamente (veja o capítulo 18).

Foram desenvolvidas técnicas com mais intensidade de energia, automatizadas e avançadas para reciclagem. Algumas não foram aplicadas pelo alto custo da energia. A fusão a frio pode assegurar seu sucesso. Por exemplo, compostos químicos tóxicos podem ser destruídos em exposição ao serem expostos ao aço derretido em recipientes perfeitamente selados. Os compostos se decompõem nos elementos químicos formadores, que podem, então, serem separados e coletados. Nada é emitido na atmosfera; isto não é como um incinerador de lixo. Os restos tóxicos podem ser convertidos em seus elementos básicos. Um elemento tóxico, tal como o arsênico, que continua a ser tóxico depois de separado de seu composto, pode ser automaticamente separado, purificado, empacotado em recipientes certificados e enviados a fábricas que o usam como matéria prima. Compostos venenosos ou cancerígenos compostos de elementos não tóxicos, tal como dioxina, são instantaneamente quebrados em seus constituintes, elementos inofensivos (no caso da dioxina são carbono, hidrogênio, oxigênio e cloro). Compostos químicos orgânicos, águas servidas e restos medicinais são convertidos em água, carbono e alguns outros elementos. A Molten Metals Technology, Inc., uma companhia em Massachussetts, que infelizmente fechou foi a pioneira nesses processos.

4. Uma inundação de novos produtos

Depois das pesquisas científicas básicas terminarem e os padrões fundamentais serem estabelecidos, dezenas (e depois centenas) de corporações começarão a produzir células. Então milhares de outras corporações encontrarão modos de as usar para melhorarem seus produtos. Haverá uma explosão de desenvolvimento de produtos. Isto aconteceu com a eletricidade, os transistores, os computadores e outros produtos fundamentais: primeiro uma companhia desenvolveu a idéia central, então um grande grupo começou a produzir esse produto e um grupo muito maior de companhias usou esse produto em várias aplicações. O número de pessoas envolvidas, a quantidade de dinheiro gasto e o nível de entusiasmo foi tremendo.

Existe um paralelo interessante na história da aviação. Até 1908 a maioria dos espertos e aproximadamente todos os jornais não acreditavam que os aeroplanos poderiam existir. Os irmãos Wright voaram em 1903 e demonstraram vôos de até 40 minutos de duração ao público em 1904 e 1905, mas os jornais, revistas e espertos os denunciaram como fraude e não se incomodaram em fazer uma viagem a Dayton, Ohio. Em agosto de 1908, Wilbur Wright ante uma gritaria de espertos em França, que estava atônita. A imprensa européia enlouqueceu e todos na Europa estavam nos calcanhares de Wilbur. Um de seus críticos mais ferrenhos, Archdeacon, escreveu: "Por longo tempo, por muito longo tempo, os irmãos Wright foram acusados na Europa de mentirosos – talvez mesmo onde nasceram. Hoje são consagrados na França e sinto um imenso prazer em contar comigo mesmo como o primeiro a emendar a flagrante injustiça."[70]. De volta aos Estados Unidos, o evento foi ignorado atá Orville Wright fazer uma demonstração de vôo em Washington, D.C. algumas semanas mais tarde. A febre da aviação apanhou o mundo. Em 1911, uma edição especial de *Scientific American* dedicada à aviação reportou o seguinte: "mais de meio milhão de pessoas estão agora ativamente engajados em alguma empresa industrial respeito à navegação pelo ar". Logo, depois que a comercialização da fusão a frio comece a amadurecer, meio milhão de engenheiros de produção estarão trabalhando freneticamente. Quando atinjam seus objetivos podemos esperar uma enxurrada de inovações. Trabalharão freneticamente porque a General Motors saberá que que se não introduzir rapidamente um carro a fusão a frio, a Ford ou a Toyota a levará à falência.

A fusão a frio conduzirá a inúmeros efeitos secundários. Baixará os preços de inúmeros bens e serviços e permitirá novos bens que não tinham um custo benefício efetivo anteriormente. Fará os produtos mais leves, fortes e seguros.

Só posso pensar em alguns usos óbvios para a fusão a frio. Não há dúvidas de que haverá milhões de mudanças beneficiosas em máquinas de todos os tipos, mas sei pouco a respeito da maioria das indústrias, não posso adivinhar como serão. Os engenheiros e os projetistas de produtos logo aprenderão logo a usar a fusão a frio, como aprenderam a usar microprocessadores quando se tornaram disponíveis nos anos 80 do século XX. Os projetistas logo a porão nas batedeiras de cozinha, nas fechaduras de quartos de hoteis, nas banheiras de hidromassagem e toda sorte de coisas onde nunca se imaginou que poderia funcionar melhor com um computador dentro. Se tornará costumeira e invisível. Imagine dizer a alguém em 1965 que sua banheira logo seria controlada por um computador mais sofisticado que o que estava a bordo do foguete Apollo. Seu ouvinte ficaria antes confuso que contente. Ele perguntaria: "O que faria um

---

[70] Archdeaon, E., *L'Auto*, August 9, 1908. Duvido que os críticos da fusão a frio jamais farão uma concessão tão graciosa e os pesquisadores da fusão a frio nunca perdoarão seus críticos como o fizeram tão graciosamente os Wrights. Os antagonismos de ambos lados são muito profundos para tais emendas.

computador na banheira? O que existe para ‘controlar’ numa banheira? Um engenheiro atualmente diria: “A fusão a frio pode ser muito boa para gerar eletricidade, mas para que instalar diretamente num receptáculo de lâmpada? Já temos toda energia necessária na instalação da rede elétrica”. Poderia não ocorrer ao engenheiro, de saída, que temos muita energia nos fios da rede. Os fios podem causar incêndio ou eletrocutar pessoas. Seria melhor evitá-los

Não poude ocorrer ao engenheiro, no início, que nós temos demasiada energia na rede de C. A.. Os fios causam incêndios e eletricução de pessoas. Seria melhor evitá-los e ter os dispositivos elétricos de iluminação e o outra maquinaria com energia própria. Os fios elétricos hoje não só fornecem energia, controlam os dispositivos de iluminação aéreos elétricos, desligando-os e desligando-os. Seria melhor funcionar uma rede para controlar todos os dispositivos elétricos de iluminação. Dessa maneira, a iluminação poderia ser controlada de todos os cômodos, ou da porta dianteira quando você chega em casa. A era do controle de ligar/desligar simples está passando, em todo o caso. Os dispositivos elétricos mais adiantados de iluminação a diodo emissor de luz requerem controles computarizados sofisticados. Podem ser ajustados para produzir qualquer cor, máscaras ou intensidade que você quiser, para seu gosto em todas as horas do dia. Você pode fazer um cômodo de um vermelho profundo um momento, amarelo ou branco no seguinte, e da luz do dia num terceiro[71]. No futuro nós teremos que devotar muitas horas a tais decisões vitais, apenas como nós devemos agora escolher entre milhares de tons diferentes da campainha de nosso telefone celular.

[71] Yunis, J., *TRADE SECRETS, Light That Swings Quick as a Mood*, in *New York Times*. 2004. Veja também as fotos em http://www.colorkinetics.com /, descrito no artigo. A cor pode ser variada porque as luzes são compostas de diodos emissores de luz azuis, verdes e vermelhos discretos. Realmente, as luzes produzem apenas uma sobre uma máscara mas o branco não é completamente puro, ainda. Diz que esse artigo se publicou em “Home & Garden” na seção tecnologia ou ciência.

6. Sinergia: Fusão a Frio Combinada com Outros Avanços

A fusão a frio será um estímulo para o avanço de muitas outras tecnologias. Serão desde aquelas bem estabelecidas e comercializadas, e outras que existem e ainda não estão suficientemente desenvolvidas, são protótipos. Até outras que ainda não existem e pode ser mesmo impossível, agora levar a cabo, mas que podem ser desenvolvidas acopladas à fusão a frio, que seria maravilhoso possui-las e incrivelmente úteis. Se existir meios de fazer avançar as máquinas, as pessoas se motivarão a realizar o trabalho.

Muitas tecnologias se tornarão custo-benefício efetivas e mais úteis com a fusão a frio. Isto é sinergia: "a interação de dois ou mais agentes ou forças, de tal forma que combinados produzem mais efeito que a soma de seus efeitos individuais." (dicionário *American Heritage*). Eis alguns exemplos:

Termoeletricidade

A fusão a frio produz calor. A maioria das máquinas necessitam eletricidade, portanto é necessário converter o calor em eletricidade. Podemos usar grandes turbinas a vapor, barulhentas, com geradores, mas uma pastilha termoelétrica seria uma solução mais elegante e atingiria o mesmo objetivo. Uma pastilha termoelétrica converte o calor em eletricidade sem partes móveis, a semelhança de uma pastilha fotovoltaica de uma calculadora que converte a luz em eletricidade. As pastilhas termoelétricas serão um "periférico" essencial á fusão a frio. Abrirão um imenso campo de aplicações que a fusão a frio sozinha não pode atingir, já que a maioria das máquinas usam energia mecânica ou elétrica e não calor. As pastilhas em uso hoje em dia não estão à altura da tarefa, possuem um rendimento de 5 a 10% somente. Está em progresso a melhoria delas e já se nota um progresso. Alguns protótipos se aproximam dos 20% de eficiência e alguns espertos acreditam é possível um rendimento de 50 a 80%. A realização da tecnologia da fusão a frio será um incentivo para este e outros desenvolvimentos que, no presente, não gozam de um ímpeto real de melhoria.

Produção em Escala Industrial de Isótopos Puros

A fusão a frio pode, em muitos casos, desencadear múltiplos efeitos sobre uma indústria ou mesmo um produto individual. Por exemplo, não só fará mais baratos os carros para operar mas também os fará mais seguros. As múltiplas interações de tecnologias pré-existentes e novas são complicadas de se antecipar. Por exemplo, a fusão a frio baixará os preços de separação de isótopos de alguns elementos. Hoje os isótopos são preparados em diminutas quantidades, principalmente em laboratórios nacionais e as amostras são vendidas a pesquisadores em lotes de gramas ou miligramas. Isto não é amplamente conhecido, mas as pesquisas mostram que diferentes isótopos do cobre possuem propriedades radicalmente diferentes, tais como melhor condutividade elétrica ou condutividade do calor.

Muitas técnicas de separação de isótopos são caras porque consumem grandes quantidades de energia. A fusão a frio reduzirá este custo, o que nos faz supor o desenvolvimento de indústrias inteiramente novas. A fusão a frio não só fará o cobre ordinário mais barato, mas

aparecerá cobre para propósitos especiais mais efetivo, pois permitirá a separação, em escala industrial, do cobre-63 do cobre-65.

Isótopos selecionados de silício fazem os semicondutores mais rápidos. No programa de defesa de míssis, Guerra nas Estrelas, o governo norte americano produziu amostras de chumbo-207, na esperança de que esse isótopo evitasse a detecção pelos foguetes de destruição por laser. (Não funcionou, mas afortunadamente o governo gastou só US$ 250 milhões nessa pesquisa particular antes de abandoná-la[72]). Contudo, fora do poderio nuclear e da indústria de armas nucleares, ninguém pensa em usar isótopos puros em escala industrial porque são muito caros.

O estanho é um elemento comum e custa cerca de US$ 1 o quilo. Mas uma amostra de estanho-112 custa US$ 100 uma grama e estanho-115 custa US$ 1.700 por grama[73]. O estanho pode ser comum, mas o estanho-115 é somente 0,34% do metal na natureza e é difícil de separar dos outros isótopos. Se as amostras macroscópicas do estanho-115 fossem baratas os pesquisadores poderiam descobrir que possui propriedades remarcáveis e valiosas. Não há como investigar o estanho-115 hoje em dia, porque mesmo achando que possui propriedades valiosas, o custo para consegui-lo é proibitivo para uso em larga escala.

Músculos Artificiais

Os assim chamados "músculos artificiais" ou polímeros eletroativos (electroactive polymers - EAP) estão em desenvolvimento. Imitam os músculos biológicos. Quando é aplicada energia elétrica a eles, se contraem, quando a energia é interrompida relaxam. Substituirão motores, mecanismos de transmissão, mancais e outras partes móveis problemáticas. Algum dia serão usados como dispositivos protéticos, corações artificiais, robôs, ornitópteros (máquinas que voam agitando as asas) e muitos outros dispositivos futuristas. A disponibilidade da energia da fusão a frio será um incentivo a seus desenvolvimentos. Não há muito que anotar no desenvolvimento de pernas protéticas versáteis e semelhantes ás naturais com músculos artificiais, já que o paciente não teriam onde alojar uma bateria de 10 quilos para fazer a perna funcionar, que teria que recarregar a cada quatro horas.

Diamantes Artificiais e Escavação

Um grande objeto de pesquisa tem sido conseguir-se diamantes artificiais, especialmente diamantes finos para lentes de óculos a prova de choques e para instrumentos de corte mais afiados e duradouros. Esta técnica ainda não apareceu, mas se tais lâminas forem perfeitas e comercializáveis, em conjunto com a fusão a frio traria enormes melhorias nos equipamentos de escavação. Combinando lâminas de diamante, fusão a frio e robôs melhorados poderemos fazer máquinas escavadoras com capacidades revolucionárias. Aproveitarão a alta densidade e a portabilidade da energia da fusão a frio, além de sua capacidade de operar sem oxigênio. Baixarão o custo dos materiais brutos de mineração e farão as construções subterrâneas muito mais baratas. Eventualmente, vastos projetos poderiam ser postos em subterrâneos, como rodovias, shoppings, armazéns, fábricas, tratamento de águas servidas e outras atividades. Alguns especialistas especulam que, mesmo com os recursos atuais, logo será mais barato construir sob o solo que sobre ele. Pondo um complexo industrial em subterrâneos ou mesmo sob

---

[72] Theodore Gray, *The Wooden Periodic Table*, http://www.theodoregray.com/PeriodicTable/Elements/082/index.html#sample14

[73] Preço da TASC Corporation no Japão, 1999.

o mar, certamente, seria um avanço sem estética. A fusão a frio representa uma tecnologia "verde" por excelência.

Se os instrumentos de corte com diamantes não aparecem, podemos encontrar outras maneiras para baixar os custos das escavações com quantidades massivas de energia a custo zero, talvez com laser de alto poder ou aquecimento intenso.

O movimento em larga escala de infraestruturas subterrâneas já iniciou nos Estados Unidos com a "Central Artery"/ "Tunnel Project" (ou "Big Dig") em Boston, Massachussets[74]. Infelizmente isto se tornou um fiasco. O custo avaliado entre US$ 2 bilhões e US$ 15 bilhões para somente 11,5 Km de rodovia e túneis está agora vazando e requer uma reparação extensiva. Como o "Channel Tunnel", era uma reviravolta da engenharia, mas um desastre econômico[75]. Apesar de tudo, isto prova que a engenharia subterrânea extensiva é possível. Eventualmente o custo de tais projetos se tornem mais prognosticável e muito mais baixo.

Na Suíça, onde as rodovias e ferrovias estão congestionadas, se está pondo séria atenção a uma proposta de se construir um sistema de trem subterrâneo que circularia em tubos a 500 Km por hora. Este projeto do metro Suíço seria eventualmente expandido a toda Europa[76]. O projeto é especulativo e futurista, mas no Japão, a escavação extensiva para ferrovias e túneis já é comum, e com a fusão a frio e robôs de escavação, o país começará a ser visto como um queijo suíço. No Japão os tramos de terra nivelada são raros e pequenos, as montanhas íngremes são comuns, assim há muitos túneis ao longo das estradas e das ferrovias, e os complexos de shopping subterrâneos são construídos freqüentemente como parte das estações de trem. Os viajantes com bilhete mensal evitam o tráfego de automóveis e ônibus denso da cidade que convergem na estação. Permanecem protegidos da chuva em diversos galpões, e podem comprar no shopping o mantimento como em casa. São também seguros em terremotos, que são comuns no Japão. Parece paradoxal, mas as ondas sísmicas de superfície dos terremotos não afetam a construção subterrânea. Quando um terremoto de 7,1 golpeou São Francisco em 1989, algumas das pessoas no metro de BART e que esperavam nas estações não o sentiram. Com a fusão fria oito estradas da pista poderiam ser construídas no subsolo, quatro pistas norte no nível superior, quatro pistas sul abaixo daquelas.

O problema o mais grande será retirar a rocha escavada. Os japoneses fazem isto jogando-a no oceano e na baía de Tóquio, que é destrutiva. Nivelaram montes e montanhas pequenas fora de Osaca para construir um aeroporto internacional novo no meio da baía. Os líderes japoneses propuseram esquemas grandiosos para nivelar 20% das montanhas do Japão, sobre 75.000 quilômetros quadrados, "despejam-nas no mar para criar uma quinta plataforma do tamanho de Shikoku."[77]. Infelizmente, a energia ilimitada fornecida pela fusão a frio realçará nossa habilidade de cometer erros colossais e o dano ambiental terá livre curso.

Os túneis automobilísticos são descritos em detalhe no capítulo 17.

---

[74] Central Artery/Tunnel Project, http://www.bigdig.com/
[75] Pym, H., *BBC Analysis: Eurotunnel's money troubles*, http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/3472955.stm
[76] O sistema de transporte, Swissmetro/Eurometro http://www.swissmetro.com/
[77] Kerr, A., *Dogs and Demons: Tales from the Dark Side of Modern Japan*. 2001: Hill and Wang, p. 234.

Inteligência Artificial

Apesar dos enormes investimentos, muitos aspectos das aplicações da ciência da computação moderna – particularmente a robótica – não fizeram muitos progressos. A inteligência artificial nunca foi desenvolvida de maneira convincente e portanto tão pouco existe um robô realmente autônomo. O DARPA do departamento da defesa dos Estados Unidos anunciou extensamente um grande desafio o " Grand Challenge 2004" corrida de 300 milhas de veículos não pilotados autônomos (automóveis e motocicletas). Se suspendeu todo tráfego da estrada restante. Os robôs não tiveram que tratar com outros veículos, chuva, ou escuridão. O DARPA relatou laconicamente: "nenhuma entrada da equipe terminou com sucesso na rota designada para o grande desafio 2004[78] do DARPA." Realmente, nenhum veículo conseguiu caminhar nem mesmo uma milha sem sair fora da estrada ou confundir uma sombra com um objeto que obstruia o caminho, recusando-se ir mais adiante. Após 40 anos de pesquisa intensa em inteligência artificial e robótica, isto era o melhor que poderíamos fazer.

Um ano mais tarde, o 2005 Grand Challenge teve uma dramática melhoria[79]. O veículo de Stanford terminou o percurso em 6 horas e em 53 minutos. Quatro das cinco outras equipes terminaram o percurso em menos de 10 horas. Sobretudo, a inteligência artificial não pode ter melhorado muito em um ano, mas os coordenadores resolveram problemas específicos para ganhar esta corrida. Mesmo que a inteligência de propósitos gerais não emergir nas décadas vindouras, parece que nós aprenderemos a fazer robôs que podem reconhecer, agarrar e carregar objetos, movendo-se ao redor de si, compreendendo comandos simples vocalisados, e executar tarefas caseiras. A inteligência de propósitos gerais permitiu, presumivelmente, a um robô aprender a fazer estas coisas por si, em vez de esperar os engenheiros desenvolverem estas potencialidades uma de cada vez.

Outras formas de inteligência computacional e de robôs foram bem sucedidas. Os computadores podem bater os maiores campeões do mundo em xadrez. Pequenos aviões robôs autônomos voaram da Austrália aos Estados Unidos, mas ninguém é tão intrépido como para comprar um bilhete para passear num deles. O avião com controle remoto é mais comum e confiável, foi usado com sucesso em vigilância militar.

Com ou sem inteligência de propósitos gerais, as descobertas principais em robótica são inevitáveis e um dia serão comercializadas. Além disso, devemos ter em mente que não necessita de muita inteligência para navegar no mundo real e executar tarefas simples. Os animais tais como abelhas, ratos, morcegos e galinhas podem fazer isto. Porém por surpreendentes e complexos que seus cérebros possam ser, eventualmente nós aprenderemos bastante sobre a biologia e computação para emulá-los e fazer "computadores com cérebro de aves"- computadores de classe. São descritos no capítulo 10.

---

[78] The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), http://www.darpa.mil/
[79] DARPA Grand Challenge, http://www.darpa.mil/GRANDCHALLENGE/index.html

7. Padrões De Transformação

A fusão a frio desencadeará mudanças sem precedente. Creio que os únicos avanços comparáveis foram a descoberta do fogo, a linguagem ou a agricultura na pré-história. O século XIX era o de maiores da mudanças e inovações na história. Trouxe os motores de vapor, estradas de ferro, telégrafos, telefones, saneamento, anestésicos, iluminação elétrica, motores, automóveis e muito mais. (em minha opinião estes tiveram um impacto mais profundo na vida das pessoas do que as invenções do século XX.) Porque a energia é fundamental a cada aspecto da tecnologia, e todas as máquinas usam a energia, a fusão a frio finalmente por desencadear tantas mudanças sociais quanto as grandes invenções do século XIX o fizeram.

Mesmo que a fusão a fria tenha um impacto maior que as revoluções técnicas precedentes, a história daquelas revoluções tem ainda muito que ensinar-nos. Os povos reagem à mudança de formas previsíveis. Embora nenhuma inovação na história moderna teve oposição tão feroz de pessoas educadas quanto a fusão a frio, as descobertas e as reformas precedentes desafiaram a sociedade, causaram o rompimento e a oposição, e requereram investimentos tremendos de dinheiro e de forças produtivas. A história oferece indícios úteis sobre como a transformação do combustível fóssil à fusão a frio pode ocorrer. Este capítulo descreve alguns destes padrões de transformação.

1. O Novo Imita O Antigo Em Primeiro Lugar

Os primeiros automóveis pareciam carruagens sem cavalos. Os primeiros automóveis a fusão a frio parecerão com os modelos de hoje a gasolina. Terão o mesmo corpo, pneus, controles e eletrônica. Anos há, os automóveis tiveram muitas formas e tamanhos diferentes, mas graças aos regulamentos e à aerodinâmica de segurança, todos parecem mais ou menos idênticos agora. Com a fusão a frio, os projetos aerodinâmicos continuarão a ser usados porque fazem os carros mais fáceis de dirigir, não porque economizem combustível.

Os primeiros geradores a fusão a frio assemelhar-se-ão também aos modelos de hoje a combustão. O projetista removerá a caldeira a carvão, po-la-á numa fonte de calor da fusão a frio, e deixará outros componentes inalterados. Os engenheiros preferem projetos que funcionem por tentativas; inovar somente quando têm que fazê-lo.

Os calefatores a fusão a frio se unirão aos mesmos dutos e radiadores de hoje a gás. Serão sujeitos às mesmas leis de segurança. Os geradores elétricos serão conectados à caixa de fusíveis por onde a linha da companhia de eletricidade entra.

A nova tecnologia começa freqüentemente como uma re-colocação uma por uma do velho. Os materiais novos às vezes literalmente são alternativos dos anteriores, como o ferro em navios de madeira do século XIX:

A prática era ter uma peça de ferro similar a cada parte de madeira. . . Muitos donos de navios foram prejudicados com o ferro, e assim antes que pudesse ser inteiramente adotado houve uma fase intermediária do navio composto, em que quadros e placas de união eram de ferro e usadas com placas e tábuas de madeira. . .[80]

[80] Baker, W., *The Lore of Ships*. 1963: Holt, Rinehart and Winston, “The Hull,” p. 19.

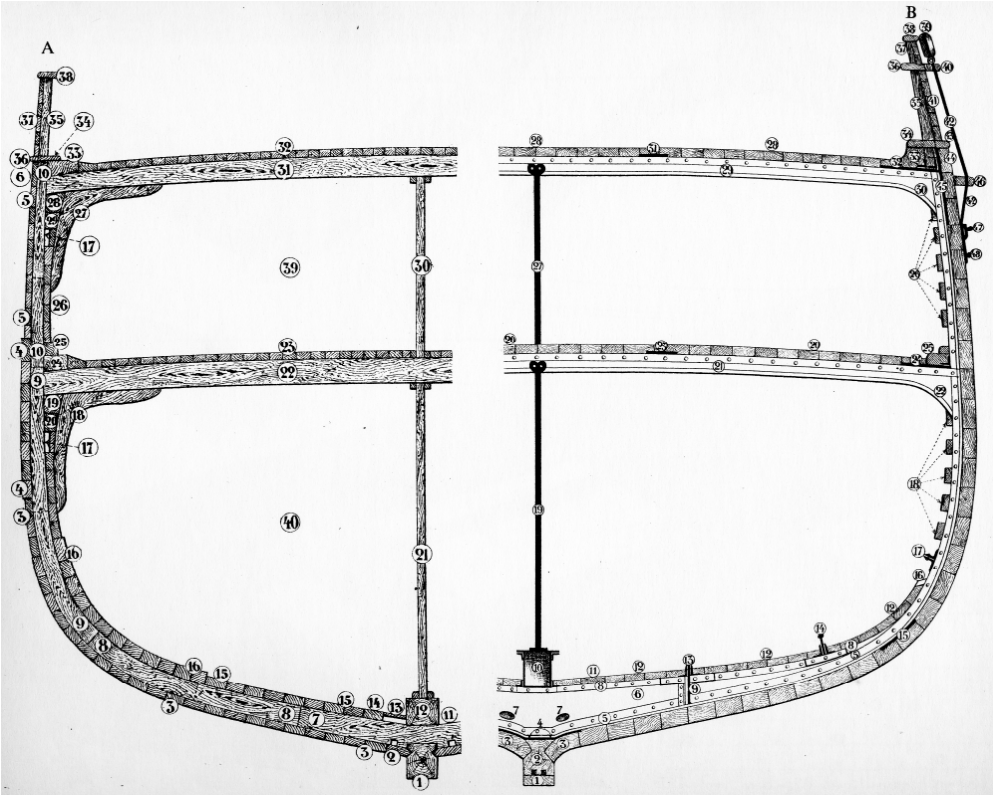


Figura 7.1. Seção transversal de um casco de madeira (esquerda), e um casco do século XIX incorporando algumas partes de ferro (direita). De Baker, W., *The Lore of Ships*. 1963: Holt, Rinehart e Winston, "O casco" p. 27.

A tecnologia nova freqüentemente imita formas mais antigas, mesmo quando trabalharia melhor se não o fizesse . Os jarrões de argila chineses mais antigos foram imitavam cestas tecidas, mesmo que seja muito mais fácil fazer jarros de argila lisos parecendo argila. Os primeiros objetos plásticos de uso doméstico foram feitos parecidos aos de madeira ou vime e outros materiais tradicionais. Finalmente nos anos 1960 as cadeiras plásticas começaram a parecer como plástico. Nos anos 1970 eu vi uma demonstração de um processador de palavras adiantado. A tela foi projetada para o fazer semelhante a uma máquina de escrever. O texto novo aparecia somente na linha inferior da tela; o cursor não se movia pela tela. Para mudar de linha tinha que "rolar" o texto para baixo, como uma folha de papel imaginária. Com ingenuidade e esforço extra, as limitações do velho foram impostas no novo. O vendedor explicou que este faria as secretárias sentirem-se em repouso com a máquina. Os quadros de controle de uma planta geradora de energia elétrica têm os controles desnecessariamente grandes construídos à moda antiga dos interruptores para pressionar contatos elétricos pequenos. Nas plantas mais antigas estes controles tiveram que ser grandes porque foram conectados mecanicamente ao equipamento que atuavam. Um estudo oficial concluiu que este era um dos fatores que contribuia para acidentes. " Valioso espaço de controle é desperdiçado - e outros controles são postos fora do alcance dos operadores - pelo tamanho exagerado dos controles."[81]

[81] Ford, D., *Three Mile Island*. 1982: Penguin Books, p. 115

Os primeiros dispositivos de fusão a frio parecerão provavelmente desajeitados e obsoletos após alguns anos. Por exemplo, um aqucedor de água requererá uma eletrônica de controle de baixa potência. Depois que os projetistas começarem a usar a fusão a frio, fornecerão rotineiramente tais coisas com uma bateria termoelétrica a fusão a frio, mas os primeiros calefatores serão, provavelmente, ligados à corrente alterna da casa, na suposição que as casas sempre terão fios e energia elétrica, não há nenhum inconveniente encontrar uma tomada, e não importa se a água quente parar durante uma falha da energia. Mas a própria fusão a frio eliminará eventualmente a fiação da casa, e as pessoas no futuro não tolerarão as falhas de energia que interrompem seus chuveiros.

Os primeiros modelos de máquinas serão baseados às vezes em suposições sobre como os trabalhos cotidianos, deve trabalhar, ou usadas para trabalhar, mas estas suposições não fazem nenhum sentido no contexto da nova máquina. Alguns dos primeiros automóveis luxuosos tiveram um compartimento incluído para os passageiros na parte traseira, mas a seção dianteira onde vai o chofer era protegida somente por uma cobertura de lona, que expunha o chofer e o volante e outros controles à intempérie. Assim era feito porque os cocheiros das carruagens iam fora dela, e os projetistas sentiram, aparentemente, que assim deveriam ser as coisas. Ao examinar outra vez o problema, perceberam as limitações e os problemas do velho no novo. Os automóveis luxuosos foram feitos então (como o são hoje) com um único compartimento incluíndo o chofer e os passageiros, com uma janela de vidro entre eles.

Os engenheiros que planejam as novas técnicas encontram freqüentemente muitos problemas a resolver, problemas que não necessitam solução. Um projeto primitivo de locomotiva colocou espigas nas rodas de tração, com os furos espaçados com cuidado nos trilhos abaixo. Os projetistas pensaram de que as rodas de aço lisas patinariam nos trilhos, em vez de empurrar a locomotiva longitudinalmente, assim que adicionaram as espigas para golpear os trilhos. Não perceberam que o tremendo peso da locomotiva criaria bastante fricção para impedi-la de patinar. Estes projetistas não estavam completamente errados; o problema ocorre, embora sua solução foi pouco prática. As rodas de tração das locomotivas às vezes não teem a tração necessária, especialmente quando os trilhos estão revestidos com gelo, molhados ou cobertos por vegetais. As locomotivas carregam areia, que se deixa cair sobre os trilhos para melhorar a tração. As locomotivas modernas são equipadas com controle eletrônico complexo e sensores de que estabelecem a quantidade certa de torque para cada eixo das rodas de tração para as impedir de patinar e assegurar a operação mais econômica. Depois que os projetistas ganhem experiência usando uma máquina no mundo real, abandonam "características supérfluas" e problemas inexistentes. As máquinas de segunda geração tendem a ser mais elegantes e mais econômicas.

7. Padrões De Transformação

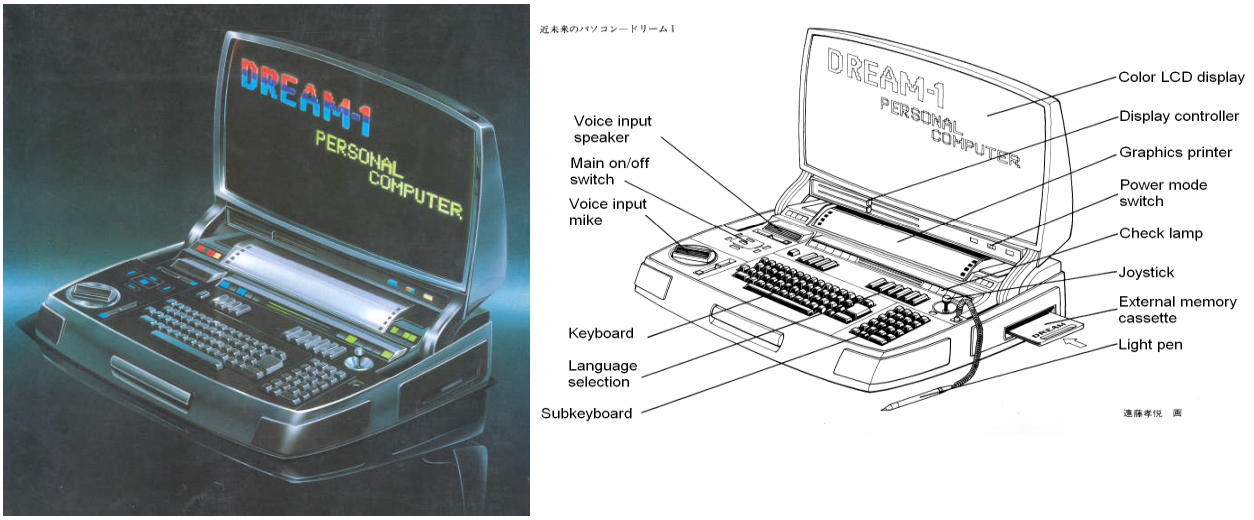


Figura 7.2. O computador Dream-1 imaginado por *Nikkei Saensu* (edição Scientific American, Japanese) , número especial dedicado aos computadores pessoais, Junho de 1981; capa e página 2 (traduzida).

Figura 7.2 mostra um "Dream-1" "computador pessoal do futuro próximo" como imaginado pelos editores da edição japonesa da revista Scientific American em 1981. Fizeram uma lista das características desejáveis, e apareceu o computador portátil acima que inclui um joystick, chaves de controle obscuras, um microfone giratório gigante para a modalidade de entrada de voz (à esquerda), light pen, cassete e uma impressora gráfica interna. Como o projetista da locomotiva que pôs espigas sobre as rodas de tração, não souberam o que compor, o que seria necessário, ou que método de entrada seria popular, assim que apostou em tudo. Não lhe ocorreu que as pessoas com computadores portáteis não poderiam usar muito a impressora, ou se necessitassem imprimir algo quando em viagem, poderiam entrar num cibercafé e usar uma impressora de computador. A máquina tem também muitos controles estranhos e super dimensionados, tais como os dois "controles deslizantes de exposição" sob a tela (provavelmente para o brilho e o contraste), e do "interruptor de ligar" que seleciona provavelmente entre a bateria e a corrente alterna externa. Os controles da tela podem ser muito menores, e o computador pode decidir se usa a rede ou deve usar a bateria interna.

Embora os editores japoneses empilhassem muitas características inúteis em seu computador imaginário, numa discussão posterior ficou claro que não puseram uma característica crítica que foi introduzida alguns anos depois que este documento foi publicado. Os editores e os peritos decidiram que os computadores nunca poderiam exibir caracteres japoneses kanji, porque ocupam demasiado espaço da RAM e do disco, e são demasiado difíceis e sutis para serem postos em computadores. Por volta de 1985, todos os computadores japoneses traziam todos os caracteres japoneses e sua entrada era automática. O computador traduz a entrada do teclado e seleciona o caracter correto. Por volta de 1995 todos os computadores com o Microsoft Windows não só podiam admitir na entrada japonês, mas também chinês (que tem muitos mais caracteres do que o japonês moderno), o árabe, o hebraico, o russo e dúzias de outras línguas. Em retrospectiva é óbvio que os editores não consideraram a habilidade de mostrar seu próprio sistema de escrita, uma característica essencial, porque todos os profissionais no Japão usa hoje processador de palavras. Alguns anos depois que a fusão a frio se torne comum, as pessoas considerarão muitas de suas características essenciais à vida diária,

incluíndo umas que não existiam previamente. Queirão saber como puderam antes viver sem ela, apenas como nós queremos saber como nós vivíamos sem E-mail e Internet.

Os primeiros equipamentos a fusão a frio, provavelmente terão muitas soluções deselegantes aos problemas novos, e muitas características estranhas que só são necessárias com gasolina perigosas e inconvenientes de hoje e equipamentos elétricos.

2. O Equilíbrio Acentuado De Gould

Às vezes, as soluções aos problemas antigos, de tempos idos, subsistem a novas técnicas. O teclado QWERTY da máquina de escrever foi inventado para manter as teclas da máquina de escrever de forma a permitir às pessoas datilografarem rapidamente. Foi obsoleto durante um século e outras disposições fariam datilografar mais rápido e mais fácil. Stephen J. Gould descreveu o QWERTY como "drasticamente sub-ótimo"[82]. Atribuiu sua sobrevivência a dois mecanismos evolucionários básicos: contingência e incumbência. A contingência é o resultado "de uma longa corrente de antecedentes imprevisíveis". A incumbência significa simplesmente começar lá primeiramente. Sendo o primeiro para ocupar um nicho, onde não haja nenhuma competição. A incumbência "reforça a estabilidade de um caminho uma vez que pequenos impulsos primitivos da flexibilidade a uma seqüência canalizando firmemente". Gould dá um exemplo: "os políticos sub-ótimos prevalecem freqüentemente quase para sempre uma vez que ganham o posto e agarram as rédeas do privilégio, do apadrinhamento, e da visibilidade". Isto conduz à premissa para a teoria do equilíbrio acentuado de Gould: "Equilíbrio estático é a norma para sistemas complexos; muda, quando provocado, é geralmente rápido e episódico." Parece provavelmente que a comutação à fusão a frio seguirá este teste padrão: nada acontecerá por muito tempo, e então a mudança ocorrerá rapidamente em todo o mundo.

A transição dos carros a gasolina aos carros a fusão a frio será um exemplo particularmente claro do equilíbrio acentuado. Toma um longo tempo por em marcha a manufatura um carro novo (o equilíbrio é a norma). Os carros são parte de um sistema muito maior, das refinarias, dos postos de gasolina, estradas, sinais de tráfego e assim por diante (um sistema complexo). Mas uma vez que os modelos a fusão a frio estejam em venda, haverá uma pressão grande pelos consumidores para comprá-los (será um evento rápido e episódico). Depois que um quarto dos carros na estrada forem a fusão, os postos de gasolina começarão sair do negócio em massa, porque operam com pequenas margens de lucro. Nos choques de preços do petróleo dos anos 1970, quando o consumo caiu alguns por cento, muitos postos de gasolina saíram do negócio. Tornar-se-á mais e mais inconveniente ao proprietário um carro a gasolina. Sairão logo de produção, e as peças de reposição tornar-se-ão difíceis de encontrar. Os mecânicos novos não saberão reparar os motores a gasolina. Na Califórnia, as leis anti-poluição serão emendadas para proibir carros a gasolina. Atlanta, New York e outras cidades grandes seguirão. Os motoristas que resistirem estarão forçados a substituir prematuramente a frota de automóveis, antes que desgaste. Após dez anos somente um punhado de pessoas queirá comprar um carro a gasolina. Haverá provavelmente diversos postos de gasolina abertos para o negócio nas principais cidades porque até hoje há estábulos de cavalos.

[82] Gould, S. *Bully for Brontosaurus.* 1991: W. W. Norton & Company, p. 69

3. Primeiro um brinquedo, Depois Uma Luxúria, Então Uma Necessidade

Quando uma máquina é introduzida primeiramente, é freqüentemente um brinquedo de alta tecnologia para hobi e dispositivos que as pessoas apreciam brincar com frivolidade, novidades instáveis e inúteis, tais como o automóvel em 1900 ou o computador pessoal em 1977. Os primeiros computadores pessoais eram brinquedos excessivamente caros, sem discos ou mesmo monitores de vídeo em alguns casos. Os primeiros automóveis eram brinquedos para homens novos ricos com talento para o conserto em estradas.

Mais tarde, a máquina transforma-se num artigo luxuoso. É ainda exorbitantemente cara, mas de maior confiança. Não mais requer um perito para operá-la. Tem vantagens sobre a tecnologia mais velha. Por volta de 1905, os automóveis podiam ser operados por pessoas sem treino. Eram mais rápidos do que os cavalos, razoavelmente confortáveis e resistem à prova.

A máquina então é melhorada, faz-se segura e à prova de idiotas. Transforma-se numa necessidade a muitas pessoas. O automóvel incorporou este estágio em 12 de agosto de 1908 quando Ford introduziu o modelo T por US$ 850[83]. Os computadores pessoais incorporaram gradualmente este estágio no início dos anos 1980.

Finalmente, o custo da máquina cai dramaticamente, e torna-se assim de confiança o que substitui a versão mais antiga. A população de cavalos dos Estados Unidos teve seu ponto alto em 1929 e declinou rapidamente em seguida[84]. Em algum momento ao redor de 1992, os computadores se espalharam por todos os negócios. A contabilidade manual com livros escritos à mão transformou-se numa arte perdida. Assim como uma máquina passa por estes estágios, as atitudes sociais para com ela mudam de maneira previsível. No começo as pessoas a atacam como elitista ou desprezível ou como pouco prática. ("Adquira um cavalo!") Mais tarde, não podem imaginar como viver sem ela. Frederick Lewis Allen descreveu a transformação. Em 1906, Woodrow Wilson disse, "Nada espalhou o sentimento socialisante neste país mais do que o automóvel." Disse que ofereceu, "um retrato da arrogância da riqueza." Por volta de 1925, uma mulher de baixa renda em Muncie, Indiana, disse a um pesquisador social: "estaríamos melhor sem roupa do que sem carro." Outros disseram "fico antes sem alimento do que sem carro." O entrevistador perguntou à esposa de um fazendeiro porque sua família teve um modelo T da Ford mas nenhuma banheira. Ela respondeu: "você não pode ir à cidade numa banheira!". Allen chamou a isto "uma canção apropriada do tema da revolução do automóvel[85]."

A fusão a frio assemelha-se a outras descobertas fundamentais tais como estradas de ferro, automóveis e microprocessadores, mas a comparação não deve ir mais longe. Seria um erro supor que um capitalista de risco admita que o crescimento da fusão a frio se assemelhará ao do computador. Há muitas diferenças práticas entre eles que farão as estratégias de negócio completamente diferentes, como o fato que a fusão a frio necessitará testar exaustivamente a

---

[83] Microsoft Bookshelf CD, *The People's Chronology*, 1992: Henry Holt and Company.

[84] Minha única fonte disto é a re-coleção de minha mãe de um curso de pós-graduação em economia na Universidade de Cornell em 1939. A tese principal do professor, que repetiu com freqüência durante o semestre, era que a mudança de cavalos para os automóveis causou um desemprego massivo. Disse que isto foi a causa principal da grande depressão.

[85] Allen, F., *The Big Change: America Transforms Itself: 1900-1950*. 1952: Harper & Brothers. Chapter 8, "The Automobile Revolution"

segurança, e os calefatores de água a fusão a frio das diferentes companhias podem parecer e funcionar completamente diferentes, visto que os computadores não têm nenhum valor a menos que aderirem firmemente a um, ou como muito a dois, padrões técnicos. (Devem ser compatíveis com o PC ou com o mac.).

Há historicamente aspectos únicos à fusão a frio que a põem aparte das descobertas precedentes. É tão inusitada, surpreendente e inexplicável, que a maioria dos cientistas e de engenheiros se recusam a acreditar que possa ser real. A maioria das descobertas precedentes não surpreenderam os peritos. Somente o raio X surpreendeu todos, peritos e leigos igualmente. As estradas de ferro, por exemplo, eram uma extensão direta dos canais e caminhos de mineração, que tinham usado trilhos de madeira desde o século XVI[86]. Antes que a primeira estrada de ferro foi construída, os construtores de canais já sabiam fazer uma boa base para as estradas de ferro. Um computador pessoal é essencialmente um minicomputador de 1979 com um sistema operacional implantado ostentoso mas precário. Os programadores em 1979 podiam dominar computadores pessoais em algumas horas e hoje em dia os computadores pessoais não têm nenhuma função ou potencialidade que confundiriam um programador dessa era. Poderiam ficar impressionados principalmente porque têm muita memória, e um software muito intrincado, que é claramente o produto dos milhares de anos homem de trabalho esmerado. Mas tal intrincação não é incomum. Os edifícios de Nova York, da terra de Iowa, e dos livros postos na biblioteca do congresso refletem também a complexidade imensa e os esforços de muitos povos.

Minha suposição é que estas características originais significam que as corporações e as instituições fora das principais serão as primeiras a desenvolver a fusão a frio. As corporações de energia de hoje não terão provavelmente quase nenhum papel. O novidoso do efeito criará um tipo da barreira psicológica: as companhias grandes, estabelecidas encontrarão difícil de se verem nos apertos com a escala de mudanças. Não poderão ser capazes de mudar seus métodos de engenharia e de comercialização rápida o bastante para enfrentarem o desafio. As companhias estabelecidas de energia de combustíveis fósseis terão a dificuldade em se incorporarem ao mercado de produtos a fusão a frio por uma razão simples e estritamente prática: não têm nenhuma qualificação relevante. A energia da fusão a frio será construída em maquinaria própria. O combustível estará incorporado no dispositivo apenas como está numa pilha seca. As companhias com experiência em construir equipamentos de aquecimento, fornalhas e radiadores de calor de edifícios terão os tipos das habilidades necessárias para fazer pilhas a fusão a frio. As companhias de combustíveis fóssil que perfuram poços de petróleo ou minas de carvão não .

Os microprocessadores são dispositivos os mais versáteis jamais inventados. São usados em caixas registradoras, em motores de automóveis, em elevadores, em naves espaciais e em incontáveis outras máquinas. São agora onipresentes, mal percebemos quando estão numa escova de dentes elétrica ou num cartão de natal musical. Apesar disto, os microprocessadores não criaram a quantidade pasmosa de categorias novas de máquinas como a fusão a frio fará, e a maioria das funções que tomaram, como controlar elevadores, foram feitas previamente e razoavelmente bem com dispositivos análogos. Nossas casas, automóveis, cozinhas e outros artefatos do trabalho cotidiano faz-nos ver a vida diária muito semelhante como a víamos em 1970. (Apesar de que os escritórios se vejam diferentes e mal se reconheceria o interior de um

[86] Cardwell, D., *The Norton History of Technology*. 1995: W. W. Norton & Company, p. 65

telefone ou de um observatório.). A fusão a frio terá provavelmente mais impacto direto na vida diária das pessoas, especialmente no terceiro mundo.

4. Tecnologia Obsoleta Remanescente

A língua de programação COBOL é obsoleta, mas pode subsistir outros 20 anos. É um exemplo de uma tecnologia com uma "cauda longa".

As locomotivas do vapor são obsoletas desde os anos 1930, mas são usadas ainda na China. São de baixa tecnologia, fáceis de reparar. Mas queimam três vezes mais combustível do que os motores diesel ou elétricos, requerem muito mais manutenção para cada hora que estão em movimento e emitem muita poluição. Seria melhor para todos se fossem substituídas com os trens elétricos, movidas a carvão ou a energia nuclear, é por isso que o governo chinês está comprando agora Shinkansen trens elétricos japonêses de alta velocidade.

A disposição básica do motor da locomotiva a vapor foi aperfeiçoada por volta de 1840, e não mudou muito a seguir. Os pistões estavam na parte dianteira; o vapor e a fumaça eram forçados através da chaminé. Por 1910, os projetistas poderiam desenvolver uma turbina a vapor para as locomotivas similares aos motores marinhos que tornam-se então populares. Isto seria mais eficiente. Mas preferiram os motores diesel. Esta é a marca que distingue a tecnologia obsoleta: não é melhorada mesmo quando a ciência subjacente melhora. É deixada atrás. Aparentemente, em 1910, os projetistas sentiram que uma locomotiva a turbina não merecia o custo de desenvolvimento.

Os navios estavam obsoletos por volta de 1850. Foram construídos em grande número até os anos 1870. Muitos estavam ainda em uso antes da primeira guerra mundial, e havia ainda alguns no comércio atlântico nos anos 1930. Mas por 1910 sua contribuição total à economia era pequena. Sua tonelagem de carga era provavelmente insignificante, e não carregavam passageiros.

As locomotivas, os navios e o COBOL compartilham de uma característica comum que explique seu longevidade. São caros. São investimentos a longo prazo. Não se pode jogar fora apenas porque algo melhor surgiu. São "tecnologias de mudança lenta".

A tecnologia obsoleta lentamente muda e freqüentemente dá um salto abrupto quando uma crise ou uma mudança repentina no mercado ocorre. A primeira guerra mundial era o sopro final para os navios. Não podiam prosseguir. As centenas de manufaturas dos Estados Unidos e da Grã Bretanha de navios a vapor tinham construído freneticamente navios baratos, assim lá era saciado o mercado de transporte após a guerra. Os navios economicamente marginais não tiveram por muito mais tempo um papel. Muitos programas em COBOL foram substituídos durante a crise da data no ano 2000. Alguns foram remendados o que significa que os programas manter-se-ão trabalhando por uns 10 ou 20 anos antes que uma segunda revisão seja necessária. Eventualmente, as últimas aplicações restantes de COBOL quando apareça uma outra crise ou mudança drástica nos computadores, como uma melhoria grande em processamento paralelo em massa, ou inteligência artificial.

A crise final para a indústria de petróleo pode ser um derramamento de algum navio petroleiro ou uma explosão. Uma vez que a indústria incorpora um declínio, as companhias querem provavelmente restringir a manutenção, e não comprarão o equipamento novo, até que

um acidente do equipamento o dilapida e torna-se mais provável sua troca. Após um acidente sério, o público exijirá que a companhia cesse suas atividades, e todas as aplicações restantes com o petróleo, tal como matéria prima dos plásticos, serão substituídas com a fusão a frio por maquinaria que converta o carbono e o hidrogênio em hidrocarbonetos. A crise final para as companhias de energia será provavelmente um furacão que destrua uma linha de alta tensão. Os grandes geradores centrais a gás, as represas hidrelétricas, e as turbinas eólicas com décadas de vida útil serão deixados até se desfazerem, porque não valerá a pena o dinheiro para reparar a rede e para os reconectar aos clientes, e porque a maioria de clientes terão seus próprios geradores de qualquer maneira. O maior problema será o dos reatores a fissão de urânio abandonados devido à bancarrota das companhias de energia.

A nível do lar, um automóvel é a despesa principal. Mesmo que o preço da gasolina vá acima de dois dólares, as famílias mais humildes não têm recursos para substitui-los de um dia para o outro. Devem esperar até que os carros desgastem por completo, que toma de cinco a 10 anos. Os dispositivos domésticos duráveis tais como calefatores e refrigeradores duram geralmente ao redor de 15 anos. Os calefatores e as escadas rolantes de um shopping duram por 30 anos, e muitos deles ainda estarão sendo postos em marcha muito tempo depois que a fusão a froo comece. Os trens da estrada de ferro de Shinkansen duram aproximadamente 20 anos, e será necessário um longo tempo para projetar os novos movidos a fusão a frio, assim que pode ser que 30 ou 40 anos depois da introdução da fusão a frio algumas dos trens elétricos externamente energisados à moda antiga do Shinkansen ainda estejam operando, e algumas hidrelétricas , geradores a gás ou as plantas nucleares de 1.000 megawatts serão ainda necessárias. Após 40 anos, quando estas plantas estiverem caindo aos pedaços, os últimos trens de Shinkansen do velho estilo serão substituídos por modelos a fusão a frio.

5. Porque A Transformação Será Rápida Uma vez Começada Subrepticiamente

Alguns peritos predisseram que uma transformação à fusão a frio tomaria 50 anos, como a propagação da eletrificação, dos telefones, dos automóveis e dos computadores. Eu acredito que uma vez que os produtos comerciais se tornem disponíveis, a transformação será muito mais rápida. A fusão a frio não requererá uma infraestrutura nova como os telefones e os automóveis , e será muito mais barato do que os computadores que se vendiam nos primeiros 30 anos de seu desenvolvimento. A maioria de dispositivos acionados pela fusão a frio serão artigos de consumo tais como aquecedores de água, assim que o ritmo da mudança será governado pelas decisões feitas por consumidores ordinários – compradores de objetos domésticos.

Imagine uma manhã que você encontre seu porão cheio de água de um aquecedor de água quebrado. Você fecha a torneira, seca-o, e vai comprar um novo. Você seleciona um rapidamente, ali mesmo, porque necessita a água quente. Sua decisão não é aprovada por um comitê, e o dinheiro não é votado por um ato do congresso. Quando um avião ou um alto-forno deve ser substituído, as decisões, o planejamento, e as aprovações podem demorar anos.

Você encontra três tipos para a venda: a fusão a frio, elétrico e a gás. Eles todo custam aproximadamente US$300. (como indicado no capítulo 2, a fusão a frio não requer materiais especiais ou manufatura rara, difícil ou precisa, assim não há nenhuma razão porque deva custar mais.)

Que modelo você escolherá? Os modelos a gás e os elétricos custarão de US$200 a US$400 por o ano para operar. O modelo a fusão a frio não custará nada. Todos os três terão a mesma garantia, e serão testados por agências do governo para segurança do consumidor e certificados por Underwriters Laboratório (um consórcio da companhia de seguro - nenhuma loja nos Estados Unidos venderá produtos sem um selo do UL de aprovaçã0). Talvez no início, os clientes tímidos podem hesitar em comprar uma nova tecnologia, mas logo todos os clientes selecionarão a fusão a frio. Os modelos a gás e elétricos serão desprezados, e retirados de produção. Vender um aquecedor de água a gás seria como tentar vender um toca discos vinílicos.

Quando você fizer sua escolha, os milhões de outros clientes através do mundo também estarão escolhendo modelos a fusão a frio. No passado, em países atrasados e em distritos rurais, as pessoas compravam máquinas obsoletas, mas hoje em dia não há nenhum retardo. Quando você visita uma cidade pequena em Pensilvânia, ou uma vila no Japão, não deve se surpreender encontrar em toda parte uma loja de computadores e antenas parabólicas. Assim que os modelos velhos deixem de ser produzidos, todos terão que escolher a fusão a frio, quer queiram ou não. O mercado pode ser um tirano, forçando escolhas impopulares e coisas obscuras. As principais lojas de eletrônica já abandonaram os vídeo cassetes VHS. As pessoas logo terão milhões de fitas inúteis que desordenam suas prateleiras. Um cozinheiro pode querer usar um forno e um fogão a gás. Cozinhar é uma arte, e os cozinheiros preferem freqüentemente as ferramentas a que estão acostumados. Infelizmente, o mercado atropelará isto também, porque a companhia de gás irá a falência. Para cozinheiros, joalheiros e escultores intransigentes que insistem na necessidade de um fogo a gás para conseguir um efeito correto, haverá provavelmente fornecedores especializados em gás engarrafado, ou as máquinas a fusão a frio decomporão a água em hidrogênio e oxigênio com um produto químico adicionado para fazer a chama visível. Como Arthur Clarke diz, a humanidade nunca para completamente de usar uma ferramenta. Em Atlanta, você pode ainda comprar sacos de carvão de serapilheira para cozinhar e aquecer-se. Mas encontrar e usar ferramentas obsoletas é trabalhoso.

A transformação para a fusão a frio será rápida porque o ritmo será ajustado por consumidores individuais, não por agências de governo ou por executivos incorporados. Os executivos incorporados imaginam às vezes que são os líderes e os responsáveis pelas decisões, mas realmente são escravos dos caprichos de seus clientes. Todo o poder se encontra nas mãos dos consumidores, especialmente com os artigos tão baratos e usados tão extensamente quanto aquecedores de água.

6. O Cerne Da Tecnologia

A fusão a frio permitirá muitas máquinas novas e os periféricos a ser usados com a fusão a frio, os microprocessadores que permitiram discos rígidos pequenos, as impressoras, os monitores de LCD e outros dispositivos periféricos. Os microprocessadores foram usados primeiramente para construir computadores primitivos para amadores, que não tiveram nenhum monitor, teclado, impressora ou disco duro, mas somente diodos emissores de luz vermelha piscando. Mais tarde, uns computadores ligeiramente mais avançados tiveram teclados e monitores tirados de televisões, e os programas gravavam em fita cassete, que era aproximadamente de tanta confiança quanto a escrita na areia em um dia ventoso na praia.

7. Padrões De Transformação

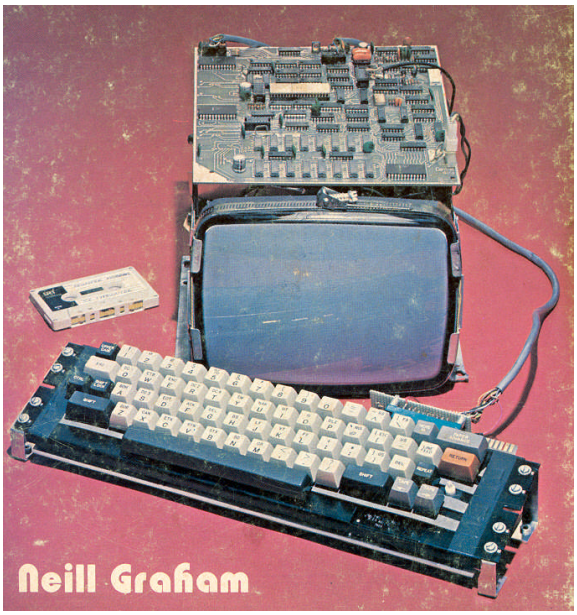


Figura 7.3. Um computador doméstico primitivo. Note o cassete à esquerda. Da capa de Graham, N., *Microprocessor Programming For Computer Hobbyists*, 1977: Tab Books.

Um exército de executivos, engenheiros, e trabalhadores em linhas de produção fez melhorias a cada aspecto da informática ano após ano. Gradualmente a RAM e os discos rígidos cresceram, mais rápidos e maiores, tipos novos de monitores e impressoras emergiram. Milhares de companhias novas foram formadas. A competição se aqueceu. Os ciclos de desenvolvimento do produto caíram de cinco anos para baixo de seis meses. Todo este trabalho fez precisou de bilhões de dólares de capital e milhões de pessoas talentosas. Mas não havia nenhum curso de gênio atrás disso. Se uma destas pessoas que não fizesse sua contribuição, alguma outra pessoa a teria feito. A contribuição original, essencial, ou o núcleo que foi a primeira: o microprocessador. Tudo o demais que faz um computador pessoal seria inútil sem ele.

O fato de que os microprocessadores tiveram que vir primeiro não significam que eram mais difíceis de fazer, ou mais importantes do que os discos rígidos ou o software. Como muitos produtos de consumo, os periféricos da fusão a frio e os componentes tais como os tabletes termoelétricos provavelmente serão tão caros - e úteis - quanto a célula da própria fusão a frio.

Houve um mercado de impressoras e outros periféricos para computador antes que os microcomputadores estivessem desenvolvidos, mas era minúsculo. Nos anos 1970 aproximadamente 40.000 computadores e impressoras foram vendidos por o ano, visto que 19.000 computadores são vendidos hoje cada hora[87]. Ninguém teria investido somas enormes para desenvolver uma impressora de US$100 quando poucas impressoras seriam vendidas.

---

[87] As fontes desta estimativa: Sanders, D., *Computers in Business, An Introduction*, 1968: McGraw-Hill, p. 512." O número de instalações de computadores espera-se aumentar de 90.000 em 1970 a 200.000 em 1975." Supondo que todos os computadores velhos fossem aposentados e todos os 200.000 no lugar de 1975 fossem vendidos entre 1970 e 1975, o total anual vendido seria aproximadamente 40.000. Realmente, muitos computadores nesta era foram mantidos mais de cinco anos. Do tipo PC são vendidos agora aproximadamente 170.000.000 IBM e servidores por ano. Isto não inclui mainframes e computadores Apple. *Systems-world*
http://www.systems-world.de/id/6556/CMEntries_ID/25586

7. Estágios do Desenvolvimento

As principais descobertas tal como o automóvel e o microprocessador provocam uma cascata de produtos novos em quatro estágios. Vêm primeiramente os periféricos que a máquina nova requer. Em segundo, melhorias que todos antecipam: o produto novo faz um trabalho melhor do que o mais velho. Os computadores grandes foram usados para a contabilidade, assim que todos compreenderam que os computadores pessoais novos seriam usados também para a contabilidade, só que seriam mais baratos. Na terceira fase, a máquina nova vai além dos limites do velho, e começa deslocar a outra tecnologia, freqüentemente de maneira que as pessoas não previram. Os toca CD computarizados substituíram os toca discos analógicos. Em 1970, poucas pessoas (à exceção dos peritos tais como Claude Shannon) imaginaram que os computadores teriam qualquer coisa a Ver com toca discos. Finalmente, no último estágio, a descoberta cria as aplicações novas que eram previamente impossíveis ou pouco práticas.

Para os microprocessadores esses estágios foram:

1. PERIFÉRICOS. Discos rígidos e impressoras pequenos. O microprocessador próprio era pouco mais do que um brinquedo quando apareceu.
2. MELHORIAS. As versões melhoradas e expandidas de aplicações de processamento de dados existentes, tais como sistemas de contabilidade para empresas de pequeno porte que não poderiam previamente ter recursos para adquirir um computador, e tiveram que manter os livros a mão.
3. DESLOCANDO A OUTRA TECNOLOGIA. Os microprocessadores deslocaram a injeção mecânica de combustível, toca discos, e outras máquinas que não tiveram nenhuma conexão com as aplicações de processamento de dados clássicas. Os computadores pequenos individuais substituíram os mainframes grandes, centralizados.
4. APLICAÇÕES NOVAS. Tudo de jogos de vídeo à Internet. Sem microprocessadores, a Internet serviria às principais universidades, a institutos de pesquisa do governo e a corporações grandes, mas não poderia ter-se transformado numa forma de comunicação massiva, ou uma maneira enviar um e-mail à vovó.

Para os automóveis:

5. PERIFÉRICOS. Melhores Pneus, e motor de arranque em vez da manivela.
6. MELHORIAS. Andar pela cidade mais rápido do que um cavalo. Nos estágios anteriores, o automóvel era "uma carruagem sem cavalo"; isto é, uma reforma para o veículo pessoal. Não era uma forma de veículo massivo, e não era apropriado para os percursos interurbanos, porque era frágil, e a parte externa das cidades tinham poucas estradas pavimentadas ou postos de gasolina.
7. DESLOCANDO A OUTRA TECNOLOGIA. Após os automóveis tornaram-se mais confiáveis, começaram a deslocar o trânsito massivo de curtas distâncias tal como charretes e estradas de ferro suburbanas. Isto assemelhou-se à mudança do mainframe aos computadores pessoais: as máquinas pequenas individualmente possuídas substituíram uma rede organizada de máquinas grandes, centrais.
8. APLICAÇÕES NOVAS. Após estradas melhoradas e os postos de gasolina tornarem-se comuns, os automóveis passaram a ser um novo tipo de veículo interurbano do tipo faça

você mesmo, causando o aparecimento de motéis. Então trouxe os desenvolvimentos suburbanos do sistema interestadual de estradas, shoppings centralizados, e muitos outras bendições.

Para a fusão a frio:

1. PERIPHERALS. Conversores termoelétricos melhores e outros dispositivos de calor pequenos, automáticos e livres de manutenção.
2. MELHORIAS. Versões melhores de máquinas existentes tais como automóveis, bombas e geradores.
3. DESLOCANDO A OUTRA TECNOLOGIA. A fusão a frio deslocará as companhias de energia elétrica. Outra vez, as máquinas pequenas individuais substituirão uma rede organizada de máquinas grandes, fazendo-nos totalmente independentes em matéria de energia.
4. NOVAS APLICAÇÕES. Muitas aplicações novas que seriam impossíveis com as fontes de energia precedentes, tais como corações implantados, projetos massivos de dessalinização, aviões pessoais.

As descobertas causam também muitas aplicações extravagantes, frívolas e para diversão - Automóveis: cinemas drive-in; corridas em estradas; o carro como o símbolo do status e o objeto da fantasia e do fetiche (o carro esportivo).

Computadores: jogos em linha role-playing com simulação de milhares de povos. Uma comunicação global imediata através da Internet, e grupos de discussão em linha com os participantes de cada país e de cada canto do mundo.

A fusão a frio: dirigíveis gigantes, como os navios de cruzeiro que voam sobre a terra a 120 quilômetros por hora. Las Vegas será mais brilhante, mais barulhenta, mais vistosa. Espero que os municípios principais lancem um decreto imponente da abóbada do prazer: uma abóbada geodésica de fibra de carbono com ar condicionado que cobre a cidade inteira, pulsando com as propagandas multicoloridas e os alto falantes de megawatt, vídeos que explodem em música popular cacofônica alta e longa. O condicionamento do ar será tão frio que fere seus dentes, e o cintilar em crescendo, vulgaridades sem parar as 24 horas estará numa escala que gerações anteriores poderiam somente sonhar.

Finalmente, desde que os povos são povos, a tecnologia nova encontra geralmente sua maneira no erótico: o carro é estacionado a milhas de casa num ponto isolado; a Internet é usada para pornografia. A geração seguinte de empreendedores figurará como a fusão a frio se aplicará. Talvez como meios confidenciais de alcançar a gravidade orbital do espaço e zero?

As descobertas fundamentais como o transistor não são inevitáveis, mas uma vez que é feita, o contingente, o derivado ou as descobertas a continuação tais como o circuito integrado surgem quase necessariamente. A descoberta da fusão a frio não era inevitável de nenhuma maneira, e a tecnologia da fusão a frio pode nunca ser desenvolvida por causa das dificuldades técnicas e da oposição política, mas se for desenvolvida, muitas descobertas contingentes, tais como geradores domésticos de eletricidade e tabletes termoelétricos eficientes, seguirão certamente.

7. Padrões De Transformação

8. Modelo De Christensen: Tecnologia Disruptiva Versus Sustentada

C. Christensen escreveu uma análise brilhante do que se chama tecnologia "disruptiva" versus "sustentada"[88]. Tecnologia disruptiva é uma máquina ou uma técnica que seja inadequada de algum modo, contudo tem potencial grande no futuro. Uma tecnologia disruptiva parte demasiado pequena, demasiado lenta, ou demasiado cara para o usuário principal. Apela às pessoas com necessidades especiais em nichos do mercado. Melhora então mais rapidamente do que a tecnologia convencional, infiltrado a parte inferior do mercado principal. Finalmente desloca o produto anterior.

Christensen contrasta o "disruptivo" com a inovação "sustentada". A inovação sustentando melhora o último modelo de maneira que todos apreciem, fazendo coisas mais rápidas, mais baratas, mais capazes, e - o que é o mais importante de um ponto de vista do negócio - mais atraentes aos clientes existentes. É geralmente mais sofisticada do que a versão mais velha, e faz mais uso da perícia manufatureira, e de umas linhas de produção mais caras. "sustentar" não significa "incrementar". Uma versão sustentando pode ser completamente diferente dos modelos precedentes. Pode ser baseada em princípios físicos diferentes, mas é funcionalmente equivalente e atende às mesmas necessidades do cliente e nicho de mercado. Christensen descreve o "radical" como a mudança sustentada do vapor ao equipamento movido a gasolina para escavação: "onde cava usando a pressão do vapor para mover um jogo de motores a vapor para estender e puxar os cabos que atuam sobre as cubetas, as escavadoras a gasolina usam um único motor e um sistema muito diferente de engrenagens, nas embreagens, nos cilindros e nos freios. . . " Contudo os fabricantes estabelecidos do equipamento de escavação fizeram a transição aos motores a gasolina, e os clientes foram rápidos em comprar as novas máquinas. Os gerentes em companhias estabelecidas são treinados para reconhecer e investirem agressivamente na tecnologia sustentada, para prosseguir na competição.

As companhias estabelecidas têm a dificuldade tratar com a tecnologia disruptiva, mas se adaptam bem com inovações sustentadas. Suas habilidades não podem ser transferíveis à tecnologia disruptiva. Nos anos 1940, quando o transporte aéreo estava começando, as companhias de estradas de ferro tiveram poucas habilidade ou capacidade organizacional aplicável aos aviões, e nunca tentaram estabelecer uma presença no negócio das linhas aéreas. Com o tempo os aviões melhoraram após a segunda guerra mundial, as linhas aéreas de passageiros se estabeleceram firmemente, e as estradas de ferro não poderiam ter incorporado o negócio mesmo se quisessem. Mais recente as câmeras digitais foram feitas por companhias de impressoras japonesas antes que pelas companhias fabricantes de câmeras. Os dispositivos de fusão a frio serão feitos provavelmente pelas companhias que têm pouco ou nada a fazer no mercado de energia de hoje.

Quando começa, a tecnologia disruptiva não é geralmente tão boa quanto a existente. Pode ser mais barata por unidade, mas é mais menos efetiva em custo-benefício, mais lenta, menos confiável, ou menos eficiente. Os clientes estabelecidos não encontram uso para ela. A tecnologia disruptiva é geralmente mais simples. Não é necessariamente inovativa. Pôde ser baseada numa descoberta nova pesquisada, ou pôde simplesmente ser tecnologia mais velha

[88] Christensen, C., *The Innovator's Dilemma*. 1997: Harvard Business School.

recondicionada. Para vender a tecnologia disruptiva deve-se encontrar clientes novos. O melhor lugar para procurá-los é num mercado emergente. Em 1981, Seagate introduziu o movimento de discos rígidos de 5,25 polegadas Winchester. Christensen compara-o aos movimento dos discos de 8 polegadas que eram o padrão da indústria naquele tempo:

	8 inch drives (minicomputer market)	5.25 inch drives (desktop computer market)
Capacidade (MB)	60	10
Volume físico (cu. in.)	566	150
Peso (libras.)	21	6
Tempo de acesso (millisegundos)	30	160
Custo por megabyte	$50	$200
Custo por unidade	$3000	$2000

Os drives menores eram menos eficientes, mais lento, e custavam mais por a megabyte. Em 1981 os clientes existentes para discos duros eram fabricantes do minicomputadores. Queriam mais megabytes por dólar e mais velocidade. Não se importavam quanto os discos pesavam ou quanto espaço tomavam. As pessoas no mercado de microcomputadores emergente, por outro lado, queriam um custo por unidade baixo, compacto, pouco peso. Estavam dispostos a sacrificar a velocidade e o custo por megabyte para estas vantagens. Se a Seagate buscasse clientes no mercado de minicomputadores, sairia rapidamente do negócio. Os drives de 5,25 polegadas melhoraram mais rapidamente do que os de 8 polegadas, porque se basearam numa tecnologia mais simples. Por volta de 1987 a capacidade dos drives de 5,25 polegadas encontrou-se com demanda no mercado do minicomputadores, embora os drives de 8 polegadas fossem ainda mais rápidos e tivessem uma capacidade mais elevada. Os drives de oito polegada tinham ido além das necessidades do mercado, e não tinham melhorado nem tinham caído de preço tão rapidamente quanto os drives pequenos, assim que tornam-se obsoletos. As companhias que tinham servido suas necessidades de cliente fielmente e as tinham suprido com tecnologia de 8 polegadas velha saíram do negócio. Eram "presos por seus clientes," como Christensen os põe. As companhias que incorporaram o mercado 5,25 polegadas dois anos após Seagate também falharam, porque não poderiam competir com a riqueza de Seagate em experiência e a sua base de clientes satisfeitos.

A fusão a frio será provavelmente o melhor exemplo de tecnologia disruptiva na história, especialmente nos primeiros estágios. As primeiras máquinas movidas a fusão a frio provavelmente muito serão caras e delicadas. Apelarão às pessoas que querem mudança, dispositivos novos e excitantes e aos que têm aplicações críticas, tais como pesquisadores da Antártica e foguetes da NASA. Tais aplicações trazem lucros enormes: A NASA está disposta pagar milhões dos dólares por pequenos geradores termoelétricos acionados a plutônio (RTG). As companhias especializadas que farão dispositivos a fusão a frio invadirão estes nichos e começaram rapidamente a lucrar muito, o que em parte aplicarão na pesquisa e no desenvolvimento, como prepararão células maiores e mais baratas para as aplicações principais.

Baseado no que sabemos sobre o desempenho da fusão a frio, parece que uma vez que aprendermos como controlar a reação, as máquinas pequenas serão desenvolvidas rapidamente. Talvez um problema imprevisto com segurança levantar-se-á, ou as companhias grandes de energia jogarão com a política no congresso e obstruirão o uso da fusão a frio confidencialmente. Mas supondo que isto não aconteça, se poderá comprar um gerador de 20 kilowatts doméstico

muitos anos antes que a General Electric desenvolva um gerador de 400 megawatts apropriado para uma companhia de energia. Observando o custo do equipamento somente, ignorando custos de combustível, seu gerador doméstico será mais caro por quilowatt de capacidade do que um gerador a combustível fóssil de 400 megawatts. Nada impedirá que a General Electric desenvolva um gerador a fusão a frio gigantesco, mas quando comece a fazê-lo, assim que muitas pessoas terão comprado unidades pequenas, o preço terá caído e não haverá nenhum mercado para a eletricidade centralmente gerada.

Onde os clientes estabelecidos vêm um problema, os clientes novos podem ver uma característica. As máquinas excavadoras hidráulicas foram introduzidas nos anos 1940 atrasados. Eram pequenas e fracas no início. Moviam somente 1/4 de jarda cúbica com uma pá estreita. As excavadoras a cabo movem de 1 a 4 jardas cúbicas por vez, com um custo muito mais baixo por jarda cúbica. Um trabalhador usaria uma excavadora a cabo para escavar as fundações de uma casa e então os trabalhadores escavariam uma trincheira estreita com picareta e pá da casa à rua, para os canos de água e esgoto. A excavadora a cabo é demasiado grande para escavar uma trincheira estreita, mas a excavadora hidráulica é ideal. Seu tamanho pequeno é uma vantagem para este trabalho. O equipamento hidráulico melhorou, e por volta de 1970 poderia ser usado para todos os trabalhos, grande ou pequeno. As companhias das excavadoras a cabo saíram do negócio. Christensen descreve a situação de seu ponto da vista, começando nos anos 1950:

A hidráulica é uma tecnologia que seus clientes não necessitavam certamente, não poderiam se usar. Cada fabricante de pás a cabo era um ao menos de vinte fabricantes que faziam tudo que podiam para não perder seus clientes: Se examinassem seus clientes fora das necessidades, o negócio existente seria posto em risco. Além disso desenvolvendo excavadoras a cabo melhores, maiores e mais rápidas constituiria uma oportunidade de tomar parte dos clientes existentes a seus concorrentes, muito mais óbvio que arriscar um crescimento máquinas hidráulicas, dado como pequeno o mercado das máquinas hidráulicas quando apareceu nos anos 1950.. . . as companhias não falharam porque a tecnologia não estava disponível. Não falharam porque faltaram a informações sobre a hidráulica ou como usá-la; certamente, o melhor delas usou-a assim que poderia ajudar a seus clientes. Não falharam porque a gerência era lenta ou arrogante. Falharam porque a hidráulica não fazia sentido até que foi demasiado tarde.

A fusão a frio foi desenvolvida na maior parte pelos cientistas dissidentes que trabalham dentro das instituições oficiais, incluíndo os institutos de pesquisa da indústria de energia. Amoco Production Company e o Electric Power Research Institute (EPRI) financiou algumas das pesquisas da fusão a frio mais impressionantes, mas pôs os resultados de lado e deixou-os para trás ou cancelou os programas, aparentemente porque os gerentes dentro destas organizações são hostis à fusão a frio[89,90]. Se a hipótese de Christensen estiver correta, estes gerentes estão confundidos também pela fusão a frio. Não podem imaginar o que fariam com ela. EPRI é um consorcio de companhias principais de energia dos Estados Unidos. Os primeiros geradores a fusão a frio serão novidades caras. Produzirão provavelmente alguns mil watts e podem custar US$50.000. Serão menos efetivos em custo-benefício do os convencionais, e serão construídos numa escala um milhão de vezes menor. Um pequeno gerador a fusão a frio não

[89] Hoffman, N., *A Dialogue on Chemically Induced Nuclear Effects. A Guide for the Perplexed about Cold Fusion*. 1995, La Grange Park, Ill: American Nuclear Society. (See the Foreword by Thomas Schneider of EPRI.)
[90] Lauzenhiser, T. and D. Phelps, *Cold Fusion: Report on a Recent Amoco Experiment*. 1990: Amoco Production Company, Research Department.

será nada como uma turbina a gás ou eólica, que trabalhe melhor quando conectada a uma rede elétrica. Mesmo eu não posso ver porque uma companhia de energia elétrica desejaria desenvolver um gerador a fusão a frio, ou que uso lhe teria. Eventualmente, estes brinquedos caros evoluirão nos geradores domésticos baratos, de confiança que porão as companhias de energia fora do negócio.

Um gerador a fusão a frio funcionando a qualquer preço, para qualquer mercado, será o beijo da morte à indústria de energia elétrica, como primeiro movimento, os automóveis em 1895 condenou ao desaparecimento inevitável do transporte a cavalo 34 anos mais tarde, e os primeiros microcomputadores significaram o fim da maioria dos computadores mainframe 10 anos mais tarde. A fusão a frio não pode ajudar à indústria de energia. Pode somente estrangulá-la. A resposta racional à fusão a frio deveria ser preparar-se para a liqüidação em ordem da indústria de energia elétrica, das companhias de petróleo, e do descanso do setor de energia. Isto seria impensável aos gerentes da EPRI e da Exxon. De seus ponto de vista, é como sugerir que se Liechtenstein declarar guerra aos Estados Unidos, o pentágono deve imediatamente começar a negociar a rendição.

8. Um Mega-Projeto De Dessalinização

A água limpa é a fonte dos alimentos, da saúde, e da sanidade pública. O acesso à água limpa deve ser um direito humano de cada pessoa na terra. Os aquecedores a fusão a frios permitirão que as pessoas pobres fervam a água de beber, e isto conservará até 2 milhões de vidas por ano (veja o capítulo 4). Mas as pessoas necessitam água de beber mais do que segura. Para prosperar e viver uma vida sadia, necessitam água para o banho todos os dia, toaletes com descarga, e irrigar a terra. Para realizar isto a humanidade necessita muita água com a dessalinização acionada a fusão a frio - extração de água potável do mar.

Suponha que decidamos irrigar um terço do deserto do Saara e de Gobi, deixando o resto da terra para preservação dos animais selvagens do deserto. Isto anularia os danos causados por povos ao longo dos séculos. Criaríamos tantas fazendas como há nos Estados Unidos: 3,5 milhões de quilômetros quadrados.

Tabela 8.1. Maiores desertos comparados à terra agricultável dos U.S.A.

	Milhões de Km^2	Milhões de milhas quadradas
Saara	9,2	3,6
Gobi	1,3	0,5
Terra agricultável dos U.S.A.	3,9	1,5

Suponha que usemos a irrigação de gotejamento sub-superficial, que reduz o consumo da água em dois terços. A terra agricultável principal dos Estados Unidos recebe aproximadamente 1.000 milímetros de chuva por ano (40 polegadas), assim que nós necessitamos 400 milímetros da água. Suponha que não há quase chuva local, e nós devemos fornecer toda a quantidade. Necessitamos 1.560 quilômetros cúbicos de água, ou 1,6 trilhões de metros cúbicos. Na Arábia Saudita (dados de 2002), 30 plantas gigantes de dessalinização produzem aproximadamente 1 bilhão de metros cúbicos por ano (1 quilômetro cúbico). As plantas custaram US$894 milhões cada. Produzem também eletricidade; são co-geradores. O mundo inteiro produz aproximadamente de 5 a 10 quilômetros cúbicos por ano[91].

Para irrigar os desertos necessitaríamos 312 vezes mais plantas de dessalinizaçao do que existe agora, ou aproximadamente 9.400 das plantas sauditas em grande escala. Este não é um número extremo. As fábricas custariam US$8.4 trilhões nos preços que a Arábia Saudita pagou, mas o preço cairá dramaticamente, em 10 vezes ou mais, porque a fusão a frio simplificará a engenharia, e abaixará os custos da construção, da operação e da manutenção. Elimina-se a metade do custo porque as plantas da Arábia Saudita são co-geradores e não necessitaremos a

[91] A informação da quantidade de água produzida pela dessalinização é imprecisa. A maioria das fontes dizem que a Arábia Saudita produziu 1 bilhão metros cúbicos em 2002, quando outras fontes dizem que foi 2 bilhões. Algumas dizem que a Arábia Saudita tem 20% da capacidade do mundo; outras dizem que é de 30%. O governo da Arábia Saudita, Recursos de Informação da arabian saudi, http://www.saudinf.com/main/y3668.htm diz: "A Arábia Saudita produz 21% da produção do mundo de água dessalinizada, tem 30 plantas construídas com um custo total que excede SR 70 bilhões [US$19 bilhões], incluíndo SR 15 bilhões [US$4 bilhões] para operação e manutenção. Todas funcionado por SWCC, as estações produzem sobre 3 milhões de metros cúbicos por dia de água fresca e 5.000 megawatts da eletricidade". A organização Hydronet, http://www.hydronet.org/article-print-55.html diz que o total é aproximadamente 10 quilômetros cúbicos. Estas são estimativas grosseiras.

eletricidade. A energia barata baixará drasticamente o custo do alumínio, do aço, do cobre e dos outros materiais de edificação. Baixará o custo do transporte dos materiais de edificação, escavadoras e bombas. As plantas de dessalinização serão também mais baratas porque serão estandartizadas e produzidas massivamente em números sem precedentes.

A maioria das plantas modernas de dessalinização executam osmose reversa (RO). O equipamento é caro mas o processo é eficiente em relação à energia. Com a fusão a frio seria melhor usar um método mais antigo, o flash multi-Stage (MSF), em que a água é fervida e condensada. Isto requer de 4 a 30 vezes mais energia do que o RO, mas - naturalmente - a energia extra não importará. Nos beneficiaremos do equipamento barato e durável. A água das plantas de MSF contem menos sal restante, entre 1 e 50 ppm comparados aos 10 a 500 ppm para o RO92. O sal restante do RO não é nocivo às pessoas que tomam a água, mas se irrigamos a terra do deserto com ela por décadas, o sal pode gradualmente depositar-se e o solo ficar estéril.

Se o mega-projeto de irrigação devesse custar tanto quanto hoje, US$8.4 trilhões, nós nunca o faríamos. Os povos gastão tanto dinheiro somente na guerra. Mesmo com a fusão a frio, custará provavelmente centenas dos bilhões de dólares, e certamente demorará décadas. Mas começará a se pagar logo depois que a primeira usina seja construída, as colheitas começarão a crescer, e os valores da terra aumentarão. Além disso, mesmo se for caro, teremos muito mais dinheiro do que agora. A fusão a frio economizará trilhões de dólares que seriam gastos de outra maneira em petróleo, carvão e em infraestruturas de energia elétrica, para não mencionar guerras sobre a possessão do petróleo. Nós teremos trabalhadores hábeis em excesso. As pessoas que constroem refinarias de petróleo e as linhas de alta tensão estarão desempregados, assim que nós devemos dar-lhes a oportunidade de construir outro tipo de infraestrutura em grande escala, com centenas de usinas, prendendo tanques, milhares de quilômetros de tubulação e redes de irrigação. A fusão a frio economizará o dinheiro e os recursos da sociedade. Como indivíduos, nós podemos embolsar centenas de dólares por mês. Nós seríamos sábios devotar algumas daquelas economias às finalidades sociais maiores, e aos projetos que servem às gerações futuras, em especial os povos nas partes mais pobres do mundo.

Realmente, 9.400 plantas de dessalinização provavelmente estão superestimadas, porque se supõe que não há nenhuma chuva nos desertos, e nós teremos que fornecer toda a água, indefinidamente. Enquanto o projeto progride, as plantas e as árvores começarão a crescer na terra anteriormente estéril. O clima mudará e mais chuva cairá naturalmente, reduzindo a necessidade de irrigação. Tomará décadas para construir as primeiras 4.000 plantas, e em seu término, a chuva deve já aumentar, assim que as outras 5.400 podem não mais serem necessárias.

Com a tecnologia e materiais de hoje, nós podemos construir plantas de dessalinização a carvão, a petróleo ou a gás. Construiríamos suficientes plantas para fornecer alguma da água potável às pessoas em umas cem das cidades as mais necessitadas do mundo, tais como Los Angeles. Com fissão de urânio poderíamos provavelmente construir bastante para servir a milhares das cidades. Mas nunca poderíamos produzir bastante água para irrigação. Não somente os trilhões de dólares do custo das plantas, se esgotaria rapidamente o estoque restante de combustível fóssil, produzindo níveis de pesadelo de gases de poluição e estufa de ar. As plantas a fissão produziriam uma montanha de combustível de urânio gasto perigoso. O vento ou a energia solar causariam uma poluição insignificante, mas não são muito mais baratos do que o

[92] California Coastal Commission, *Seawater Desalination in California*, http://www.coastal.ca.gov/desalrpt/dchap1.html

combustível fóssil, e a energia solar ou o vento se espalham sobre uma área grande, assim que as pilhas solares ou as turbinas eólicas necessitariam de muitos espaço, e de milhões das toneladas de concreto e de aço. A irrigação precisa de uma fonte de energia milhares de vezes mais barata do que estas convencionais.

1. Extração De Elementos Úteis Da Água do Mar

O projeto pode ter um lado benéfico interessante. Nas plantas atuais de dessalinização, a água salgada que é separada da água potável é despejada de volta no oceano. No futuro, pode ser fervida e então quimicamente ser tratada para recuperar alguns dos elementos valiosos dissolvidos na água do mar. Este seria um método de força bruta. Pode também ser possível filtrar a água e extrair os elementos usando as técnicas desenvolvidas para isolar isótopos nucleares raros. Uma ou outra técnica usa quantidades tremendas de energia, mas não importaria uma economia de energia com a fusão a frio. Há mais de 70 elementos diferentes dissolvidos no mar em quantidades significativas. Os artigos de valor mais comuns são sódio, cloro, enxofre, magnésio, potássio, cálcio, bromo e estrôncio. Um quilômetro cúbico de água do mar contém mais do que bastante deles para fornecer às indústrias de todo o mundo. O bromo foi extraído primeiramente da água do mar comercialmente em 1924[93] e durante a segunda guerra mundial o magnésio foi extraído em grande escala nos Estados Unidos e no Reino Unido[94]. Infelizmente, a concentração do paládio, do ouro e de outros metais preciosos é centenas de milhões de vezes mais baixa do que o magnésio.

Suponha que melhoramos o clima, aumente a chuva natural e cultivemos mais em ambiente fechado, de modo que necessitemos somente 1.000 quilômetros cúbicos da água (um trilhão de toneladas), em vez de 1.560. Há assim muito magnésio e bromo dissolvidos no mar, extrairíamos somente um pouco deles, e regressaríamos o resto ao oceano. Alguns outros elementos desejáveis estão numa concentração muito mais baixa. Após décadas de edificação de plantas de dessalinização, as técnicas da extração melhorarão até que se torne econômico extrair seletivamente. A tabela 8.2 mostra alguns dos elementos que poderão ser extraídos.

Table 8.2. Elements and compounds in 1,000 cubic kilometers of seawater

Elemento ou composto	Consumo mundial atual (toneladas)	Quantidade dissolvida no mar (toneladas)	Aumento do consumo
Sal (NaCl)	210.000.000	30.215.827.338	144
Magnésio (Mg)	3.360.000	1.280.000.000	381
Enxofre (S)	59.000.000	898.000.000	15
Potássio (K) *	23.000.000	399.000.000	17
Bromo (Br)	570.000	67.000.000	118
Iodo (I)	21,400	58,000	3
Molibdeno (Mo)	127.000	10.000	0
Vanádio (V)	60.000	2.000	0
Paládio (Pd)	171	0,06	0

* A USGS mostra que a produção mundial é de 27.400.000 tons de K_2O, que é 83% de potássio em peso
Fontes:

[93] Clarke, A.C., Profiles of the Future. 1963: Harper & Row, chapter 12
[94] U.S. Geological Survey http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mgcommcs04.pdf

Consumo: U.S. Geological Survey http://minerals.usgs.gov/minerals.
Elementos no mar: Y. Nozaki, *A Fresh Look at Element Distribution in the North Pacific*, Ocean Research Institute, Universidade de Tóquio, http://www.agu.org/eos_elec/97025e-table.html

Em 1.000 de quilômetros cúbicos de água haverá também 150 milhões de toneladas de água pesada. Nós necessitaríamos 6.200 toneladas desta para produzir toda a energia que consumimos agora.

No fim, com agricultura melhorada e cultivo fechado provavelmente não necessitaremos 3,5 milhões de quilômetros quadrados extra de terra. Mas pudemos criar terra verdejante de qualquer maneira, para dar a milhões de pessoas um lugar agradável para viver, para restaurar o ambiente e para inverter a destruição causada por gerações anteriores.

No capítulo 9 veremos como o mega-projeto de dessalinização pode ajudar a reverter os efeitos do aquecer global.

9. O Aquecimento Global

A fusão a frio pode eliminar o aquecimento global. Não significa que pode melhorar o problema, ou o retardá-lo, ou nos dê maneiras lidar com ele. Significa que se a fusão a frio for usada sabiamente e prontamente, pode eliminar o aquecimento global tão eficazmente como a vacina de Sabin elimina a poliomielite. A fusão a frio pode também reparar muitos outros problemas em grande escala de maneira que nenhuma outra fonte da energia o pode fazer, porque estas outras fontes ou seriam proibitivamente caras, ou causariam mais problemas do que remediariam.

A fusão a frio pode ajudar com a reversão das crises tais como a fome, o desmatamento, a insuficiência de água potável e a explosão de populacional. Nós podemos organizar projetos em escala nacional e planetária e por máquinas a fusão a frio para remover as espécies invasoras das árvores, dos campos e dos oceanos; limpar as montanhas do lixo; as margens das estradas; e ajudar a livrarmos-nos de desperdícios perigosos. Naturalmente teremos que inventar máquinas novas para aplicar a fusão a frio à agricultura, reflorestamento, plantas de purificação de água e assim por diante. O trabalho não se fará por si. Ter a habilidade de fazer algo não significa sempre que você o faz realmente. Nós teremos que criar novas leis, e planificar com cuidado, organizar e financiar estes projetos, com compromissos a longo prazo das agências nacionais e dos maiores bancos do mundo. Os projetos sucederão somente se forem lançados em conjunto com políticas de esclarecimento do governo, no desenvolvimento de produto inteligente pelas corporações, na provisão de melhor cuidado da saúde, na educação, na igualdade e em outras reformas sociais longas. Suponha que usemos a fusão a frio em tratores e equipamento agrícola para reflorestar as montanhas do Haiti, mas não damos à população haitiana geradores a fusão a frio, calefatores e equipamento de purificação de água para o uso em pequena escala, aplicações para melhorar seu padrão de vida. Serão forçados ainda a cortar as árvores para lenha, e não teremos realizado nada. Sem reforma social a fusão a frio pode exacerbar a fome e outros flagelos sociais, e é provável que aumente o desemprego.

Olhemos mais de perto como a fusão a frio pode inverter o aquecimento global, que é um problema particularmente intratável, e que finalmente pode causar a extinção de milhões de espécies, incluíndo a nossa.

Embora alguns peritos questionem ainda se o aquecimento global existe, aceitemos o consenso de opinião que sim . Os sinais do aquecimento global severo começaram a aparecer. Todas as geleiras do mundo estão se derretendo numa taxa alarmante. A temperatura da maioria da água do oceano pacífico em torno do Japão se elevou em um ou dois graus Célsius, que causou tufões devastadores. O clima no Japão era completamente previsível, com chuvas das monções aproximadamente um mês no verão adiantado, tufões e tempestades tropicais começando em setembro. Na maioria dos anos, dois ou três tufões surgiam. Na primavera e no verão de 2004, muito antes da estação das tempestades começar normalmente, Japão foi golpeado por sete tufões os mais intensos da história da meteorologia moderna[95]. Nos últimos 20 anos, marés elevadas no Mar do Japão levantou-se sete centímetros. A estação dos furacões nos Estados Unidos em 2004 foi também uma das mais rigorosas registradas.

[95] NHK National News, September 2004

A maioria de peritos acreditam que o aquecimento global é real, e é causado por um excesso do dióxido de carbono na atmosfera criado pela queima de combustíveis fósseis. Pode haver outras causas contribuindo tais como flutuações na radiação solar. O que quer que o cause, ou combinação de causas possa ser, a fusão a frio pode reparar o problema.

O problema presumivelmente vem do dióxido de carbono, a fusão a frio irá parar rapidamente esse aumento, eliminando a necessidade queimar o combustível fóssil. Isto impedirá a emissão de dióxido de carbono e outras emissões prejudiciais. Entretanto, o dióxido de carbono já na atmosfera do século XX pode ainda ser um problema. Nós podemos separar o carbono fazendo crescendo florestas novas das regiões dos desertos do Saara e do Gobi. (Veja O Capítulo 8.) A natureza própria pode gradualmente absorver o carbono de outras maneiras. Alguns peritos acreditam que a vida de plantas do oceano o pode absorver. Se as florestas novas e os mecanismos naturais não forem bastantes, podemos parar o problema com algo como plantas de óleos sintéticos gigantescas que bombeiem de volta ao subsolo o hidrocarboneto, onde o encontramos.

Alternativamente, supomos que o aquecimento global é causado por alguma outra mudança no ambiente (não necessariamente dióxido de carbono) ou por alguma mudança natural no tempo ou na radiação solar. Controlar o sol e diretamente reduzir a radiação solar está, naturalmente, completamente além da esfera do controle do homem, mas isso não significa que temos que deixar toda a luz solar chegar à terra. Se fosse absolutamente necessário, poderíamos construir dúzias de elevadores espaciais, levantando milhares das toneladas de material no espaço, e construímos para-sóis orbitais de Mylar para reduzir a quantidade de luz que alcança a terra. Isto soa incrivelmente ambicioso, mas os elevadores espaciais se espera custar cada somente $6 bilhões (somente!), e um milhão de quilômetros quadrados de Mylar não pesariam muito, nem custariam muito. Desdobrá-lo seria a parte dura. A fusão a frio faria o trabalho mais fácil e mais barato. (os elevadores espaciais são discutidos no capítulo 18.)

É duro imaginar a tecnologia à exceção da fusão a frio que possa atacar e desenraizar o aquecimento global diretamente. Ou uma que seja tão drasticamente diferente de todas as fontes de energia precedentes que, por sua existência, inspire pensamentos revolucionários sobre o tema, o porque e como os seres humanos vivem neste planeta e dirigem suas vidas. Nós causamos o aquecimento global queimando aproximadamente US$ 2 trilhões em combustível fóssil por o ano no mundo. Esta é uma atividade inimaginavelmente em grande escala; nós estamos vaporizando montanhas de carvão e rios de petróleo. Somente a fusão a frio pode ser lançada numa escala igualmente grande para contrabalançar esta atividade deletéria.

Será um projeto maciço de irrigar áreas desérticas da terra de rejuvenescimento realmente praticável e separar bastante carbono para fazer diferença? Como mostrado no capítulo 8, um projeto para irrigar um terço dos desertos de Saara e de Gobi custaria US$ 8.4 trilhões com tecnologia de hoje. Este preço é inquestionável, mas com equipamento acionado a fusão a frio produzido em massa de dessalinização, o projeto seria distante mais barato. Deve produzir um lucro grande (para não mencionar os benefícios humanitários), começando talvez cinco anos depois do controle da fusão a frio, quando as primeiras fábricas estejam em funcionamento, as tubulações estarão sendo colocadas, e a terra começará a produzir colheitas.

A dessalinização a fusão a frio provavelmente não começará no Saara ou no Gobi. Embora as plantas a fusão a frio de primeira geração de dessalinização sejam mais baratas do que

modelos atuais a fissão de urânio ou combustível fóssil, serão ainda caras e necessitarão uma grande equipe de funcionários peritos para operá-las, assim que seria provavelmente melhor construí-las nas cidades do primeiro-mundo tais como Los Angeles onde o retorno é rápido e assegurado. A irrigação de gotejamento sub-superficial será aplicada também nos Estados Unidos e em Israel. Entretanto, as árvores novas na Califórnia ou em Israel absorverão tanto carbono quanto as árvores no Saara, assim que este desenvolvimento do primeiro mundo ajudará a reverter o aquecimento global da mesma forma que os projetos posteriores de recuperação dos desertos. Quando as plantas de dessalinização são estandartizadas, o custo cai, e o equipamento é feito mais automático, será possível construir plantas gigantescas que operadas por um punhado de pessoas. Nós podemos então começar o trabalho num mega-projeto de escala sem precedentes, em áreas remotas não populadas tais como o Saara, que conseqüentemente se tornará logo mais povoado e mais rico.

As florestas em crescimento absorvem de 1 a 10 toneladas de carbono por hectária, por ano. Após 30 anos, quando a maioria das árvores alcançam a maturidade, a floresta absorverá aproximadamente 150 toneladas por hectária. Suponha que irrigando e reflorestando os desertos, nas ilhas gregas e no Haiti criamos 2 milhões de quilômetros quadrados de floresta nova, e uns outros 2 milhões de quilômetros quadrados de campos e fazendas. As florestas novas absorvem 30 bilhões de toneladas de carbono. A atividade humana adiciona presentemente aproximadamente 6.5 bilhões de toneladas de carbono à atmosfera por ano, assim que estas florestas inverteriam os efeitos dos 4½ anos da atividade presente. Quando as florestas alcançarem a maturidade, a fusão a frio terá eliminado quase todas as emissões sintéticas adicionais de carbono, assim que necessitaremos somente limpar o dióxido de carbono velho do combustível fóssil dos séculos XIX e XX. Nós poderíamos continuar removendo o carbono indefinidamente cortando a madeira quando amadurecer. Poderemos usar a madeira para construção e o papel como agora, e então enterrar os jornais velhos e as casas pré-construídas de madeira velhas, profundamente no subsolo, em depósitos de lixo anaeróbios. As minas abandonadas seriam boas para esta finalidade. Isto impediria também incêndios florestais, que emitem dióxido de carbono para a atmosfera.

Se só colher a madeira não é bastante, ou se decidíssemos devotar a maioria das florestas novas a parques e residências suburbanas em vez de explorar a madeira, poderíamos ainda assim permanentemente remover o carbono quando as árvores velhas morrem. Robôs a fusão a frio autônomos poderiam recolher as árvores mortas caídas nas florestas novas e antigas do Saara, florestas estabelecidas na América do Norte e na Europa, e enterrarem a madeira no subsolo profundo. Estes robôs não seriam máquinas gigantes que danificam a floresta e rompem casas suburbanas. Seriam não maiores do que uma pessoa, e possivelmente não maiores do que um pica-pau ou inseto. Pode ser uma boa idéia cozer a madeira para remover os nutrientes e água das planta, saindo somente carvão de lenha (carbono puro). O carvão de lenha seria comprimido para economizar espaço nos depósitos subterrâneos. Ou seja nós faríamos minas de carvão artificiais, pondo o carbono sólido de volta em subterrâneos. Talvez seria mais barato e mais fácil enterrar as árvores mortas junto com o carbono orgânico tal como o lixo, os restos da agricultura, a serragem e os jornais velhos.

A idéia seria dispor permanentemente dos produtos baseados em carbono nos subterrâneos profundos onde naturalmente não se decompõem e não se reciclam. A decomposição termina geralmente retornando o carbono à atmosfera. Estes subterrâneos

acumulariam gradualmente uma pilha enorme de jornais velhos, da madeira desfeita, e de outras sucatas. Em anos recentes, os povos deplora o aumento no desperdícios sólidos, mas o fato é que há uma abundância do espaço na terra, e alguns furos muito grandes e profundos poderiam alojar quase todo o lixo que produzimos. Escavamos furos gigantescos de qualquer maneira, para extrair o ferro, o carvão, e outras matérias primas para produzir em primeiro lugar. Podemos também pôr os produtos usados nos buracos quando terminada sua utilidade. Os arqueólogos futuros estarão excitados para encontrar estes subterrâneos. Os fabricantes futuros estarão satisfeitos em encontrar tais fontes concentradas de matérias primas. Jogamos fora as coisas longe agora porque a reciclagem é cara. A fusão a frio mais os robôs a fará eventualmente muitíssimo mais barata.

Se este esquema não removesse bastante dióxido de carbono rapidamente, e se o aquecimento global sério seguisse, a fusão a frio pode ser usada para fazer funcionar dezenas de milhares de plantas químicas gigantescas que quebre o dióxido de carbono em carbono e oxigênio, e combina então o carbono com o hidrogênio da água. Ou seja estas plantas sintetizariam o petróleo. O petróleo então correria permanentemente. Seria bombeado a subterrâneos profundos em algum lugar onde o efeito ambiental seria nulo, e onde a geologia absorvesse prontamente quantidades enormes de hidrocarbonetos, tais como na Arábia Saudita. Estas plantas industriais produziriam o petróleo sintético invertendo os efeitos da combustão. Isso significa que necessitariam tanta energia como a combustão produziu originalmente, mais despesas gerais. Remover todo o carbono que a humanidade adicionou à atmosfera, deveremos gastar toda a energia gerada pela queima do carvão e do petróleo, do início da revolução industrial até o presente. A fusão a frio pode facilmente fornecer esta energia, mas as milhares de plantas industriais que serão requeridas para limpar o carbono da atmosfera, e puderão custar trilhões de dólares. Ao contrário das plantas de dessalinização que criam florestas, a terras produtivas, e lugares agradáveis para que os povos vivam, estes poços de petróleo reversos não se pagariam por si. Com exceção de impedir o aquecimento global, é difícil imaginar que outro fim útil poderiam ter. Produzirão bilhões de toneladas de petróleo que não terá mais valor que qualquer outro desperdício industrial, tal como a borra de um alto-forno, ou a salmoura de uma planta de dessalinização. Nós podemos usar uma fração minúscula dela para o plástico ou o óleo lubrificando, mas o restante será bombeado ao subsolo e levado para longe. Talvez será transportado à lua ou a outros planetas, se os povos lá encontrarem um uso para ele. Mais provavelmente quererão o carbono sólido para construir elevadores espaciais.

Pode parecer improvável que a espécie humana estaria disposta a devotar assim tanto dinheiro para reparar o aquecimento global, mas eu penso que sim.

1. Se o aquecimento global deixasse de ser tão sério como alguns cientistas temem, não o reparar custaria infinita mais, como a submersão de Nova Yorque, Florida e Veneza sob o mar.
2. Haverá abundância de dinheiro depois que pararmos de pagar trilhões de dólares pelo combustível fóssil, a poluição, as doenças, as guerras e o terrorismo que ele causa.
3. A fusão a frio fará este e todos os mega-projetos mais baratos.

A humanidade já está engajada em mega-projetos e experiências globais perigosos. Estamos injetando quantidades maciças de dióxido de carbono na atmosfera, e estamos pavimentando mais de 525.000 hectares por o ano de terra na América do Norte, principalmente

- parece - para construir estacionamentos nos shoppings. Fazemos estas coisas por razões frívolas, triviais ou sem nenhuma razão. Nós desperdiçamos aproximadamente um terço da energia que usamos. Se nós devêssemos construir automóveis mais eficientes e casas melhores, e usássemos lâmpadas florescentes mais compactas, estaríamos mais confortáveis, mais saudáveis e mais seguros.

Em tempos de guerra, as nações envolvidas realizam tarefas prodigiosas em poucos anos. A segunda guerra mundial era um mega-projeto inverso: matou 50 milhões de pessoas e deixou o desperdício aos cuidados das gerações futuras, destruindo dezenas de milhares de cidades e vilas.

No fim, o mega-projeto de irrigação é provável se pagar por si com a produção aumentada de alimentos e valores da terra mais elevados. Certamente, ao longo da história, será provavelmente uma empresa fantasticamente útil, como a estrada de ferro trans-continental. Inverterá o aquecimento global como um bônus. Mas mesmo se inverter o aquecimento global terminar custando duas vezes mais que a segunda guerra mundial, ele seria imensuravelmente mais barata do que permitir que as cidades, os estados e as nações serem inundados.

Ninguém devem pensar que a humanidade não poderia conseguir tais objetivos fantásticos, ambiciosos como os mega-projetos descrevi aqui, tal como irrigar o deserto, ou espalhar milhares de quilômetros quadrados de Mylar no espaço. Nos anos 1950, os primeiros pensamentos sérios sobre o vôo inter-estelar foram publicados nos jornais e na imprensa popular. Alguns peritos afastaram a noção como que estaria para sempre além das potencialidades humanas. Arthur C. Clarke escreveu em 1963:[96]

> Algumas pessoas nunca aprendem; aqueles que sessenta anos há zombaram da possibilidade de voar, e dez (mesmo cinco!) anos há [em 1958] riram da idéia de viajar aos planetas, estão agora completamente certos de que as estrelas estarão sempre além de nosso alcance. E outra vez estão errados, porque não aprendem a grande lição de nossa época que se algo for possível em teoria, e nenhuma lei científica fundamental opuser sua realização a seguir será certa mais cedo ou mais tarde.

Os pesquisadores da fusão a frio são pessoas ocupadas, muito imaginativas, mas mesmo eles às vezes não compreendem o dramático poder e sem precedentes que a fusão a frio nos dará. O pesquisador da fusão a frio Edmund Storms uma vez comentou:

> . . . as melhores fontes de energia aumentariam a habilidade da humanidade de sobreviver a conseqüência do aquecimento global, o que quer que a cause. Necessitará grandes quantidades de energia para mover as cidades das costas (ou para as isolar com diques e bombeamento), para molhar a terra que se tornou demasiado seca para cultivar normalmente, e para criar os ambientes locais que fariam a vida confortável.

Em minha opinião, Storms não estavam pensando numa escala bastante grande. Nós não devemos preparar-nos para acomodar o aquecimento global, ou outras crises de escala global tais como invasões de espécies, o desmatamento, ou superpopulação. Nós não devemos confiar em que as soluções provisórias ou as meias medidas nos deixarão livres para avançar. Nós não devemos planejar conservar alguns milhões de pessoas ricas no conforto e abandonarmos bilhões de pessoas pobres para que as águas as leve. Isto seria genocídio. Nós devemos pensar em

[96] Clarke, A.C., *Profiles of the Future*. 1963: Harper & Row.

grande. Muito mais grande do que antes. A fusão a frio dar-nos-á mais poder e riqueza material do que temos sonhado. Podemos usar esses poder e riqueza sabiamente arrancando de raiz os problemas, limpar a sujeira, e pôr as coisas da maneira como estavam antes que o aquecimento global começou. Todo outro curso de ação seria suicida.

10. Frangos-Robôs e Outros Prodígios

A NASA espera usar a inteligência artificial para criar pequenos robôs como inseto, ou os "robosects".

> Como um cenário para missões futurísticas - Robosects múltiplos podem ser projetados para procurar evidências de vida em formação ou existente, recursos minerais raros e presença de água, determinação magnética e outras forças, alcançar fendas, construir dispositivos elétricos diminutos, examinar a geofísica, carregar relês para comunicações remotas, bem como executar experiências originais. Detetando opções tais como cheirar e provar, usando sensores equivalentes aos bioquímicos. Os Robosects pode ser equipados com as várias técnicas práticas do locomoção, tais como aos saltos e vôo para atravessar distâncias grandes, rastejar para alcançar posições específicas, bem como escavar túneis para operações subterrâneas[97].

No capítulo 6, eu predisse que este tipo da inteligência artificial prática virá quando nós aprendermos como trabalha o cérebros animal, e nós encontrarmos maneiras de os emular, com computadores "classe cérebro de ave". Deixe-nos olhar mais de perto tais computadores, e avaliar sua sinergia com a fusão a frio. Os dois vão muito bem juntos.

1. Frangos Robôs

Ao contrário de nossos melhores robôs de um milhão de dólares, uma galinha não tem nenhuma dificuldade em distinguir entre sombras e objetos. As galinhas têm uma habilidade incrível de navegar pelo espaço tridimensional em alta velocidade com exatidão pontual. Como se espera das criaturas que voam, têm a visão aguçada, e seus reflexos são mais rápidos do que os de um ser humano. Pergunte a qualquer um que crie galinhas e teve que enxotar uma para fora da casa. Uma galinha aninhada no sofá da sala pode passar por você, de golpe por-se sob a mesa, voando rapidamente através da porta da cozinha, aterrar no balcão, imediatamente reconhecer seu lanche, e comer as migalhas as mais gostosas em menos tempo do que se possa dizer algo. Nenhum supercomputador pode rivalizar este desempenho. Eu duvido que qualquer computador nos próximos 50 anos passará o teste de Turing, mas parece que provavelmente competirão ao menos com os ratos e os cérebros das galinhas em tarefas simples tais como reconhecer objetos, e se mover ao redor no espaço tridimensional. Estas habilidades lhes darão potencialidades novas enormes.

A chave da inteligência artificial encontra-se no computador com processamento paralelo (MPP) em massa. Um computador convencional tem somente um processador (processador central); um MPP tem milhares. Cada processador individual de um MPP pode ser menor, mais lento e mais simples do que um processador central padrão de computador, mas quando todas as unidades processando juntas um problema elas são muito mais rápidas, especialmente em tarefas tais como o reconhecimento em teste padrão. Um cérebro vivo assemelha-se a um computador MPP; todas as células trabalham simultaneamente e independentemente. O processamento

---

[97] Bar-Cohen, Y., *Electroactive Polymers As Artificial Muscles - Capabilities, Potentials And Challenges*, Robotics 2000 and Space 2000 conference, Albuquerque, NM, USA, February 28 - March 2, 2000, http://ndeaa.jpl.nasa.gov/ndeaa-pub/EAP/EAP-robotics-2000.pdf. Don’t you just love it when NASA talks like this?

paralelo foi a arquitetura padrão para os supercomputadores por muitos anos, e está alcançando finalmente os computadores pequenos. Em 2004 passado, a IBM, Toshiba e Sony anunciaram um microprocessador paralelo para jogos de vídeo e processamento de sinais de amplo espectro. As versões vindouras, espera-se, fazer os computadores aproximadamente 100 vezes mais rápidos[98,99].

Os microcomputadores paralelos produzidos hoje têm de 4 a 16 processadores. Em vinte anos nós podemos ver microcomputadores MPP com milhares dos processadores em um único circuito integrado. Podem operar 1.000 microcomputadores atuais mais rapidamente em geral e talvez 100.000 vezes mais rapidamente em tarefas tais como o reconhecimento da visão e teste padrão. (os computadores de hoje são aproximadamente 5.000 vezes mais rápidos que os dos anos 1980.) Imagine um modelo manual que pese 100 gramas. Pode convincentemente emular um subconjunto de potencialidades mentais de uma galinha: pode navegar através do espaço tridimensional, reconhecer objetos, e saber que uma pessoa ou um inseto é um ser, corpo vivo com vontade e com padrões previsíveis de comportamento.

As galinhas não têm nenhum sentido da responsabilidade. Fazem o que lhes agrada. Quando você constrói um computador para emular o cérebro de uma galinha, se deixaria essa parte para fora. Se remove a vontade e cancela todos as motivações e desejos. Se faz o computador seguir ordens, algo que uma galinha real raramente está inclinada a fazer. Se remove o prazer de viver, deixando somente a inteligência seca. Se põe este computador num robô pequeno, e lhe damos tanta força física como uma criança tem, e então lhe ordenamos limpar a mesa e pôr os pratos no lava louça. Apenas porque a galinha não tem nenhum problema em reconhecer pratos numa mesa, o robô vê os pratos, e sabe como recolhê-los, carregá-los na cozinha num ritmo descansado, e depositá-los na máquina de lavar, sem quebrá-los nas paredes ou confundir a lata de lixo com a máquina de lavar. Comparado ao comportamento normal da galinha, estas tarefas são fáceis.

Este cérebro do robô teria somente algumas habilidades como as das galinhas que nós necessitamos para o trabalho em vista. Se for tão esperto quanto uma galinha real, reconhecerá e recordará as dúzias de pessoas diferentes, recordando como agem, mas ao contrário de uma galinha não terá favoritos, nem ficará zangada quando nos se esqueçamos de lhe trazer uma guloseima. Uma galinha real é boa em acatar ordem política, defender seu território, e em cortejar membros do sexo oposto. Certamente, gasta a maioria de seu tempo nestas atividades sociais. Nosso robô não necessitará estas habilidades. Além de seus reflexos e visão de galinha, o robô terá um computador de controle mestre similar às máquinas lógicas convencionais de hoje. O computador de controle recordará instruções, programará tarefas, armazenará fotografias digitais e operará a unidade interna do GPS. Compreenderá leis de tráfego, assim que instruirá o robô para andar na calçada, não na rua, e a esperar até que o semáforo fique verde antes de cruzar a rua. Uma galinha pode facilmente reconhecer um semáforo, mas não compreende o que significa. O computador interno convencional manter-se-á a par de regras sobre semáforos, mas não reconhecerá uma luz de tráfego do mundo real.

---

[98] IBM Corp., STI cell processor, next generation processors, http://www-1.ibm.com/businesscenter/venturedevelopment/us/en/featurearticle/gcl_xmlid/8649/nav_id/emerging

[99] LinuxDevices.com, *Multicore "Cell" processor targets consumer electronics, supercomputers*, http://www.linuxdevices.com/news/NS4769783616.html

Figura 10.1. Uma menina e sua franga. Esta franga reconhece a menina e outros membros da família. As galinhas compreendem as emoções básicas das pessoas e suas intenções, tais como quando se está zangado e determinado a enxotá-la da casa.

Um robô que se mova lento pela casa, que limpe os pratos e recolha o lavado pode ser movido a bateria. Pode ter que recarregar diversas vezes por dia, mas poderia fazer isto rapidamente trocando o bloco de baterias. A fusão a frio não pode melhorar este robô doméstico muito, mas melhoraria sinergeticamente outros robôs, especialmente os independentes e móveis, tais como aqueles enviados a florestas remotas, ambientes hostis como a antártida, sob o oceano, ou aos planetas distantes. A fusão a frio daria tais potencialidades aos robôs muito além de que poderia ser realizado com a energia convencional.

Imagine que façamos um robô do mesmo tamanho que uma galinha real, movido a fusão a frio. Lhe damos uma tarefa como a uma galinha: encontrar e matar um tipo particular de inseto. Enviamos o robô a um parque nacional infestado com os besouros asiáticos Anoplophora glabripennis que estão destruindo árvores[100]. Dizemos ao robô para patrulhar uma seção do parque, procurar estes besouros e matá-los. Permanece dia após o dia trabalhando. As galinhas são incrivelmente boas em localizar, capturar e comer insetos, mesmo pequenos e rápidos. Podem identificar a espécie de longe; sabem quais são de seu agrado, quais são amargos, e quais têm ferrão. Nosso robô não matará acidentalmente insetos errados, ou atacará uma pessoa. Como uma galinha real, tem asas e pode voar acima das árvores com facilidade, tem uma garra para prender-se nas folhas ou poeira. Patrulha metodicamente a área atribuída, cobrindo cada ponto ao

[100] USDA Forest Service, Asian Longhorned Beetle, http://www.na.fs.fed.us/spfo/alb/

menos uma vez ao dia. Escala sem cansar-se as árvores procurando insetos em cada canto e greta. Mantem-se a par de sua posição com a habilidade normal de uma galinha em reconhecer lugares, mais um receptor interno do GPS. Pode ser projetado para caçar de noite, se a espécie alvo fosse noturna. Desde que tivesse energia suficiente, poderia incluir uma câmera de visão noturna e uma lâmpada a diodo emissor de luz. Empregaria também técnicas convencionais de erradicação tais como a atração dos besouros com feronômios.

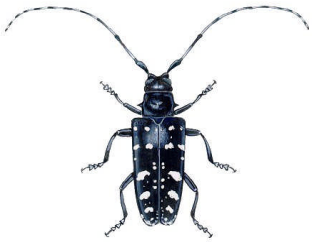


Figura 10.2. Fêmea Anoplophora glabripennis, do web site USDA

O robô registra suas matanças com local e outras observações como data, hora e posição do GPS. Emite periodicamente um relatório do progresso às matrizes através de um telefone celular em seu interior. A base de dados crescente dos robôs é um tesouro de informações para os naturalistas a cargo do programa do erradicação. Os coordenadores do projeto transmitem periodicamente atualizações novas do software aos rebanhos de robôs, melhorando seu desempenho. Por exemplo, poderiam instruir os robôs para examinar com cuidado os besouros em algumas espécies de árvores durante um verão atrasado, ou após a chuva.

Se o robô necessitar de manutenção de rotina ou quebrar parte dele, regressa à fábrica para reparo e então retorna à sua área atribuída. Os frangos robôs podem viajar rapidamente, e encontrar seu caminho a casa a milhas de distância. Um frango robô GPS viajará a qualquer ponto da América do Norte em algumas semanas, ou em qualquer lugar do mundo em alguns meses. Este não é um desafio mecânico. Os pés e as asas do robô serão dirigidos pelos músculos artificiais (polímeros eletroativos), que duram muito tempo quanto os músculos naturais. Alguns pássaros migram anualmente de América do Sul para a América do Norte e os pássaros marinhos sobrevivem tempestades e viajam milhares de quilômetros.

Suponha que estes frangos robôs fiquem eventualmente muito baratos com uma produção em massa. Se despacha 10.000 deles a um parque nacional para erradicar os besouros invasores. Deixa-se um milhão deles na América do Norte. Procuram em extensas áreas numa campanha organizada. Quando se encontra uma área infestada, chamam os outro para ajudar. Alguns anos mais tarde todos os besouros se foram. Os chamamos então os robôs, ou lhes emitimos instruções para outra atribuição.

Especificações do Frango Robô

1. De 1 a 2 Kg. Aproximadamente a mesma massa de um frango real, mas a forma pode ser completamente diferente segundo as necessidades. Lembra um grande inseto.
2. De 4 a 6 patas.
3. Acionados por músculos artificiais (polímeros eletroativos - EAP), não por motores e engrenagens mecânicos. O ciclo de vida e a força dos EAP têm alcançado já níveis comercialmente práticos.
4. O robô é um ornitóptero, ou avião que agita suas asas, com as asas duras, pregáveis. Assemelha-se a um besouro antes que a um pássaro. Uma hélice seria perigosa e ruidosa. Poderia ferir uma pessoa.
5. Visão binocular. Visão noturna e iluminação de baixo nível para a operações noturnas.
6. Telefone celular, GPS, em rede com os demais robôs.
7. Emite de volta fotos das vítimas. Alguns modelos coletam e retornam as vítimas.
8. Observa, fotografa e grava em vídeos a outras espécies também. Os dados são um tesouro para os naturalistas. Pode ser usado para estabelecer uma contagem de população realista para muitas espécies por primeira vez.
9. Método da matança: alicates provavelmente plásticos. Nada que pode ferir um ser humano, ou poluir o ambiente. Nenhum veneno ou objetos afiados.
10. Espalham feromônios para atrair vítimas.
11. Feito do plástico áspero, com um escudo exterior de borracha macia. Sem bordas ou objetos agudos projetando-se. Iluminados o bastantes de modo que se o robô colidir com um veículo ou uma pessoa, ou cair de uma árvore e bater numa criança, nenhum ferimento sério seja provável.
12. Silenciosos e discretos. Nenhum ruído ou ruptura do ambiente natural. Modelos que cortam videiras invasoras ou coletam árvores mortas lentamente, tomando horas para cortar uma única videira, trabalhando mais silenciosamente do que um pica-pau.
13. Visíveis mas não berrantes. Têm "USDA" e instruções impressas no lado.
14. Compreendem e obedecem um número limitado de comandos de voz: como "pare, fora, quem/o que é você, ajuda, relatório."
15. Têm uma tecla vermelha proeminente de contato de "emergência" para a função de busca e salvamento. Quando você a pressiona, o robô contata imediatamente polícias através do telefone celular, e transmitem a sua imagem e sua voz. Se o robô não puder fazer o contato, após ter dito a pessoa que pressionou a tecla o que planeja fazer, o robô voa alto, e tenta fazer outra vez o contato.
16. Anuncia sua presença ao invadir um piquenique: "Olá. Eu sou um robô do controle de pestes do USDA. Se você quiser que eu deixe esta área, diga por favor: ` Vá´. Se você requerer auxílio, diga por favor `Ajuda´. Se você quiser que eu conte sobre o programa de controle de pestes do USDA/Cornell, diga: `Relatório´ . . ."
17. A aparência não horrorosa nem intimidante. Aparenta astúcia. Não incomoda as pessoas; parte quando pedido.
18. Se alguém tomar o robô e tentar levá-lo, não luta nem resiste, mas diz preferivelmente: "por favor não perturbe este robô. Este robô está fotografando-o agora e contatando aos guardas do parque e à polícia local através do celular . Se esta for uma emergência, pressione por favor tecla da `emergência´ vermelha situada na parte superior deste robô. . . " (a tecla de emergência pisca em vermelho.)

10. Frangos-Robôs e Outros Prodígios

Figura 10.3. Franggo Robô num parque, limpando uma árvore infestada, voando. Ilustração por A. Rothwell.

Os robôs aspiradores de limpeza já foram introduzidos no mercado. Fazem algumas das coisas que os frangos robô farão. Sabem ir para a frente e para trás até que cubram todos os pontos de um quarto, à maneira que as galinhas policiarão toda parte onde os besouros possam se esconder. Os protótipos de uma outra máquina ainda mais parecida ao frango robô estão sendo desenvolvidos. Um robô pequeno, lento e móvel foi projetado para patrulhar um campo de colheitas, capturando lesmas[101]. Numa versão futura, os projetistas esperam mandar o robô embeber as lesmas numa cuba plástica com um líqüido que mata as lesmas e as fermenta para produzir biogás para energizar o robô. Ou seja os robôs digerirão sua rapina e usarão a energia para encontrar mais rapina. As galinhas vivas reais fazem a mesma coisa: comem insetos e usam

[101] Kelly, I., *et al.*, *Artificial Autonomy in the Natural World: Building a Robot Predator*, http://www.coro.caltech.edu/People/ian/publications/ecal99.pdf

a energia para encontrar mais insetos. Os robôs protótipo predadores e comedores de lesmas são lentos e usam pouca energia. Não poderiam capturar qualquer coisa que se move mais rapidamente do que uma lesma. (as lesmas não somente se movem lento, também são fáceis de identificar, porque ressaltam com iluminação vermelha de um diodo emissor de luz.) Estes robôs ao melhorarem tornar-se-ão gradualmente capazes de capturar pestes mais ágeis. Evoluirão a frango robô descritos aqui. O leitor pode querer saber, nesse caso: por que a fusão a frio é necessária? Por que não energizar os frangos robôs com a energia química das pestes que destroem ou com baterias ou células combustíveis convencionais? A resposta é que quando os frangos robôs poderão ser desenvolvidos com estas fontes de energia convencionais, e gradualmente se tornariam úteis e a um custo eficaz, a fusão a frio aceleraria o desenvolvimento, e melhoraria o produto tremendamente. Daria-lhes uma margem de energia extra enorme, que traduz em potencialidades extra, em confiabilidade e num projeto mais fácil de realizar.

As baterias fariam os frangos robôs pesados e volumosos. Talvez nunca voassem, só rastejariam ou caminhariam. Teriam a dificuldades em cruzar estradas ocupadas para alcançar sua posição atribuída. Mesmo que fossem impermeáveis, não poderiam cruzar um córrego rapidamente ou escalar um encosta íngreme. Não poderiam buscar insetos no alto das árvores, em saliências rochosas ou em outros lugares difíceis de alcançar. As células combustíveis seriam também pesadas e embora armazenassem mais energia do que baterias, teriam uma carga limitada. As máquinas que dependem da energia química de suas vítimas, como os robôs de caça às lesmas ou as galinhas vivas, freqüentemente “morrem de fome”. Quer dizer, ficariam sem energia e encalhariam no meio dos bosques. Com qualquer destas fontes de energia convencionais teriam que administrar sua energia com cuidado. Teriam que ser projetados com uma eficiência incrivelmente boa e as capacidades de caça eficaz de insetos devem começar com o produto em sua primeira geração. Não poderiam operar telefones a pilha, construídos em sistemas GPS ou computadores sofisticados e pesados. Não poderiam voar centenas das milhas da fábrica à sua posição atribuída. A fusão a frio daria aos projetistas a direção do projeto. Por segurança as máquinas ainda terão que ser razoavelmente eficiente em relação à energia; não queremos irradiar centenas de watts de calor inutilmente. Isso seria perigoso. Mas os projetistas podem ter 10 ou 20 watts de energia para poder trabalhar, que é muito mais energia do que uma galinha real tem.

Os projetistas, provavelmente no início, não saberão fazer estes robôs trabalharem bem. Os primeiros modelos não capturarão muitos insetos. Mas com a fusão a frio "não morrerão de fome" e permanecerão no local trabalhando na velocidade máxima por semanas ou meses. Farão o melhor que suas habilidades limitadas permitam e comunicarão sempre tudo aos engenheiros do projeto e aos naturalistas sobre seu desempenho, dados que serão usados para melhorar a geração seguinte de máquinas.

Um cérebro real de galinha é surpreendentemente pequeno e consume pouca energia. Os computadores de controle sintéticos da classe “cérebro de ave” podem eventualmente rivalizá-los, mas os primeiros modelos pesarão certamente cem gramas ou mais, e consumirão diversos watts de potência. A fusão a frio dará aos engenheiros do projeto a oportunidade de usar estes modelos primitivos crus, ineficientes em muitos produtos que teriam, de outra maneira, esperar anos.

Uma versão a combustão destes robôs poderia armazenar algumas fotos de baixa resolução dos insetos que matem, junto com dados rudimentares sobre a posição onde o inseto

foi encontrado. Isto seria armazenado num cartão de memória, como os usado numa câmera eletrônica. Os dados seriam recolhidos todas as semanas em que o robô retornasse à base para reabastecer. (Uma versão a bateria teria que retornar à base a cada poucas horas.) Um modelo a fusão a frio terá energia sobressalente, assim que pode levar um disco duro de computador portátil inteiro a bordo. Gravaria retratos de alta resolução, filmes, leituras do espectrometro de massa, a posição do GPS, a temperatura, luz ambiental, condições do tempo locais, e toda outra informação que os engenheiros e naturalistas possam encontrar útil. Comunicará estes dados à matriz de noite ou de hora em hora se for necessário. Quando o robô não pode alcançar a matrizes porque está num vale profundo, ou longe de uma torre de telefone celular, gravará sua posição na unidade do GPS, e então voa alto, estabelece o contato, transmite a informação, adquire suas atualizações mais atrasadas de software, e retorna ao ponto na terra de onde saiu.

As fontes de energia de hoje incapacita os engenheiros de projeto, freqüentemente confrontando-os com escolhas difíceis e frustrando as qualidades de desempenho. Isto é óbvio com nossas frangos robôs imaginários, mas também é verdadeiro para a maioria das outras máquinas, reais e imaginárias, atuais e futuras. Os pesquisadores que desenvolvem o robô que come lesmas descreveram as qualidades e as limitações complexas com que lutam:

> . . . os animais e nossos robôs, que estão na mesma situação vida livre, terão diversos objetivos simultâneos. As lesmas devem ser recolhidas; as baterias devem ser recarregadas; não deve ter perdas; deve sempre ter bastante carga a poder retornar ao ponto de reabastecimento; deve manter a funcionalidade de seus sensores e atuadores; e assim por diante. Como podemos nós aproximar a tarefa de programar os robôs em nosso sistema de modo que ajam sempre para maximizar o tempo de sobrevivência previsto? Nossa estratégia, como projetistas, deve ser encontrar uma solução computacionalmente praticável que dê o desempenho adequado. Nós sabemos que por causa da ineficiência do processo digestivo, nosso sistema no melhor dos casos estará no borde da sobrevivência é assim que nossas exigências de desempenho podem ser mesmo mais severas do que aquelas que um animal que vive exclusivamente de lesmas experimentaria.
>
> Infelizmente, nos faltam informações detalhadas que nos levariam imediatamente a uma solução específica e ótima. . .

A engenharia seria muito mais fácil se os pesquisadores não tivessem que se preocupar com baterias, reabastecer e tempo de sobrevivência. A fusão a frio daria ao pseudo-animal um milhão de vezes mais energia do que um animal real, pondo a anos luz afastado do "borde de sobrevivência". Os engenheiros que trabalham neste projeto estão procurando uma solução elegante, com cuidado, equilibrada. A fusão a frio lhes daria uma solução de força bruta que afastaria a maioria das considerações preocupantes do projeto. Fará o mesmo para a maioria das outras máquinas, mesmo aquelas onde os engenheiros estão usando qualidades que não observam.

Um frango robô será um guarda ou um protetor excelente de noite. Imagine um alarme móvel contra assaltantes ou um robô cão de guarda que percorra cômodo por cômodo, 24 horas por dia, verificando em toda parte, prestando atenção a tudo, procurando movimento ou qualquer coisa fora do comum. As galinhas não têm nenhum problema em reconhecer que um desconhecido veio à sua casa, e uma galinha é boa em levantar uma algazarra e em fugir de gente que tema. Na Europa, os gansos são usados como cães de guarda. Um assaltante pode despedaçar

um alarme imóvel ordinário. Pôde mesmo disparar num cão de guarda, que é um alvo grande. Mas eu duvido que muitos assaltantes poderiam capturar uma galinha ou a abater com uma pistola. Em todo o caso, o guarda-robô despachará rapidamente um aviso à polícia através de seu telefone e câmera internos e no entrementes estará programado para fujir e esconder-se ou voar até o telhado, quando continuará a transmitir um vídeo vivo do assaltante à polícia local.

Um frango robô de guarda agirá também como um espantalho, patrulhando periodicamente fora o jardim afugentando corvos e cervos dos vegetais, do celeiro, até a casa. Será um alarme de fogo móvel, verificando em toda parte para ver se há sinais do fumo ou de fogo. Seria uma boa babá, atribuída de seguir uma criança pequena que joga no jardim, para certificar-se de que não se perca nem caia na lagoa.

Pouca inteligência mas vai longe. As células de fusão a frio diminuirão a qualquer tamanho. Suponha que se façam robôs menores, do tamanho dos pardais ou locustídeo. As células minúsculas, menores do que uns locustídeo têm produzido já muito mais potência do que alguns locustídeo poderiam. Estes robôs serão demasiado fracos para realizar ações, mas poderiam ser programados para procurar besouros invasores e chamar então a brigada de frangos robôs. Poderiam reconhecer tipos individuais de pessoas e veículos. A polícia despacharia um milhão de robôs para encontrar um matuto perdido, um criminoso querido, ou um terrorista que se esconde nas montanhas do Afeganistão. É completamente impossível para um exército humano procurar atrás de cada árvore, em cada caverna e casa em uma nação, mas os insetos encontram sua maneira em todos estes lugares. Um milhão de robôs insetos que procurariam em alta velocidade durante todas as horas de luz do dia podiam cobrir uma área imensa. Poderiam fazer exame rápido - ou uma foto de cerca - de cada pessoa num estádio aglomerado. Uma máquina em forma de inseto com uma fonte de alimentação que durasse por décadas, com somente tanta inteligência quanto um inseto vivo teria a habilidades que mal podemos imaginar.

A serviço de um ditador, estes locustídeos poderiam pairar sobre os cidadãos, mantendo-se a par de suas atividades, os livros que lêm, suas reuniões e conversações. Os locustídeos emitiriam um vídeo para a matriz da polícia sempre que um cidadão fizer qualquer coisa suspeita ou incomum, ou não relacionada a suas tarefas atribuídas. Há incontáveis outras possibilidades ameaçadoras. O capítulo 11 descreve algumas das armas horríveis que as pessoas poderiam fazer com os frangos robôs.

Se nós pudermos fazer computadores tão espertos quanto macacos Capuchinho ou cães de busca Labrador, poderão executar todo o trabalho de rotina, tal como dirigir automóveis, trabalhos em linhas de montagens e executar cirurgia cerebral. Executariam a cirurgia sob a supervisão de um médico, naturalmente, mas fariam realmente a maioria do trabalho, tal como os jatos Jumbo voam a maior parte do tempo com piloto automático. A delicada cirurgia dos olhos a laser é executada já por computadores, e não poderia ser feita de nenhuma outra maneira.

2. Mais sobre espécies invasoras e outros problemas criados pelos homens

As espécies invasoras são aquelas trazidas pelo homem de um ecossistema a outro, deliberadamente ou por acidente. A videira de kudzu no sudeste dos estados unidos é um exemplo bom. É nativa do Japão. Foi trazida aos Estados Unidos por companhias da estrada de ferro no início do século 19 para impedir a erosão. A videira cresce rapidamente - até 30

centímetros num dia - assim que faz um bom trabalho ao impedir a erosão. Mas não tem nenhum inimigo natural nos Estados Unidos, assim que tomou e destruiu 3 milhão hectares da terra[102,103]. Na costa ocidental, na área de Seattle, um grupo chamado Liga Anti-Ivy busca erradicar a hera européia nos parques e nas áreas da região selvagem. A hera européia é uma espécie invasora nesse ecossistema, embora naturalmente não cause nenhum dano na Europa. A melhor maneira de tratar uma espécie invasora será fazer robôs autônomos na mesma escala da peste que se quer erradicar, ou na mesma escala que o inimigo natural da peste. O kudzu e a hera européia devem ser destruídos por robôs do tamanho dos pica-paus. Um robô o tamanho de um inseto demoraria um tempo demasiado longo, e um do tamanho de um cão ou de um ser humano seria desnecessariamente grande e destrutivo. A maioria da maquinaria agrícola é hoje do tamanho de um caminhão ou de um trator, mas um robô deste tamanho, para este trabalho, seria absurdo. Necessitamos robôs insetos ou como pássaros sob medida para matar a espécie de inseto invasora, e robôs submergíveis como peixe para matar as estrelas do mar e as algas marinhas japonesas que invadiram as águas australianas, a partir da água de lastro de navios.

A água de lastro de navios é a ameaça principal aos ecossistemas oceânicos! Algo deve ser feito sobre isto, com ou sem a fusão a frio. Felizmente, um bocal e um filtro simples eliminariam muito do problema, retalhando e matando espécies maiores de 1 milímetro. Usando tecnologias existentes e inspeções e leis melhores, nós podemos fazer muito para impedir espécies invasoras novas, mas é duro imaginar como podemos usar a tecnologia de hoje para desenraizar as espécies que já se alastraram. Os robôs a fusão a frio farão o trabalho. Os milhões de cortes de videiras de kudzu a mão custariam somas enormes de dinheiro. Nunca se empregaria bastante mergulhadores para matar todos as estrelas do mar invasoras na Austrália. Os povos têm tratado às vezes de espécies invasoras trazendo outra espécie do país de origem. Encontra-se um inimigo natural das estrelas do mar japonesas nas águas do Japão, e transportam-na à Austrália. Infelizmente este inimigo é também um invasor, e pode terminar causando problemas novos e imprevistos. É como a parábola do homem que corta um pé de uma cadeira porque é pouco uma demasiado longa, e então corta outro porque esse ficou mais comprido, e então deve cortar outra e outra, até que a cadeira fica sem pé.

Suponho que os frangos robôs erradicarão eventualmente os besouros invasores. Nos dirigimos às espécies em extinção usando métodos mais crus, sem tentar ou querer salvá-las. Entretanto, mesmo que não livrem a América do Norte do último besouro, os frangos robôs reduziriam extremamente o número deles e os danos que fazem às árvores. Isto abriria um nicho ecológico ocupado agora pelos besouros às espécies nativas. Depois de um assalto inicial com um milhão de frangos robôs que pode durar de dois a três anos. Depois disto, uns mil frangos robôs continuariam a patrulhar as árvores à procura de sinais de danos dos besouros, e fazendo contagens da população e observações de outras espécies.

Outros problemas feitos pelos homens no ecossistema serão atacados também com robôs pequenos. Há agora milhões de cervos brancos em excesso na costa do leste dos Estados Unidos. Destroem as árvores novas e põem em perigo espécies, morrem de fome em grandes números, e espalham doenças. Um naturalista da área de Washington, D.C. chamou-os "ratos com cascos." A população dos cervos explodiu porque as pessoas mataram seus predadores naturais tais como

---

[102] National Park Service, *Weeds Gone Wild: Alien Plant Invaders of Natural Areas*, Kudzu, Pueraria montana var. lobata, http://www.nps.gov/plants/alien/fact/pulo1.htm
[103] University of Alabama, *The Amazing Story of Kudzu*, http://www.alabamatv.org/kudzu/

lobos e leões de montanha, e as pessoas já não caçam muito mais cervos, especialmente nas vizinhanças suburbanas. Nós não podemos mandar frangos robôs matar cervos. Isso seria demasiado traumático. Não quereríamos os robôs vagueando pela paisagem carregando armas mortais ou doses fatais de veneno. Uma criança curiosa ou uma pessoa poderia ser morta por erro. Mas poderíamos ter robôs como insetos que achem e inoculem os cervos com hormônios para controlar os nascimentos. O controle de nascimento animal selvagem foi tentado em uma escala pequena, mas é caro. Os próprios hormônios são baratos, mas custa muito pagar caçadores experientes para encontrar os cervos e para disparar-lhes com dardos de inoculação. Estas inoculações seriam também perigosas às pessoas. O método teria que ser testado no campo com cuidado, e talvez funciona sob controle remoto por diversos anos. Os robôs poderiam ser semi-autônomos. Poderiam emitir uma imagem de vídeo de seu paciente alvo a um operador humano, e pedir permissão antes de administrar a dose. Talvez os veterinários podem encontrar um método mais seguro, como os contraceptivos humanos de pele, ou a pulverização do animal na boca, ou a pulverização do alimento que está comendo.

Este método pode também ser usado para controlar as populações de cães e de gatos de rua. Os testes estão sendo conduzidos com RU-486 misturados com alimento animal. As doses individuais administradas por robôs sobre uma área grande alcançariam provavelmente a maior parte da população.

Os frangos robôs recolherão também o lixo e a sujeira nas ruas, nas estradas, nos parques e rios. Podem ser equipados com detetores de radiação para procurar por lixo radioativo perdido ou por restos radioativos. Pacientemente localizarão, recolherão, e disporão com segurança de cada sucata cancerígena e radioativa.

11. Engenhos Militares Daninhos

Todo o equipamento nos estabelecimentos militares do mundo - tudo dos navios, dos tanques, dos caminhões, dos aviões e dos satélites das telecomunicações às lanternas elétricas e aos rádios - serão obsoletos pela fusão a frio. Se uma nação tal como China ou Austrália devesse emergir dez anos desde agora equipado com armas a fusão a fria, o transporte, a aviação e a sustentação logística, poderia esmagar as forças militares de qualquer outra nação tão facilmente quanto os Ingleses derrotaram os chineses nas guerras do ópio, ou tão facilmente como os navios encouraçados derrotaram os navios de madeira na guerra civil dos Estados Unidos.

A contribuição mais importante que a fusão a frio pode fazer às forças armadas, provavelmente, não será com armas novas. Será com as máquinas prosaicas dotrabalho diário, civis tais como os motores de veículo, as fontes de alimentação elétrica, e os aviões de transporte. Tais coisas tiveram sempre um grande impacto na guerra moderna. As estradas de ferro jogaram um papel crucial na guerra civil dos Estados Unidos e na primeira guerra mundial. Em 1948, Gen. Eisenhower escreveu[104]:

> . . . outras quatro partes do equipamento que a maioria de oficiais senior vieram considerar como entre o mais vitais em nosso sucesso na África e na Europa foram a escavadeira, o jipe, o caminhão de 2½ toneladas, e o avião C-47 [DC-3]. Curiosamente, nenhum destes foi projetado para combate.

Muitas outras técnicas civis jogaram papéis cruciais na segunda guerra mundial, incluíndo a gasolina de alta octanagem, o rádio, e a penicilina.

Os motores a fusão a frio de desempenho elevado nos helicópteros, nos tanques e nos caminhões mudarão a natureza destas armas. A área de operação será estendida indefinidamente. Um helicóptero a fusão a frio pode sair de qualquer lugar da terra e voar seja lá onde for, sem parar. Poderia voar em velocidade superior, que é aproximadamente 400 quilômetros por hora (250 milhas por hora) para os helicópteros de hoje[105]. Não há nenhuma necessidade para que a `velocidade de cruzeiro´ reduza o consumo de combustível. Os navios, os tanques, os helicópteros, e os aviões do transporte viajarão por meses sem se reabastecer, como os aviões e submarinos atuais movidos a fissão nuclear. Uma das dores de cabeça mais grandes na guerra de tanques é o reabastecimento da logística e do combustível. A invasão aliada da Europa foi parada no fim de 1944 foi principalmente por causa da falta de combustível. Os exércitos alemães de tanques foram parados na batalha de Bulges quando ficaram sem gasolina. Levantar depósitos maciços de combustível e transportar o combustível era a parte principal da guerra do golfo em 1991. Um tanque a fusão a frio funcionará sem reabastecer-se até que se desgastem e fiquem inusáveis. As armas aéreas teriam escalas ilimitadas.

O radar foi inventado para servir às necessidades das forças armadas, mas foi vital às aplicações civis, e o radar não é uma arma no sentido que fere alguém. A fusão a frio gerará muitos tipos novos de armas. Espero que a maioria delas não sejam letais, como o radar. Eu espero que muitas serão pequenas e baratas, vendo-se mais como brinquedos do que armas. Em

---

[104] Eisenhower, D., *Crusade in Europe*. 1948: Doubleday & Co., p. 164

[105] Os helicópteros a fusão a frio não voariam mais rápido; o rotor e os materiais das transmissões são o fator limitante, não a potência do motor.

todo o caso, estes são o único tipo que discutirei neste capítulo, porque sei pouco sobre armas, e não gosto de pensar sobre a guerra.

Embora eu não seja nenhum perito em armamento, qualquer um com conhecimentos rudimentares de aviões e outras máquinas pode pensar como incapacitá-las ou destrui-las combinando a fusão a frio com dispositivos baratos, produzidos em massa. É aqui como uma nação imaginária pequena, Ruritânia, pode derrubar ou destruir a força aérea de Estados Unidos. Considere:

Primeiramente, a força aérea dos EUA não tem muitos aviões de guerra. Consiste em 10 grupos cada um com aproximadamente 130 aviões, ou em total 1.300 aviões.

Em segundo, os motores a jato são notavelmente frágeis. Antes que as operações de vôo num porta aviões comecem, uma linha da tripulação anda lentamente pela plataforma de vôo à procura de porcas, parafusos, ferramentas ou sucatas caída. Isto é chamado de "uma caminhada FOD" - objetos estranhos e restos. Se um destes objetos for sugado pelo motor, pode causar danos sérios, derrubando mesmo um avião. Os motores a jato sugam freqüentemente pássaros, causando danos e acidentes sérios. Os registros das FAA é de aproximadamente 4.000 batidas em pássaros e $300 milhões nos danos por ano devido a animais selvagens, impressionante - principalmente pássaros mas também cervos e outros animais em pistas de decolagem[106].

Resumindo, a maneira mais fácil incapacitar um avião é jogar uma chave grifo na turbina. O motor será, provavelmente, danificado e pode mesmo explodir. Em todo o caso, o avião ficará fora de ação. Assim, para derrotar a força aérea dos Estados Unidos se necessita aproximadamente 13.000 chaves, e posicioná-las perto de onde os aviões estão estacionados. Se vigia os aviões. Sempre que um piloto acione um motor, se arremessam 10 chaves na entrada de motor. O truque deve ser superar as objeções dos grupos de vôo e do pessoal militar, que tentarão parar a ação. Suponha que a Ruritânia produza em massa 13.000 máquinas voadoras pequenas, lentas, cada uma do tamanho de um corvo ou um avião modelo de controle remoto. Estas podem ser movidas a hélice , ou podem ser ornitópteros (com asas mecânicas). Voariam a 3.000 metros de altura em não mais de 150 quilômetros por a hora.

Os aviões automatizados têm voado já dos Estados Unidos à Austrália. Não seria difícil coordenar um enxame deles. Viajar longas distâncias não seria um desafio. Pode ser feito com materiais ordinários. Os pássaros migram milhares de milhas, e os pássaros do oceano podem sobreviver furacões no mar.

Estes corvos mecânicos seriam equipados com os computadores rudimentares, câmeras, GPS e controle remoto por rádio a curta distância. Trabalhariam nos enxames de 100 cada. Um enxame seria controlado por um aeroplano espião mais rápido de grande altura, equipado com GPS e comunicações por rádio com as matrizes, ou talvez com uma rede distribuída de aviões espias, que seriam mais duros de derrubar. Poderiam comunicar-se através de satélite ou através de uma corrente de aeroplanos espias com a Ruritânia. Cada avião espia voaria em círculos na alta atmosfera. O rádio poderia ser tão poderoso quanto se quiser, já que a fonte de alimentação não seria limitada pela quantidade de combustível que poderia carregar. Ambos, os "corvos" e os aeroplanos espias pairar sobre bases da força aérea norteamericana indefinidamente. Cada vez

---

[106] International Bird Strike Committee. http://www.int-birdstrike.com/index.html http://wildlife-mitigation.tc.faa.gov/public_html/

que um motor de helicóptero, avião ou turbina de jato partisse, diversos corvos mergulhariam direito com uma bomba para a entrada do motor, como diminutos aviões camicaze. Pairariam ao redor por semanas ou meses, até que os motores funcionassem as hélices se desgastassem e as máquinas caíssem por terra. Novos enxames seriam despachados diariamente. Para cada máquina que desgastou, outra entraria em seu lugar. Estas máquinas custariam somente a uma fração minúscula do custo dos aviões norte americanos que impedem.

Pode-se supor que seria trivial disparar e abater estas coisas, e seria certo. Um fazendeiro com uma carabina pode abater um corvo. As tropas da força aérea e do exército poderiam provavelmente explodir centenas de corvos mecânicos, mas a Ruritania poderia enviar a milhares mais para ocupar seus lugares. As armas antiaéreas e os mísseis antiaéreos patriot não são projetados para abater enxames de objetos como aves que voam em padrões aleatórios a 3.000 metros acima do solo. Seria como tentar golpear mosquitos com um bate-estacas. Os EUA gastariam muitíssimo mais dinheiro em munições, força humana e no esforço de golpear um corvo fora no céu do que a Ruritânia gasta para fazer um corvo novo. Esta é uma guerra economicamente assimétrica.

Se a força aérea tentasse despachar um helicóptero ou avião a jato para bombardear estas máquinas irritantes, o operador remoto encarregado na Ruritânia veria o helicóptero começar a se mover, e requisitaria cinco ou 10 corvos para pará-lo. Eventualmente, a Ruritania enviaria sua própria força aérea de aviões grandes, equipados para ocupar os EUA. Podendo consistir em algumas dúzias de aviões, mas os EUA estariam sem defesa para pará-los. Desde que este o avião grande fosse também a fusão a frio, voariam em torno do mundo a velocidade superior, em alturas que nenhum avião a combustível fóssil pode alcançar, talvez fora da atmosfera. Chegariam e pairariam então sobre as cidades principais e bases militares, pairando indefinidamente, arrastando suas couraças e esperando uma resposta. Quando os EUA tentassem lançar seus aviões para os interceptar, os corvos mecânicos mergulhariam aos milhares para incapacitar cada avião no momento em que se movessem. Fechariam os tubos do lançamento de mísseis patriot assim que as tampas abrissem. Após algumas semanas de frustração, os EUA não teriam nenhum avião intacto, e seriam forçados a negociar a rendição. Se isto parecer improvável, tenha que as táticas de guerrilha e as armas pequenas e inovativas no passado derrotaram impérios grandes, tais como a Inglaterra na guerra revolucionária dos EUA, e os EUA na guerra do Vietnã. No Vietnã, os EUA supunham que as munições aéreas de alta tecnologia seriam para detectar seres humanos e animais, e eliminá-los ao explodir. As tropas vietnamitas derrotaram-nos pendurando cubetas do urina nas árvores.

Desde que a escala seja ilimitada, os grupos de corvos mecânicos poderiam facilmente esconder sua presença e atacar de direções aleatórias. Os grupos poderiam ser enviados de milhares de quilômetros em sentidos aleatórios, convergindo mais tarde sobre o alvo. Alguns poderiam vir do leste, enquanto outros voarem em torno do mundo e virem do oeste. Poderiam voar roçando apenas acima das ondas, não detetáveis pelo radar, ou por dentro das selvas profundas para se esconderem e esperar semanas.

Esta é, naturalmente, mera fantasia. Na vida real os EUA planejariam rapidamente máquinas pequenas ou foguetes baratos para destruir os corvos. As máquinas usadas para abater os corvos poderiam ser movidas convencionalmente, desde que necessitariam somente voar uma distância curta. Mesmo assim, a fusão a frio terminará a era de grandes aviões e helicópteros a jato militares propelidos a combustível fóssil. Se tornarão armas vulneráveis, baratas e simples.

Se os grandes aviões militares permanecerem em uso, terão que ser re-projetados com motores a fusão a frio, sem vulneráveis entradas de ar ou combustível explosivo.

Se pode imaginar muitas armas similares bastante importunantes. Causariam danos a todas os departamentos militares, destruíndo pneus, cortando fios, transmitindo sinais falsificados de GPS nas proximidades, ou pacientemente, quietamente, furando e cortando o fundo do tanque de combustível de caminhões estacionados. Uma broca a fusão a frio pode manter-se girando até que não haja nada do objeto, ou pode aquecer uma haste de aço ao incandescente e mantê-la quente por semanas, gradualmente penetrando o material. O trajeto de uma linha de telefone de fibra ótica ou de um encanamento é marcado com sinais de advertência, para sinalizar aos escavadores para não danificar a instalação. Os corvos procurariam por estes sinais de advertência, e então cavariam e cortariam a conexão. Mesmo que uma refinaria pode ser protegida, os encanamentos que conduzem a ela a milhares de quilômetros não podem ser guardados ao longo de seu comprimento todo. É impossível esconder este tipo do infraestrutura vulnerável, e nenhum exército humano seria grande bastante para guardá-la.

Um pequeno "corvo", quieto, imperturbável, a controle remoto movido a fusão a frio pode voar a uma base militar na noite, secretamente sob os beirais de um edifício ou numa pilha de lixo atrás de uma doca de carregamento, e começar um incêndio uma semana mais tarde. Nas palavras do desenho animado de Disney Lilo e Stitch, estas máquinas do juízo final "seriam inseridas irresistivelmente às cidades grandes onde romperiam sistemas de esgotos, inverteria os sinais de rua e roubaria todos os sapatos esquerdos". Nem centenas de truques de Halloween incomodariam tanto, um exército não a pararia. Mas os milhares de danos executados automaticamente ou por controle remoto, dia após dia, cada vez que você por um veículo estacionado ou a termina de instalar novos fios elétricos, causariam um caos e haveria tanto trabalho extra que nenhum exército poderia lidar com ele por muito tempo. Durante a invasão de Normândia, a resistência francesa executou táticas similares sobre os exércitos alemães. Na guerra do Iraque, algumas pessoas puseram carros bombas que amarrou milhares de tropas e desmoralizou a nação inteira. Imagine o efeito de 10.000 incidentes pequenos num dia, a maioria deles inofensivos, mas o bastante para incapacitar um caminhão ou para cortar a energia de um edifício. Cada um faria com que dúzias de tropas parassem o que estão fazendo para tratar do problema.

Se enviaria chaves grifo voadoras para derrotar aos aviões militares. Não se teria que enviar bombas grandes. As chaves grifo voadoras são mais baratas, menores, mais claras, mais rápidas, e mais seguras para que suas próprias tropas trabalhem com elas. Por que incomodar-se com explosivos quando você pode usando o jujitsu para explodir os aviões que possuem fraquezas? Por que ferir os pilotos inimigos quando se quer é os manter na terra e impotentes? Ainda, as armas podiam ter incorporados fusão a frio que faria explodir os explosivos químicos convencionais, fazendo-as mais sinistras e destrutivas. Armas a fusão a frio armadas com explosivos podia provavelmente representar os sistemas de armas os mais poderosos e os mais sofisticados, tais como navios importantes. (e não suponho que poderiam superar mísseis nucleares.)

Considere o torpedo MK-47 convencional. Foram desenvolvidos nos anos 1970. Têm seis metros de comprimento e pesam 1,5 tonelada. Podem encontrar um alvo de 1,4 quilômetro de distância, e caminham 8 quilômetros antes que o combustível se esgote e o torpedo pare. Custam US$2,5 milhões cada. Imagine agora uma versão a fusão a frio . Sua escala seria de

milhões de quilômetros; os torpedos poderiam andar a velocidade máxima até que os mancais desgastem e o motor pare de girar. Poderiam ter uma eletrônica mais simples e mais barata porque necessitariam adquirir os alvos a uns 100 metros de distância. Suponha que Ruritânia está prestes a declarar guerra aos EUA. Despacha rebanhos destes torpedos para deambulasr fora dos portos e das bases navais dos EUA, esperando um navio importante para aparecer. Os torpedos lançam-se então sobre o navio, emitindo periodicamente relatórios de rádio via satélite às matrizes em Ruritânia que mostra sua posição, seu estado operativo, tempo local e assim por diante. Um torpedo seria ao menos 3.000 vezes mais barato do que um navio importante, e provavelmente 100.000 vezes mais barato com um projeto simplificado, de produção em massa. Assim a Ruritânia poderia ter recursos para fazê-los um grande número para instigar o inimigo, mesmo se a marinha dos EUA encontrasse maneiras destruir alguns deles. Um torpedo não pilotado pode acelerar, girar e manobrar muito mais rapidamente do que um navio equipado e tripulado.

Os torpedos se poriam a alguns metros atrás de um navio de superfície. Seguir um submarino seria pouco um mais complicado. Quando o submarino submerge, o seguiriam num grupo. Os submarinos são muito quietos, para evitar a deteção; mas nessa escala o torpedo não deixaria de ouvir as hélices. Para isso, poderia provavelmente ouvir as conversações dos tripulantes, grava-as, e transmitem-nas para Ruritânia. O rádio tem um curta distância sob a água. O torpedo mais próximo ao submarino submerso, primeiro na linha, não poderia contatar Ruritânia. Mas poderia emitir um sinal de curta distância ao seguinte na linha, o segundo, que seriam alguns metros atrás e 50 metros acima. O segundo torpedo passaria o relatório sobre ao terceiro, 50 metros acima daquele, e assim por diante até à superfície do oceano onde o último torpedo enviaria a posição e o relatório à conexão satelital ao quartel general. Quando a guerra é declarada, um sinal seria emitido ao último na linha, e um momento mais tarde enviado abaixo da superfície ao primeiro, que atacaria e explodiria, seguido pelo segundo, pelo terceiro e assim por diante.

Os torpedos convencionais sem redução, sem ogivas de guerra poderiam ser diminuídos a um metro cada como um peixe grande. Estes seriam muito mais baratos. Estes poderiam ajudar a manter na parte traseira a ligação de comunicações a Ruritânia, ou poderiam simplesmente causar problemas para o grupo de submarinos, golpeando ruidosamente dia e noite o casco, sujando as hélices, atolando-se em picada, cobrindo a lente do periscópio, e fazendo ruídos rudes nos microfones do sonar. Quando o submarino submerge, uma onda deles ataca e aderem-se ao casco como as medusas, começando um passeio livre. Freeman Dyson e outros sugeriram que "uma mina móvel como medusa" ou "ventosa" poderiam ser usados para se espiar submarinos. Estes dispositivos robôs se adeririam ao casco de um navio que passasse. Meio milhão de Minas medusa ordinárias as foram usadas na segunda guerra mundial, e uma história de ciência ficção publicada em 1942 descreveu as versões móveis cibernéticas, que viajam submersas a um porto, espera um navio passar, e o explode então[107]. Os marinheiros num submarino ou navio podem perceber que uma medusa se uniu ao casco. De acordo com o almirante Sir Anthony Griffin, peritos da marinha real inglesa são treinados para mergulhar sob os navios parados no meio do oceano para remover tais minas[108]. Em tempo de guerra este seria um empreendimento perigoso

[107] Leinster, M., *The Wabbler*, in *Astounding*. 1942. This is one of the early descriptions of what later became known as cybernetics.
[108] Griffin, A., personal communication.

para o mergulhador e o navio, porque o navio estaria imóvel e vulnerável ao ataque. A fusão a frio faria uma medusa mais fácil de executar, e muito mais eficaz. Primeiramente, a medusa encontraria o submarino sem falta, porque poderia navegar em torno da metade do mundo e esperar justo fora do porto. (nadaria afastado ou se estabeleceria na lama do fundo sempre que um navio ou um mergulhador saísse investigar.) Em segundo, seria tão difícil de remover como duas dos modelos convencionais, imóveis de hoje. Imagine tentar remover cem medusas móveis que têm o poder de evitar, e inteligência artificial rudimentária ou ligação do controle remoto a um operador humano distante. Sempre que o mergulhador se aproximar de uma medusa, esta fugiria rápido e encontraria um ponto novo no casco, ou nadaria afastando-se do navio e esperaria pacientemente no escuro das águas, até que o mergulhador se fosse e o submarino começasse a andar outra vez, quando a medusa atacaria o casco outra vez.

Os submarinos são equipados com armas anti-torpedo. Eu não sei quanto carregam, mas suponho que há lugar para umas 20. Que no caso da Ruritânia caberia umas 40 sem redução acopladas aos torpedos com ogivas de guerra, e talvez cem peixes e medusas para as ajudar.

A vantagem principal de um submarino é que está escondido. Um submarino nuclear com mísseis é uma ameaça digna de crédito porque outras nações não sabem onde se esconde e não podem destrui-lo numa primeira batida. A fusão a frio acoplada aos torpedos obvia esta vantagem. A Ruritânia mítica não pode querê-los, mas no mundo real, China provavelmente, presumivelmente o único poder nuclear que ameaça os EUA. Uma vez que a fusão a frio se torna viável, a China poderia facilmente desenvolver tais torpedos. Os países hostis a Israel, provavelmente, os desejariam também.

1. Os Frangos Robôs Como Armas

As armas descritas acima podiam ser feitas combinando a fusão a frio com a tecnologia existente. Os "corvos" de aborrecimento maciço poderiam ser operados por controle remoto, embora este trabalho exigiria um grande corpo de soldados dia e noite ocupados de Ruritânian, e as ligações de controle falhariam freqüentemente, incapacitando as armas ou deixando-as cair nas mãos do inimigo.

O capítulo 10 descreve uma descoberta futura de inteligência artificial que eu a batizei de computador de controle de processo da classe “cérebro de ave”. Serão combinados com as pequenas máquinas autônomas que chamei de “frangos robôs” e a NASA chama de “robosects”. As armas pequenas tais como os “corvos” seriam muito mais potentes se tivessem uma inteligência artificial rudimentar de baixo nível, como inteligência funcional, aproximadamente no mesmo nível que uma galinha ou uma vespa. Poderão voar, reconhecer pessoas, e distinguir entre espécies diferentes. Ao contrário dos robôs de hoje com inteligência artificial, não terão dificuldade nenhuma em distinguir as sombras dos objetos. Isto faria as armas descritas neste capítulo muito mais fáceis de executar e operar-se, e com maiores probabilidades de abater os alvos.

Os frangos robôs serão uma grande dádiva à humanidade. Farão muitos trabalhos que as pessoas não podem, como destruir espécies invasoras, limpar o lixo que se dispersou sobre uma enorme área, ou agir como alarmes móveis contra assaltos e contra incêndios. Mas um frango robô maligno do programado para causar dano seria algo assustador, especialmente quando acoplado a armas convencionais ou às armas de aborrecimento maciço. Um terrorista ou um

déspota poderia fazer milhões de robôs voadores, não maiores do que armas de mão, cada um equipado com uma bala calibre 22 ou uma injeção de veneno, como um ferrão de abelha. Voariam até uma vítima e dispararíam nela a curta distância. Poderiam pairar sobre uma cidade ou uma base militar, e voando, então, através de uma porta ou de uma janela aberta para assassinariam alguém dentro de um edifício.

As galinhas não têm nenhuma dificuldade em distinguir seres humanos vivos de outros objetos, de outros animais, de um chamariz, e de pessoas que estão já inoperantes, e são mais rápidas e mais ágeis do que as pessoas, assim que seriam imparáveis. Reconhecem uniformes, armas e intenções das pessoas, como quando você apanha uma vassoura para afugentar uma galinha da cozinha. Quando eu e você juntos recolhemos um punhado de migalhas da mesa e saímos a alimentar as galinhas, elas nos reconhecem, são duas pessoas, cada uma com alimento. Dividem-se em dois grupos, e cada grupo recolhe o alimento em torno de um de nós. Mesmo as criaturas tão simples quanto abelhas fazem isto. Se você pisar num enxame de abelhas quando estiver alimentando as galinhas, as abelhas saem em enxame, dividem-se em dois grupos, e atacam a ambos. Os supercomputadores de hoje podem ter dificuldades em distinguir entre sombras e objetos, e não podem reconhecer duas pessoas como dois alvos separados, mas um enxame irritado de abelhas o faz. Assim, cada uma destas armas manuais voadoras selecionaria uma pessoa real, não uma sombra ou um manequim; cada um selecionaria uma vítima diferente; e cada um abateria o alvo.

Estas armas-de-mão/abelhas voadoras seriam “as armas espertas”; cada uma disparando para matar ou incapacitar um soldado. Um terrorista armado com algumas cargas de armas-de-mão voadoras pode sentar-se confortavelmente em qualquer lugar do mundo, não arriscando nada, totalmente indetetável, e em algumas semanas pode assassinar a maioria dos soldados das forças armadas dos EUA. Os únicos antídotos a tais armas infernais seriam outros dispositivos a fusão a frio da classe cérebro-de-ave. Felizmente, estas não necessitam ser armas destrutivas ou perigosas. Nós não teremos que embarcar numa classe de armas nucleares nova - uma miniatura mas armas mortais. Nós necessitamos somente as máquinas que custam tão pouco quanto armas-de-mão voadoras, e que abatam as armas-de-mão ou as incapacitem. Uma galinha pode geralmente enfrentar uma outra galinha.

Como mencionei, os encanamentos são vulneráveis ao ataque por corvos de controle remoto ou por frangos robôs autônomos. Os encanamentos são impossíveis de esconder. Embora nenhum exército humano seja grande bastante para proteger um encanamento contra estas armas pequenas, os frangos robôs autônomos podem fazer o trabalho praticamente sem nenhum custo, guardando contra sabotagem, e também acidentes ou derramamentos ordinários.

A fusão a frio e os computadores da classe “cérebro-de-ave” ambos serão desenvolvidos mais tarde ou mais cedo. Seus benefícios potenciais compensam em muito os riscos. Mas as potencialidades das armas descritas neste capítulo serão aparentes a todos no momento que a tecnologia apareça, assim que seria boa uma idéia manter as nações democráticas na vanguarda do desenvolvimento.

11. Engenhos Militares Daninhos

12. Armas Aterrorizantes, E Armas De Destruição Maciça

A maioria de peritos dizem que uma bomba nuclear a fusão a frio é fisicamente impossível. Esperemos que estejam certos. Os dispositivos a fusão a frio são baratos. Se uma bomba fosse possível, alguém poderia montar centenas de dispositivos do tamanho de uma caixa de , cada um com o poder da bomba de Hiroshima, cada um que custa somente alguns milhares de dólares. Não seriam radioativos, assim que não poderiam ser detetados. Este cenário improvável alertou uma história da capa da revista Mecânica Popular, em agosto de 2004.

Figura 12.1. A lúgubre história de capa da *Mecânica Popular* , Agosto de 2004, era "O pior pesadelo da América: Bombas H Feitas em Casa , A Tecnologia de Fusão a Frio Habilita Qualquer um a Construir uma Arma Nuclear de Materiais Comumente Disponíveis".

O artigo citou Eugene Mallove, que se preocupou sobre bombas a fusão a frio. Citou os peritos sem nomear-los do departamento da defesa que parecem ser coincidir que a fusão a frio pode fazer alguns aspectos da produção convencional das armas nucleares mais baratos ou mais fáceis, simplificando a produção de trítio ou das armas a base de urânio. Mas mesmo se isto acontecer, a maioria de aspectos da produção e da manutenção de bombas nucleares não se alterariam, e um projeto para fazer uma bomba necessitaria bilhões de dólares e milhares de peritos hábeis. A maioria dos peritos rejeitaram os argumentos da *Mecânica Popular* como sinistros, sensacionalistas e prejudiciais. Martin Fleischmann diz freqüentemente que quis atrasar o anúncio da fusão a frio em 1989 porque viu algumas implicações com a segurança nacional, mas chamou esta história da revista de "excessiva", adicionando:

> Há, naturalmente, uma conexão entre "a fusão a frio" e as implicações da segurança nacional mas duvido muito que o artigo da "Mecânica Popular" poderia contribuir a este tópico[109].

A maioria de investigadores pensam de que uma reação em cadeia ou uma explosão são impossíveis por três razões: a fusão a frio trabalha somente com uma treliça intacta do metal;

[109] Fleischmann, M., personal communication, 2004

acelera-se com relativa lentitude, assim que destruiria a treliça antes que pudesse aumentar a níveis elevados; e não é uma reação em cadeia. Numa reação em cadeia de fissão do urânio, um evento provoca diretamente dois ou mais outros, e a reação pode aumentar exponencial num tempo muito curta (80 gerações em 1 microssegundo). A fusão a frio pode levantar a temperatura do metal, e esta temperatura mais alta causa, freqüentemente, uma atividade maior da fusão a frio. Isto é chamado de realimentação positiva. O fogo na madeira atua da mesma maneira: o calor de uma chama rapidamente vaporiza e inflama mais combustível, acelerando o fogo. Mas nem o fogo nem a fusão a frio são uma reação em cadeia no mesmo sentido da fissão nuclear do urânio.

Apesar destas limitações, houve ao menos cinco explosões inquietantes e umas inexplicáveis na história da fusão a frio: [110]

1. Fevereiro de 1985. Uma das primeiras células de Fleischmann e Pons no campus da universidade de Utá explodiu.
2. Setembro de 1989, T. P. Radhakrishnan et al., BARC, Bombaim. A temperatura do eletrólito "disparou para acima" de 71°C a 80°C e a célula explodiu111.
3. Abril de 1991, X. Zhang et al., Institute of Southwest Nuclear Physics and Chemistry112. Três explosões ocorreram nas células com cátodos em tubo de paládio. Duas destas explosões destruíram as células de vidro, fundindo os medidores de máximo 1 e 2. Cerca de uma meia hora depois do evento, a temperatura do banho que cerca a pilha foi encontrada com 5°C de elevação. Havia 33 ml de gás no topo da pilha, aproximadamente 40 vezes menos do que necessitaria para causar este evento.
4. Setembro de 2004, J.P. Biberian, Université d'Aix-Marselha II. Uma célula com um cátodo em tubo de paládio explodiu. A célula não teria mais que 120 ml, então, de gás no topo, que não parece como bastante para causar uma explosão química desta intensidade.
5. Janeiro de 2005. Mizuno et al., Universidade de Hokkaido. Na primeira fase de uma experiência de descarga, antes que o plasma apareça normalmente, a temperatura da célula elevou-se de repente a 80°C e um clarão branco brilhante cercou o cátodo. Um instante depois a célula quebrou e mais tarde, fundiu a porta de segurança de Pyrex do recipiente da célula. Os cacos de vidro foram arremessados até 6 metros de distância, e um deles feriu Mizuno. A explosão produziu aproximadamente 132.000 joules, ou 441 vezes mais do que a energia total da entrada113.

---

[110] Pode ter havido muitas outras. Revisei esta seção no início de Março de 2006 listando três eventos. Alguns pesquisadores logo contataram-me e apontaram dois outros documentos que descrevem explosões anômalas. Este é um campo vasto, e ninguém pode conhecer tudo que foi anunciado. milhares de documentos foram publicados em inglês, muitos mais em línguas que não posso ler, e muitos outros resultados não foram publicados.

[111] Radhakrishnan, T.P., et al., *Tritium Generation during Electrolysis Experiment*, in *BARC Studies in Cold Fusion*, P.K. Iyengar and M. Srinivasan, Editors. 1989, Atomic Energy Commission: Bombay. p. A 6. http://lenr-canr.org/acrobat/Radhakrishtritiumgen.pdf

[112] Zhang, X., et al. *On the Explosion in a Deuterium/Palladium Electrolytic System*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.

[113] Mizuno, T. and Y. Toriyabe. *Anomalous energy generation during conventional electrolysis*. in *The 12th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2005. Yokohama, Japan. http://lenr-canr.org/acrobat/MizunoTanomalouse.pdf

11. Engenhos Militares Daninhos

Os eventos 1, 3, 4 e 5 foram anômalos. Isto é, produziram mais energia do que qualquer reação química poderia produzir. Não está claro quanto energia foi produzida pelo evento 2; pode ter sido uma explosão convencional do recombinação. Em janeiro 1992, num acidente trágico em SRI, uma célula de fusão a frio explodiu, matando o investigador Andrew Riley. Entretanto, isto foi causado por reações químicas convencionais. Ocorreu apesar de uma série de dispositivos de segurança e as precauções falharam, numa coincidência incrível[114].

Figura 12.2. Os restos de uma célula que explodiu em Setembro de 2004, na Université d'Aix-Marseille II. Photo courtesy J-P. Biberian.

A primeira explosão na Universidade de Utah produziu a maior quantidade de energia anômala. Charles Beaudette a descreve numa entrevista no rádio:

> Fizeram uma de suas primeiras experiências na sala 1113 do edifício norte de Henry Eyring no campus da universidade de Utah. Saíram de noite e voltaram na manhã seguinte e encontraram uma bagunça. Meu testemunho ocular diz que havia um furo [grande] na bancada do laboratório, havia muitas partículas materiais no ar, Pons e Fleischmann tinham um olhar engraçado como o gato que comeu o canário. Estavam antes satisfeitos que aborrecidos com o que tinha acontecido[115].

Enquanto não houver nenhuma dúvida que esta reação libera mais energia do que um dispositivo químico do mesmo tamanho poderia liberar, isto não prova que um dispositivo em grande escala poderia produzir uma explosão maciça. No pior dos casos, a reação é

---

[114] Smedley, S.I., et al. *The January 2, 1992, Explosion in a Deuterium/Palladium Electrolytic System at SRI International*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.

[115] RADIO WEST, by Douglas Fubbrezio, interview with M. McKubre and C. G. Beaudette, November 27, 2002, station KUER, University of Utah, http://lenr-canr.org/Collections/KUERinterview.htm. The original transcript said this hole was 14 inches, but Fleischmann recalls and that it was much smaller.

provavelmente similar à fusão do núcleo de reator convencional de fissão nuclear. A fusão do núcleo pode liber mais energia do que uma massa igual de combustível químico poderia, e pode causar danos catastróficos, tais como a explosão de Chernobyl, mas não pode provocar o tipo da explosão maciça de uma bomba atômica .

Um reator nuclear de urânio pode ser re-modelado para fazer impossível a fusão do núcleo. Os protótipos dos reatores da próxima geração tais como o reator modular da cama de seixo são assim. Tem 300.000 “mini-reatores redondos”, cada um do tamanho de uma bola de tênis. As bolas são mantidas separadas a uma distância segura, por sua forma, e nunca podem alcançar a massa crítica ou sair de controle. São refrigerados a hélio, que circula por convecção. Não requer bombas ou outros dispositivos ativos que poderiam quebrar, e continuará circulando mesmo se a planta do reator é abandonada. Um reator por fissão pode ser feito à prova de fusão do núcleo, e é provável que um reator a fusão a frio possa também, talvez, por métodos similares. A maioria de peritos concordam que uma vez que nós compreendamos a natureza da reação, nós saberemos projetar as células de fusão a frio que fariam uma outra explosão do estilo de 1985 ou a fusão do núcleo impossível.

Infelizmente não sabemos nada sobre a natureza da explosão de fevereiro de 1985, porque Fleischmann e Pons não conservaram nenhuma evidência física deste evento, tal como uma parte da mesa queimada, ou da sucata do cátodo que explodiu. Em minha opinião, isto foi irresponsável e anti-profissional. Fleischmann concorda pesaroso. Infelizmente, a história da fusão a frio inclui muitos atos descuidados similares, e a destruição irrefletida da evidência e de dados experimentais vitais. Em seu livro[116], Mizuno escreveu que encontrou um tipo de material preto que se formou na superfície do cátodo, e depois confuso sobre esse material casualmente raspou-o fora. O material pôde ter sido paládio, que é preto quando as partículas são microscópicas, ou pôde ter sido uma mistura de paládio e de algo mais. Concluiu mais tarde que este material, provavelmente, era uma evidência crucial que indicaria a natureza da reação. Ocasionalmente jogar fora é uma das coisas mais estúpidas sempre. Disse que concluiu, “eu tinha destruído a evidência crítica. Era como jogar fora o tesouro”.

Mizuno preservou com cuidado os dados do computador e evidências físicas da explosão de 2005, e este material está ainda sob investigação.

[116] Mizuno, T., *Nuclear Transmutation: The Reality of Cold Fusion*. 1998, Concord, NH: Infinite Energy Press, Chapter 4.

11. Engenhos Militares Daninhos

13. A Indústria Do Petróleo Não Tem Futuro

A fusão a frio fará todas as fontes restantes de energia obsoletas. A menos que algo melhor surgir, cem anos a partir de agora será, provavelmente, a única fonte primária de energia. A maioria do calor da fusão a frio pode ser convertido a outras formas de energia, tais como eletricidade ou combustível químico para finalidades especiais. Outras fontes de energia serão gradualmente extintas, começando com as mais caras, as mais controversas e ambientalmente destrutivas, tais como o petróleo e o carvão. As fontes alternativas tais como o vento e a solar são caras e serão abandonadas também. Eventualmente a hidro-eletricidade se tornará anti-econômica. As represas hidrelétricas são baratas de manter, mas as linhas de transmissão da energia que funcionam das represas às cidades requerem a manutenção cara. Eventualmente, depois que as linhas de transmissão se danifiquem com uma tempestade, as pessoas decidirão que não vale a pena repará-las.

A energia solar no espaço ou na superfície da lua pode ser competitiva, mas os engenheiros de produção ficarão, eventualmente, tão acostumados à fusão a frio e as fontes de alimentação da fusão a frio produzidas tão massivamente que serão tão baratas e de confiança que os engenheiros não se incomodarão com as alternativas, mesmo na lua.

O petróleo será o primeiro alvo para ser substituído pela fusão a frio, especialmente nos EUA, por diversas razões:

1. O petróleo é o combustível fóssil mais caro, assim que os clientes estarão ansiosos em comprar uma substituição barata. Há menos incentivo para substituir o carvão, que é aproximadamente dez vezes mais barato. (as fontes de energia diferentes são medidas convencionalmente com unidades diferentes, fazendo-as difíceis de comparar. Uma tonelada do carvão rende 25.849 megajoules, e é equivalente a 4.4 tambores de petróleo[117]. Em 2002, uma tonelada do carvão custava US$17.80[118], e um tambor de petróleo custava US$20.34, assim que o carvão era aproximadamente cinco vezes mais barato. Em setembro 2004, o petróleo tinha se elevado a ao redor de US$40, e o carvão ficou inalterado.)
2. O petróleo tem uma energia mais elevada do que outras fontes tais como o carvão. De 10 a 20% da energia do petróleo são usados para extrair e refinar o próprio petróleo. O petróleo produzido no Oriente Médio deve ser transportado em torno de meio mundo a outros países através dos petroleiros que consumem o equivalente de 5% do petróleo que carregam.
3. A maioria de petróleo é usado para uma finalidade limitada: transporte, principalmente em veículos a motor a gasolina, mas também em trens a diesel, em navios, e em aviões. Os EUA e outros países tiveram previamente geradores elétricos a petróleo, mas após a crise do petróleo dos anos 1970, a maioria foi posta fora de serviço[119]. Porque esse número limitado de máquinas que funcionavam a petróleo podiam facilmente ser alvejadas. Uma vez que se desenvolva um motor a fusão a frio da para veículos, 45% do mercado do petróleo cairá.

---

[117] Conversions can be done at http://www.processassociates.com/cgi-bin/convert.exe
[118] *Annual Energy Review 2002*. 2003, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 215.
[119] *Annual Energy Report 2002*, p. 149

4. Os EUA têm abundância de carvão e urânio, e são quase auto-suficientes em gás natural, mas importam 60% de seu petróleo. O petróleo descoberto nos EUA sobretudo nos anos 1930, e virtualmente nenhum petróleo novo foi descoberto desde o início dos anos 1970. A atingiu seu máximo em 1971, e caiu em um terço. Dentro de algumas décadas cairá a zero[120].
5. O petróleo representa muitos interesses políticos. Muito vem do Oriente Médio, que é flagelado por guerras, por revoltas e por terrorismo. Alguns críticos dizem que a guerra no Iraque é realmente "uma guerra pelo petróleo". Isto é discutível, mas por outro lado, se não houver nenhum petróleo no Oriente Médio, parece improvável que os EUA estariam envolvidos na região.

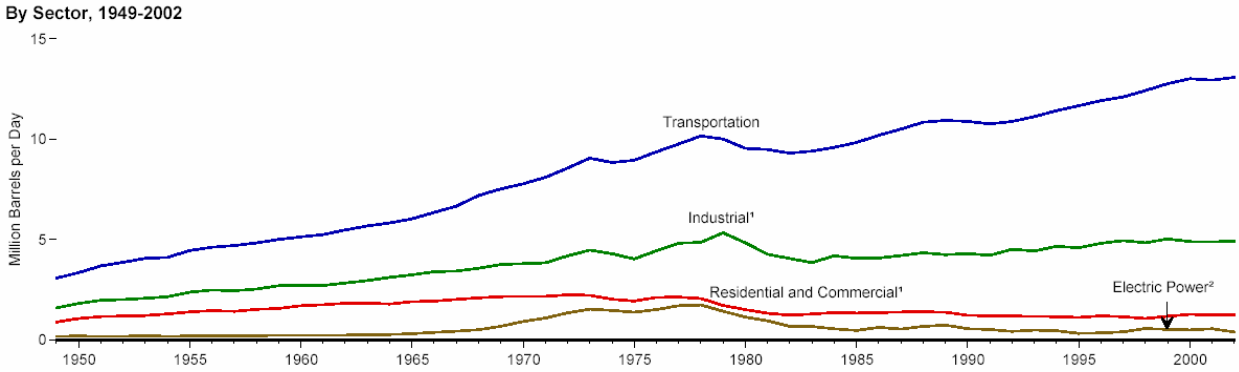


Figura 13.1. Consumo de Petróleo nos EUA por setor. De: *Annual Energy Report 2002*, p. 148

Martin Fleischmann uma vez disse que a fusão a frio é como uma bicicleta velha: você tem que começar a usá-la antes que possa acreditar. Uma vez que a vê acontecer no laboratório muitas vezes já parece não mais parece impressionante. As ramificações da fusão a frio também leva tempo para se aprofundar nelas. É surpreendente quantos peritos as negligenciam no início. Discuti a fusão a frio com peritos do petróleo diversas vezes. Começam dizendo que não importará a longo prazo se o mercado para o combustível do petróleo definhe muito, porque o petróleo tem muitos outros usos como matéria prima industrial para coisas como o plástico. Dezenove por cento do óleo são usados em aplicações não energéticas, mas os peritos dizem que o mercado crescerá no futuro. Quando Hal Puthoff se encontrou com os presidentes da Pennzoil, Texaco, Marathon, Coastal, e outras companhias de petróleo, disseram-lhe que dariam boas-vindas à energia a custo zero. Parafraseando-os: "quando examinamos nosso precioso recurso fora da terra para fazer nylon, plásticos, drogas, etc., nós não usamos muito e temos uma grande margem de lucro. Quando examinamos fora do campo dos automóveis, o aquecimento doméstico, é como se queimássemos quadros de Van Gogh e Picasso. Por favor faça uma idéia deste fardo que carrega nossa indústria. E deixe-nos comprar algo para fazer nossas refinarias mais eficientes". Com todo o respeito devido, penso que estes executivos estavam caçoando, ou isto era uma falsa bravata. Nenhum executivo são seria assim corajoso com a perspectiva de perder 81% de seu negócio. Por que deve a companhia de petróleo se importar o que o cliente faz com o produto? Recebem os mesmos US$40 por o tambor se o cliente queima o material ou faz nylon com ele. Em todo o caso, penso que estes executivos estão errados. Perderão 100% de seu negócio. O petróleo não valerá nada. Perguntei aos peritos: "Se poderia sintetizar o petróleo das matérias primas? Se eu lhe desse o carbono e a água, se poderia fazer qualquer hidrocarboneto

[120] Deffeyes, K., *Hubbert's Peak, The Impending World Oil Shortage*. 2001: Princeton University Press.

petroquímico que se quiser?" Dizem sim, mas seria necessária uma quantidade fantástica de energia. Seria necessária tanta energia para sintetizar o petróleo do carbono e da água quanto se consegue ao queimar o petróleo, mais algumas despesas gerais. Esta seria a planta química a mais anti-econômica da terra. Não lhes ocorre, de partida, que a planta seria barata para funcionar se o custo da energia fosse nada.

Uma planta de petróleo sintético assemelhar-se-ia às refinarias de petróleo de hoje. Os únicos custos principais seriam para o desgaste e a rotura do equipamento, tal como as tubulações e as bombas. O carbono pode vir do dióxido de carbono do ar, ou pode vir do carvão, do lixo, ou das águas servidas, de que as cidades pagarão a planta para extrair. O petróleo já sintetizado do desperdício orgânico no Japão e na Pensilvânia, em plantas térmicas de despolimerização. "Os computadores pessoais, os pneus e mesmo os ossos velhos e as penas de peru" são convertidos em petróleo. O executivo principal numa dessas plantas explicou: "Estamos sobrecarregando esse processo e fazemos em minutos o que a terra faria naturalmente em centenas ou milhares de anos"121. Os críticos dizem que o petróleo resultante é demasiado caro, não é útil para muitas aplicações e o próprio processo consume demasiada energia. Com a fusão a frio será muito mais barato e será desenvolvido extensamente em muitas variações diferentes até que atenda a todas as aplicações de petroquímicos, do asfalto ao óleo lubrificante. As versões menores destas plantas serão instaladas nas fábricas que produzem plásticos. Será mais conveniente, mais barato e mais seguro sintetizar os petroquímicos onde são necessários, melhor que bombeá-los para fora da terra e transportá-los a distâncias enormes.

As máquinas de despolimerização podem eventualmente ser feitas inteiramente automáticas e reduzidas no tamanho até podem ser entregues numa única unidade que caiba num caminhão. Poderiam ser produzidas em massa e usadas para o tratamento local de águas servidas em comunidades pequenas. Seriam um benefício grande às vilas do terceiro mundo, onde as águas servidas não tratadas (desperdício humano e animal) são usadas como fertilizante, água potável e os rios poluídos pesadamente. No futuro distante, as plantas podem ser miniaturizadas até que estejam tão pequenas quanto uma unidade de ar condicionado e poderão ser instaladas nos porões das casas e dos edifícios de apartamentos. O toalete, o chuveiro, o esgoto da cozinha e o triturador, e a maioria do lixo irão pelo dreno até esta caixa, onde o lixo e as águas servidas seriam tratados imediatamente e convertidos em água pura e num volume pequeno de material orgânico inofensivo e seco, na maior parte carbono. O desperdício contínuo seria empacotado automaticamente nos sacos plásticos selados que são coletados e reciclados uma vez por mês.

No futuro bem distante, depois que a síntese química do alimento for aperfeiçoada, esta máquina caseira será conectada diretamente à máquina de síntese de alimentos. A água e o desperdício serão convertidos para em alimento outra vez, automaticamente.

Para evitar o aquecimento global, podemos algum dia construir complexos maciços de síntese de milhões de toneladas de petróleo. (Veja O Capítulo 9.) Estes seriam poços de petróleo reversos. Seriam situados em áreas desérticas tais como Arábia Saudita. Converteriam o dióxido de carbono e a água em hidrocarbonetos, e injetariam então os hidrocarbonetos profundamente em formações subterrâneas.

Os executivos de companhias de petróleo e eletricidade e peritos em energia freqüentemente dizem na televisão que a transição do combustível fóssil demorará de 50 a 70

---

[121] Segre, F., *Company Seeks Fortune Turning Garbage into Oil*, Reuters News Service, http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm?newsid=21583&newsdate=22-Jul-2003

anos. Nunca discutem a fusão a frio em público, mas quando eu trouxe o assunto entre eles, em confidencial, dizem que não faria nenhuma diferente das alternativas convencionais tais como turbinas eólicas ou os reatores a fissão da próxima geração. O que querem dizer é tomaria 70 anos, porque preferem esperar até que seus geradores desgastem e seus poços de petróleo sequem, e gostariam que os deixássemos descansar com sua programação. Não percebem que quando um consumidor vai à Sears ou a outro shopping para comprar uma máquina pequena, barata que dure somente cinco ou dez anos de qualquer maneira, e encontra um modelo melhor no showroom, não hesitará nem não esperará 50 anos antes de comprar o dispositivo novo. (Veja O Capítulo 7, A Seção 5.) Uma pessoa que compre um calefator de água ou um gerador doméstico a fusão a frio não hesitará apenas porque o gerador da companhia de eletricidade tem ainda 50 anos de vida. Os consumidores nunca param para considerar que efeitos adversos suas compras podem ter na companhia de eletricidade, ou na companhia de petróleo. Ao contrário, muitos comprariam o modelo a fusão a frio por isso mesmo. As pessoas não sentem amizade ou a lealdade por companhias de eletricidade, e há pouco amor perdido para as companhias de petróleo e OPEC. A maioria das pessoas se sentiriam felizes em parar de usar seus produtos, mesmo se tiveram que pagar um pouco extra pela recolocação. Se sentriam excitados se a recolocação fosse bem mais barata.

14. A Indústria De Energia Elétrica Não Tem Futuro

No capítulo precedente, vimos como a fusão a frio eliminará rapidamente o mercado do petróleo. Também eliminará gradualmente a necessidade da indústria de energia elétrica. Para compreender porque, considere a história das companhias de energia elétrica. No século XIX e na maior parte do século XX, fêz sentido gerar a eletricidade em centrais grandes. As plantas tiveram que ficar situadas longe das cidades, assim que a energia teve que ser transmitida a distâncias longas, e ser distribuída através de uma rede gigantesca, complexa. As centrais tiveram que estar longe das cidades porque a maioria era a carvão e se emitiam nuvens de fumça. Outras eram represas hidrelétricas, que devem ser construídas onde os estão as cascatas. Tais rios não são navegáveis, assim que antes de construir a hidrelétrica, não tinham nenhum valor econômico, e as cidades grandes raramente estão próximas. As plantas nucleares também foram colocadas longe das cidades porque as pessoas sentiram que poderiam ser perigosas. Isto pareceu ser uma precaução sensata. Os reatores comerciais dos EUA não mataram ninguém em operação, embora a mineração e o refino do urânio mataram, provavelmente, milhares de pessoas. Entretanto, houve alguns acidentes extremamente sérios tais como os de Brown's Ferry, Rancho Seco, Three Mile Island e o de Connecticut Yankee[122]. Alguns destes acidentes foram perigoso, e de longe os acidentes industriais mais caros da história dos EUA, custando bilhões de dólares para limpar, e quase levando a banca rota as companhias de energia.

Historicamente, as plantas centralizadas eram mais seguras, mais baratas, mais limpas, e mais eficiente quanto à energia, pois se economizava com a velha tecnologia. Era mais fácil monitorar uma planta central grande para reduzir a poluição e assegurar a segurança. O equipamento era perigoso de trabalhar com, e requeria centenas de pessoas para monitorá-la e executar a manutenção.

Estas vantagens desvaneceram-se quando a tecnologia evoluiu nos últimos 80 anos. Os geradores a gás modernos não poluem muito. Comparado às plantas a carvão velhas, são seguros e automatizados, e necessitam somente uma equipe de funcionários pequena e muito menos manutenção. As economias foram reduzidas ou eliminadas. Uma planta de tamanho médio a turbina a gás de 100 megawatts é tão eficiente como uma de 1.000 megawatts gigante. Os geradores centrais e a rede elétrica se mantêm porque foram "encarregado"; foram pagos e nós sabemos usá-los. (veja comentários de Steven J. Gould e definição do "encarregado" no capítulo 7, na seção 2.) Com ou sem fusão a frio, as companhias de energia elétrica provavelmente estarão em problemas nas décadas vindouras e cairão em paralisia econômica. Estão sendo suplantadas gradualmente por geradores privados em fábricas e em áreas comerciais, especial co-geração privada (explicado abaixo). A fusão a frio aceleraria esta tendência. Forneceria a eletricidade e aquecimento diretamente às casas, aos shoppings, às fábricas e às fazendas individuais. A tabela 14.1 mostra algumas das vantagens principais da geração de eletricidade

[122] Connecticut Attorney General's Office News Release, September 16, 1997, ""What we have here is a nuclear management nightmare of Northeast Utilities' own making. The goal is no longer to decommission a nuclear power plant, but rather to decontaminate a nuclear waste dump." http://www.ct.gov/ag/cwp/view.asp?A=1772&Q=282568.

centralmente. A maioria destas vantagens foram marginalizadas por geradores convencionais melhorados, e o resto será feito pela fusão a frio.

Tabela 14.1. Vantagens da geração centralizada e das companhias de energia elétrica

Vantagens de grandes geradores centrais	Geradores modernos	Fusão a frio
A poluição é movida a regiões menos populosas, assim prejudica a menos pessoas	✘	✘
A poluição remanescente é reduzida	✔	✔
Mais econômicas	✔	✘
Uso mais eficiente do combustível	✔	✘
Aumento da segurança	✔	✔
Co-geração	✔	✔
Vantagens das companhias de energia elétrica		
Manutenção do equipamento por peritos	✔	✘
Monitoramento da rede por peritos		✘
Rápida reparação da rede depois de tormentas e outros desastres		✘
Distribuição da energia assim a capacidade e os custos do equipamento são compartidos		✘
Corrente alterna sincronizada de vários geradores		✘

✔ Pequenos geradores a gás modernos ou fusão a frio, realiza esta função melhor que um grande gerador central.

✘ Os geradores modernos ou a fusão a frio fazem esta função desnecessária.

Como freguês de uma empresa de energia elétrica se comparte a capacidade da empresa. Se usa uma pequena parte do gerador central gigante e só se usa quando necessário, assim o custo do equipamento é mais barato do que se comprássemos gerador próprio. As grandes fábricas usam pouca eletricidade à noite, quando uma capacidade extra está disponível. Esta vantagem ainda será válida para a fusão a frio; será mais barata se compartirmos um gerador a fusão a frio com algum vizinho, do que se compramos um para cada casa. Para isso, seria mais barato compartir também o aquecedor de água com um vizinho, com canalizações de água quente separadas para ambas casas. Contudo, ninguém se daria o trabalho de compartir um aquecedor de US$ 300. Seria pior a controvérsia sobre a manutenção da tubulação e quanto cada

um pagaria pelo gás. Com a fusão a frio não haverá problemas em comprar um com a capacidade justa para cada um e o equipamento será mais barato que não haverá necessidade de compartir.

1. Co-geração, Ou Combinado-calor-e-energia (CHP)

Um pequeno gerador converte só aproximadamente 20% do calor em eletricidade, e o resto é perdido como calor desperdiçado. Isto, provavelmente, será verdade também para os geradores a fusão a frios. "Calor desperdiçado" ou "degradação da energia" é o termo técnico, mas realmente, este de calor não é inútil. Pode ser posto em bom uso em qualquer aplicação que necessite temperaturas moderadas. Pode aquecer a casa no inverno ou fazer funcionar um condicionador de ar térmico no verão. Pode usá-lo num forno de 56ºC, para aquecer madeira para matar parasitas. Isto é chamado co-geração, ou combinado-calor-e-energia (CHP). Mesmo que um gerador pequeno é ineficiente, quando é usado como um co-gerador, realmente pode entregar mais energia útil à casa, escritório ou fábrica que pode a turbina a gás de uma companhia de 100 megawatts como fazem os ultra-modernos[123,124].

Uma usina gigante geradora de uma companhia também pode ser usada como um co-gerador. Esta não é uma idéia nova. As plantas co-geradoras de Con Edison em Nova York foram usadas desde o século XIX para distribuir o vapor em tubulações sob as ruas, que é usado para aquecer edifícios. Isto é chamado às vezes de "aquecimento distrital". O problema é que a maioria das plantas das companhias de eletricidade estão longe das cidades e das fábricas, em lugares isolados. Não se pode transportar o vapor quente a 50 quilômetros de um gerador a uma cidade. Um co-gerador deve ser instalado perto dos edifícios e das fábricas que necessitam o vapor. Houve propostas de construir fábricas junto aos reatores nucleares de geração de eletricidade e assim poder usar o vapor restante, mas isto não aconteceu. Os geradores das companhias de eletricidade são muito grandes e geram assim muito vapor de sobra, têm que se encontrar uma aplicação ingualmente grande. Não haveria sentido canalizar uma fração minúscula do vapor a uma estufa da fábrica.

Desde que turbinas a gás não produzem muita poluição, são plenamente automáticas e seguras de operar, podem muito bem servir para uso como co-geradores. No Japão, os co-geradores particulares a gás são crescentemente comuns nas fábricas, shoppings e complexos de escritórios. A produção de energia chegou ao ponto culminante em 1998 e declinou desde então. Nos EUA, a co-geração aumentou de 161 bilhões de quilowatt/hora em 1989 a 355 bilhões atualmente, ou 9% de toda a energia elétrica[125]. Na Universidade de Cornell, um co-gerador de 8 megawatt converte 70% do combustível em eletricidade ou calefação[126]. Estes co-geradores de escala de megawatts são úteis para uma autonomia grande tal como uma shoppings, complexos de escritórios, aeroportos, cidades universitárias, ou centros densamente povoados.

O departamento de energia e um consorcio de fabricantes estão trabalhando em pequenos geradores a gás que vão além do combinado-calor-e-energia (CHP), para fornecer o

---

[123] United States Combined Heat and Power Association, http://uschpa.admgt.com/
[124] CMC Power Systems, Inc., http://www.cmcpower.com/html/electricity/household.asp
[125] Annual Energy Review 2002, Table 8.2c.
[126] Cornell University, http://www.sustainablecampus.cornell.edu/energy.htm. The entire campus uses 55 megawatts of electricity, including a 1.1 megawatt hydroelectric generator.

condicionamento térmico do ar também dirigido[127]. Uma versão a fusão a frio de eletricidade desta máquina seria segura para se instalar nos porões e nos armários de equipamentos, já que não produzirá nenhuma emanação, dióxido de carbono ou outros gases. Os produtos nucleares da reação permanecerão na célula selada, até que seja reciclada. Serão apropriados para o uso em toda parte, incluíndo cidades, subúrbios, cabines remotas e vilas do terceiro-mundo.

Os geradores a fusão a frio de primeira geração se assemelharão, provavelmente, aos geradores avançados com microturbina agora sob desenvolvimento no departamento de energia, na GE, na Capstone, na Ingersoll-Rand e em outras companhias industriais. (veja o capítulo 2, a seção 2.) Estes são co-geradores notavelmente eficientes que produzem de 25 quilowatts a 500 quilowatts. Custarão aproximadamente só US$500 por o quilowatt de capacidade, e funcionam por 15 meses entre revisões principais[128].

Os geradores a fusão a frio serão provavelmente co-geradores, mesmo que o custo de combustível seja zero. Não se economizará nenhum dinheiro por conta do combustível, mas pode-se dispensar o dinheiro do aquecedor, economizando dinheiro e espaço em seu porão. Se terá um equipamento a menos de que preocupar-se aproximadamente. O gerador tem que despejar o calor restante através de uma chaminé de qualquer maneira; no inverno pode também circular algum ar morno através de seus dutos da casa preferivelmente. Isto é descrito no capítulo seguinte, que descreve também porque a fusão a frio reduzirá extremamente o uso total da eletricidade nas casas e nas fábricas.

Uma quantidade tremenda de energia é perdida nas usinas geradoras de eletricidade centralizadas nos Estados Unidos. Este diagrama da Annual Energy Review 2000 conta a história. Mostra o fluxo total da eletricidade, medido em quatrilhões de BTU (quads):

[127] Petrov, A., *et al.*, *Study Of Flue Gas Emissions Of Gas Microturbine-Based CHP System*, Engineering Science and Technology Division (ESTD), Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, Tennessee
[128] U.S. Department of Energy, Microturbines Program, http://www.eere.energy.gov/de/program_areas/det_microturbine_prgrm.shtml

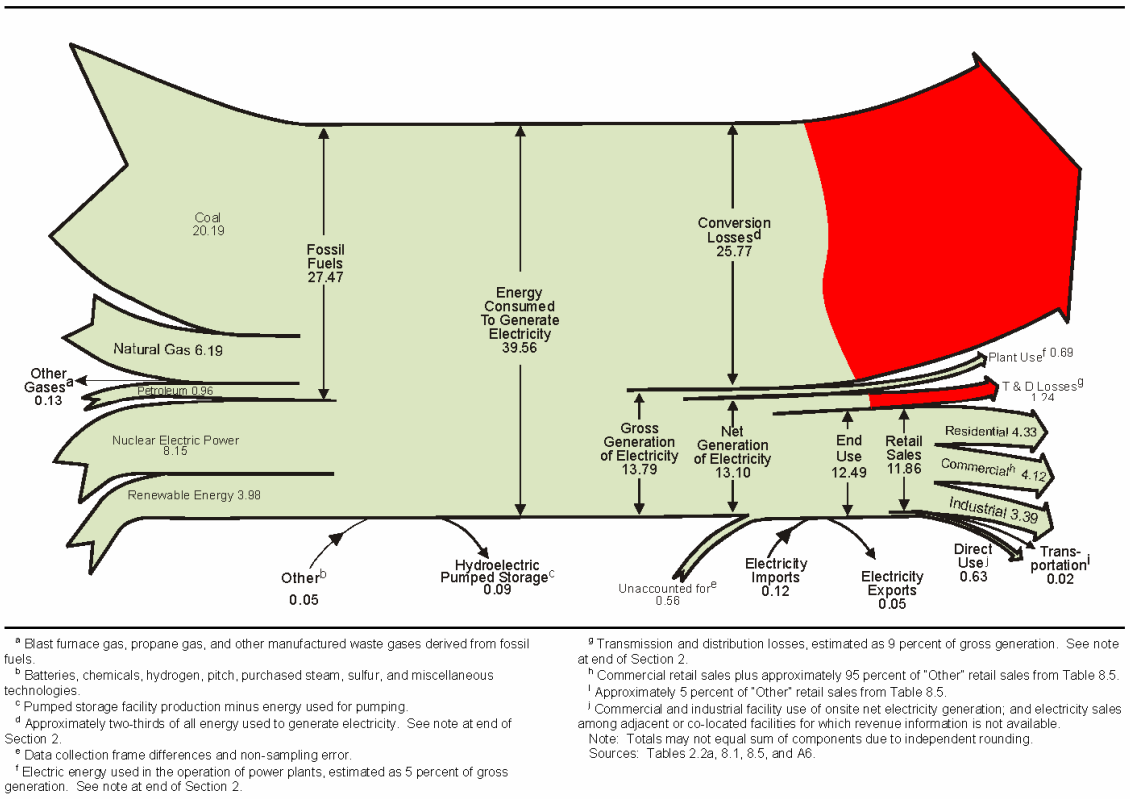


Diagrama 13.1. Fluxo da Eletricidade, 2002 (Quatrilhões de BTU – Quads). De: *Annual Energy Review 2002*. 2003, Administração da Informação da Energia, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 219. A perda da energia é mostrada em vermelho. (A cor vermelha adicionada por J. Rothwell.)

Vinte e seis quatrilhões de BTU de energia, ou 65% da energia usada para gerar eletricidade, é desperdiçada em "perdas de conversão", outros 1,24 quads são perdidos na transmissão e na distribuição (T&D). Esta é a energia que nós poderíamos ganhar com a co-geração. O calor perdido da conversão seria usado para o aquecimento doméstico ou de processos, e as perdas de T&D seriam eliminadas porque um co-gerador fica situado ao lado do edifício que usa a energia. Mais energia é perdida na conversão e no T&D do que aproveitamos de todo o carvão consumido nos EUA (o carvão produz 20 quads de eletricidade, e 3 quads diretamente para a indústria, principalmente nos alto-fornos.) Para por de uma outra maneira, se desperdiça 27 quads, 7% de toda a energia consumida no mundo. Este é um preço elevado a pagar pela geração de energia centralizada.

2. O Que Fazem As Companhias De Energia, E Porque Não Necessitaremos Fazê-lo Com A Fusão A Frio

Como notamos acima, graças às companhias de energia compartilhamos da capacidade do gerador com todos da cidade. Se usa somente a eletricidade quando se necessita, assim que os custos de equipamento é bem menos do que se comprássemos cada um seu próprio gerador. As companhias de energia fornecem outros benefícios e serviços vitais: transferem a energia de uma região a outra quando a demanda flutua. Executam reparos da emergência quando as tempestades danificam as linhas de transmissão. Estes trabalhos serão supérfluos com a fusão a frio. Cada

casa e fábrica terá toda a energia que necessitar, e não haverá nenhuma linha de transmissão. Um dos trabalhos exigido às companhias de energia é sincronizar a saída atual alterna de cada gerador à rede, de modo que a onda senoidal esteja em fase. A falha de energia em 2002 do nordeste foi a pior da história dos EUA, principalmente porque a recuperação se atrasou, em algumas regiões, por um dia ou dois. O atraso foi causado pela dificuldade de sincronização dos gerador durante a partida, e coordenar perfeitamente os geradores díspares da linha. Quando todos os edifícios geram sua própria eletricidade, não haverá nenhuma necessidade sincronizar geradores. A energia será provavelmente a corrente contínua (C.C.) em vez da corrente alterna, em todo o caso. A vantagem principal da corrente alterna é que pode ser enviada sobre longas distâncias eficientemente. Quando o gerador está em seu porão, a energia pode também ser de C.C., desde que a maioria de dispositivos modernos comuns tais como televisões e computadores requerem C.C. em todo o caso, e a C.C. é um tanto mais segura, sendo mais menos provável eletrocutar pessoas.

Alguns observadores sugeriram que mesmo com a fusão a frio pode ser econômico compartilhar a eletricidade. Um gerador doméstico pode contribuir com a eletricidade da rede durante o dia, e toma-a do gerador do escritório à noite. Desde que nós temos já uma rede no lugar, isto pode ser econômico, especialmente se os geradores a fusão a frio de primeira geração forem caros, como parece provável. Uma casa pode necessitar de 15 a 20 quilowatts durante as horas de pico, quando a máquina de lavar e as telenovelas domésticas explodem. Se os geradores a fusão a frio custassem US$ 1.000 por o quilowatt de capacidade, se poderia comprar um gerador de 10 kilowatts, e comprar a eletricidade extra da rede da companhia de energia durante as horas de pico. Mas se os geradores domésticos custassem US$ 200 por quilowatt, pode-se também comprar um modelo de 20 kilowatts. Nunca se teria que preocupar-se sobre economia no funcionando, e você não teria que pagar por sua parte da rede, que é aproximadamente US$ 30 por mês. Realmente, como mostraremos no capítulo seguinte, uma vez que a fusão a frio amadureça, usaremos menos eletricidade no lar, e você não necessitará mais de 10 quilowatts de capacidade.

O que as companhias de energia fazem é análogo ao computador em "tempo compartido" - uma tecnologia dos anos 1960s e 70s. Em 1979, um minicomputador com um disco rígido de 12 megabytes e 64 kilobytes de RAM custavam US$ 32.000. Era eficaz conectar três ou quatro terminais ao minicomputador, e ter três ou quatro empregados compartilhando o mesmo processador (processador central) e disco rígido simultaneamente. Centenas de terminais foram conectados aos computadores de mainframe maiores. Estes computadores mini e mainframe foram projetados com cuidado para compartilhar os recursos com segurança. Deviam coordenar e impedir que um usuário monopolizasse a máquina ou causasse problema. O sistema operativo do computador manter-se-ia funcionando mesmo quando um programa individual deixasse de funcionar, ou o terminal do computador falhasse. Hoje, as companhias de energia fazem o mesmo tipo de trabalho que os minicomputadores outrora. Regula e aloca um recurso escasso. Dá uma parte minúscula de uma máquina centralizada gigantesca. Quando algo ocorre mal, em qualquer altura do dia ou da noite, os peritos da companhia de energia reparam o problema. Hoje em dia, os computadores pessoais individuais substituíram quase todos os computadores mini e de mainframe, porque a capacidade computacional não é mais um recurso escasso. O disco de 12 megabyte custaria agora um décimo de uma moeda de um centavo, assim que não vale o incômodo para dividi-lo entre quatro pessoas. Os computadores transformaram-se numa proposição faça você mesmo. Se compra um na loja de artigos de escritório junto com uma

máquina de fazer café e resmas de papel. Todos têm seu próprio computador, com seu próprio disco rígido, e - infelizmente - todos devem ser seu próprio perito. Quando algo vai mal se está está sozinho. Isto é porque os computadores mainframe ainda são usados para algumas aplicações críticas. Os computadores são menos custo eficazes do que os microcomputadores, mas ainda funcionam com peritos, que os atendem e os reparam. Talvez no futuro haverá ainda usinas de energia de 50-megawatt funcionando por peritos para aplicações críticas em complexos grandes tais como no campus das universidades, bases militares ou shoppings.

A fusão a frio fará eventualmente a energia tão barata, as companhias elétricas estarão tentando vender um produto que seja essencialmente sem ganho.

Alguns autores sugeriram que as companhias de energia sobreviverão porque as pessoas não querem ser seus próprios peritos em relação à eletricidade. É mal suficiente ter que reparar seu próprio computador! Samuel Florman teme que os geradores domésticos não podem ser de confiança. Escreveu: "nós todos ressentimos das companhias elétricas e de telefones mas, quando o serviço é interrompido, um grupo competente chega na cena para ajustar coisas. É fácil dizer que os coletores solares ou os moinhos de vento em nossas casas estarão atendidos nos serviços de manutenção por nosso mecânico independente da vizinhança, mas esta é uma perspectiva que dá calafrios a qualquer um que teve sempre um carro reparado ou tentado chamar um encanador numa emergência".[129] Florman não vive em Atlanta, Geórgia, onde as tempestades de gelo do inverno às vezes interrompem a eletricidade por horas ou dias. Um técnico de manutenção da Sears vem reparar dispositivos ou substituir quase tão prontamente um aquecedor de água como a companhia de eletricidade, e é chamado menos freqüentemente. Desde que os geradores a fusão a frio serão críticos, as companhias de aquecimento e de condicionamento de ar poderão oferecer atenção rápida no serviço. Se os geradores a fusão a frio de primeira geração forem um tanto precários, pode ser razoável instalar dois, cada um com aproximadamente metade da capacidade máxima que se necessita. Os contratantes recomendam hoje esta configuração para fornalhas em algumas casas.[130] Em nenhum caso, os geradores a fusão a frio não serão reparados "por mecânicos independentes da vizinhança". Serão dispositivos de alta tecnologia com nenhuma peça reparável pelo próprio usuário. Quando um para de trabalhar, um proprietário faça você mesmo irá à Sears e comprará um módulo selado de recolocação.

As companhias de energia não encontrarão maneiras de reduzir substancialmente o custo de manter a rede. São peritos já. Têm tratado dos postes de alta tensão, dos transformadores e dos fios de alta tensão por 120 anos. A fusão a frio reduzirá rapidamente o custo de gerar a eletricidade, mas pouco mais pode ser feito para reduzir o custo de distribuir a eletricidade sobre uma rede.

As turbinas hidrelétricas e eólicas ficarão também obsoletas. Podem somente ficar situadas em determinadas áreas geográficas, geralmente longe das cidades, assim que nós

---

[129] Florman, S., *Blaming Technology*. 1981: St. Martin's Press. p. 86

[130] Minha casa, por exemplo. O contratante do aquecimento recomendou-nos instalar duas fornalhas pequenas a gás em vez de uma única, porque a casa é estreita com os dormitórios numa extremidade, assim somente um calefator grande é necessário à noite. O equipamento é um pouco mais caro, mas é mais econômico operar-se, e nas ocasiões raras quando um calefator quebra, o outro mantém a casa morna bastante, e nós não nos preocupamos esperar até o técnico nos atenda.

devemos ter a rede para trazer a energia onde é necessária. A fusão a frio pode ser usada em qualquer lugar.

Se nós não tivermos já uma rede de distribuição, e se ainda não estivesse paga, parece improvável construiríamos uma. Seria mais barato construir redes locais pequenas, aquecimento de distrito com co-geradores, e interconexões de baixas capacidade entre redes locais. Isto reduziria a necessidade de linhas de alta tensão, que são feias e destrutivas. Algumas pessoas suspeitam que causam problemas de saúde. A evidência disto é fraca, mas não há nenhuma linha de alta tensão que não cause dano ao ambiente e aos animais selvagens. Milhões de árvores são cortadas para abrir espaço a uma linha de alta tensão principal, e os desfolhantes químicos devem ser usados para manter as árvores de crescerem outra vez.

3. A Fusão A Frio Reduzirá O Custo Da Eletricidade Em Dois Terços

A eletricidade tem três componentes principais de custo: o combustível, o equipamento gerador, e a rede de distribuição (linhas e subestações de força). Os três componentes são aproximadamente iguais: cada um é aproximadamente um terço de sua conta elétrica. Assim, em princípio, um combustível extremamente barato ou com custo zero deve encolher sua conta elétrica aproximadamente em um terço. Na prática, mesmo que nós descobríssemos alguns combustíveis ultra baratos tais como o urânio, e alguns completamente livres de custo tais como o vento e a luz solar, não reduziram ainda dramaticamente o custo da eletricidade. O problema é nós não se encontrou ainda um combustível barato que trabalhe com geradores baratos. A luz solar é grátis mas os conversores fotovoltaicos são caros. O vento não custa nada, mas os geradores das turbinas eólicas são ainda caros (embora estão cada vez mais baratos), e o vento se espalha por grandes áreas, assim que requer uma rede grande. O urânio é barato mas perigoso, assim que requer edifícios elaborados com equipamentos de segurança. A maioria do dinheiro que se paga, excepto no combustível de urânio, é perdido na usina nuclear cara. O carvão é barato, e o custo nominal de um gerador a carvão é baixo, mas as economias resultam principalmente passando os custos ao público incauto, matando mais de dez mil pessoas ao ano e arruinando a saúde e a propriedade, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental.[131] A extração do gás de carvão eliminaria muitos destes problemas, fazendo o carvão tão limpo quanto o gás natural e extrairia mais eletricidade de cada tonelada do carvão, mas as usinas geradoras seriam mais caras. O gás natural atualmente tem o custo moderado de combustível, baixa poluição, e custo moderado da planta geradora.

O combustível da fusão a frio, o deutério, é tão barato que é virtualmente grátis. A fusão a frio não necessitará edifícios complicados ou equipamento de redução da poluição. Deve ajudar a baixar o custo dos outros dois terços de sua conta, da rede e do gerador.

A fusão a frio parece ser perfeitamente segura, assim que você pode também usá-la em escala pequena, nas casas, nos shoppings e nas fábricas. Isto eliminará gradualmente a necessidade da rede, até que caia no desuso e sejam desfeitas, eliminando um outro terço de sua conta elétrica. Obviamente, por este tempo as companhias de energia elétrica estarão falidas, não

[131] Schaeffer, E.V., Director, Office of Regulatory Enforcement, Environmental Protection Agency, letter of resignation protesting lax enforcement of antipollution laws, March 1, 2002, http://www.grist.org/news/muck/2002/03/01/

tendo nenhuma finalidade e nenhum cliente. A única despesa deixada seria para o equipamento. A fusão a frio gradualmente cortará este terço restante. Reduzirá o custo de todos os aparelhos de aquecimento, incluindo os geradores, o automóvel e os motores aeroespaciais, condicionadores de ar e assim por diante, por três razões:

5. Primeiro, com a maioria dos aparelhos de aquecimento, se pode melhorar a eficiência em energia para um custo de equipamento baixo. Baixa pressão do vapor causa menos desgaste, na tubulação e na turbina. Porque o combustível de urânio é barato, a maioria dos reatores nucleares funcionam com refrigerante, temperaturas relativamente ineficientes. Eventualmente, faremos geradores termoeléctricos sem peças móveis. Durarão, provavelmente, por décadas, possivelmente por séculos. Os conversores termoeléctricos atuais são caros, mas os preços cairão inevitavelmente uma vez que o mercado expanda, porque são feitos de materiais baratos com técnicas de manufaturação ordinárias.
6. A maioria das máquinas que consomem energia primária não têm apelo ao consumidor direto e nenhuma maneira de diferenciar-se entre ofertas do produto. Um aquecedor de água tem poucas características, opções ou sinais e ruídos. Faz somente uma coisa. Nenhum cuidado a tomar. Os fabricantes de equipamentos a fusão a frio terão somente um sentido único para competir e atrair clientes: otimizar o custo do equipamento o mais baixo possível.
7. Quando o custo principal de um componentes cair, abre oportunidades de negócio de inovação e redução de custo de outros componentes. Os microprocessadores baratos forçou o desenvolvimento de discos rígidos baratos. Os automóveis produzidos em massa abriram o mercado para pneus melhores, mais baratos. Infelizmente, como dito acima, com a eletricidade, pulsos técnicos aleatórios impediram esta sinergia feliz fosse mais longe: o combustível de urânio barato trabalha somente com reatores caros; a energia solar de custo zero trabalha somente com geradores fotovoltaicos caros. Com a fusão a frio, as leis da economia devem operar-se normalmente, e o combustível barato incentivará o desenvolvimento dos aparelhos baratos.

Assim, a fusão a frio eliminará dois terços do custo da eletricidade (o combustível e a rede), e reduzirá o terceiro final (equipamento).

As pessoas podem tentar usar a fusão a frio para prolongar a vida de máquinas obsoletas e de indústrias condenadas, tais como o petróleo, o gás, e as companhias de energia elétrica. Pode suceder por um tempo. Talvez haverá ainda alguns poços de petróleo em 30 anos, com as bombas ativadas pela fusão a frio. Os navios consigam um auge final, uma curta vida na era do navio a vela dos 1860s, quarenta anos depois que o primeiro navio a vapor cruzou o Atlântico. Os construtores de navios sobreviveram tomando a tecnologia rival que estrangulava gradualmente seu negócio. Isto é análogo, um fabricante de régua de cálculo usando um computador para abaixar o custo de produção, ou o escritório que vende selos na Internet. Os navios a vela empregaram a engenharia marinha mais tarde melhorada, e os rebocadores a vapor eram essenciais para sua operação. A vela era assim o "extremo" que (longo e desajeitado) nos portos de Londres e de Nova York necessitavam um rebocador a vapor para sair da doca, para manobrar num canal estreito, e para alcançar o mar aberto antes de ajustar as velas. Os motores a vapor prolongaram primeiramente a idade da vela, e então trouxeram-na lentamente a um

extremo. As pessoas podem tentar sustentar as companhias de energia elétrica desenvolvendo geradores grandes, centrais com a fusão a frio no lugar do carvão ou fissão. A longo prazo falharão, mas por algumas décadas podem fornecer à sociedade energia o mais barato possível.

15. Em Casa Com A Fusão A Frio

A maior parte da energia é usada na indústria e no transporte, mas uma fração substancial, 22%, é usada no lar:

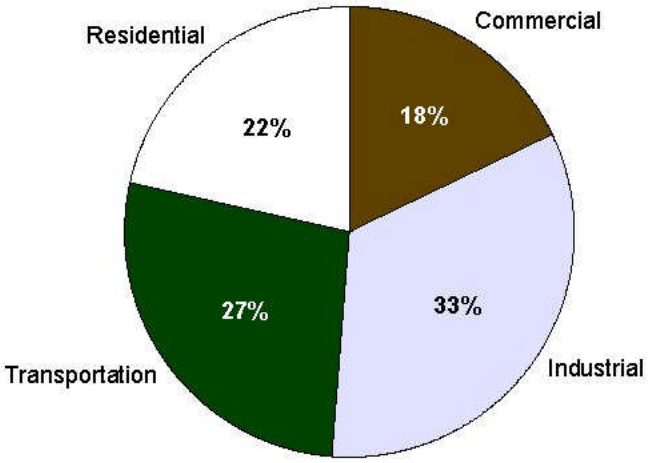
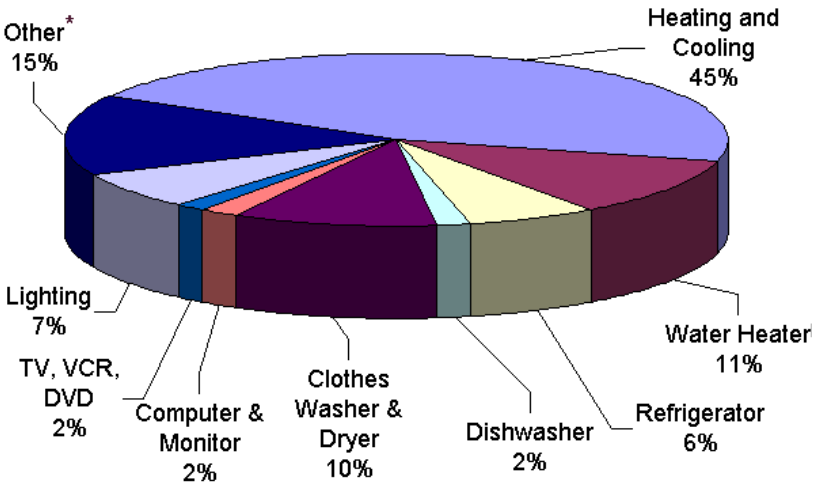


Figura 15.1. O consumo final por setor do total do consumo dos E.U.A. , 2002. Da *Annual Energy Review 2002*. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 36.

Os custos de energia totais dos Estados Unidos em 2000 eram $703 bilhões, ou $2.499 por pessoa[132]. Isto inclui a energia usada pela indústria, forças armadas, fazendeiros e assim por diante. Para a casa média de 2.59 membros[133] resulta ser de $6.472. Do ponto de vista de uma família, a maioria das despesas de energia são indiretas: os impostos pagam pela energia usada pelo governo e pelas forças armadas; a conta do mantimento paga pelo uso do combustível dos fazendeiros. As famílias pagam diretamente por uma parte grande do transporte (gasolina) e da energia residencial (gás natural e eletricidade usados no lar). O último custo a casa média $1.338 em 1996[134]. Aqui está uma avaliação dos custos, num gráfico publicado pelo programa U.S. Energy Star[135]:

[132] *Annual Energy Review 2002*. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/, p. 13, year 2000 data
[133] U.S. Census Bureau, http://factfinder.census.gov. The average household size should not be confused with the average family size, which is 3.14. Not all members of a family live in the same household.
[134] DOE/EIA-0632 (97), *A Look at Residential Energy Consumption in 1997*, November 1999, DOE/EIA-0632 (97), http://www.eia.doe.gov/pub/pdf/consumption/063297.pdf, p. 1. The numbers have not changed much since 1996.
[135] Energy Star program, http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_pie



*** "Other" representa um conjunto de produtos domésticos, incluíndo estufas, fornos, microondas, e pequenos aparelhos. Individualmente, estes produtos perfazem não mais de cerca de 2% da conta de uma casa em energia.**

Figura 15.2. Avaliação dos custos em energia de um lar, do programa Energy Star.

Como somos todos familiares e como usamos energia no lar, examinemos mais de perto o setor de energia residencial, e pensemos sobre como mudará com a fusão a frio.

Este gráfico em forma de pizza mostra o custo, não unidades de energia. A maioria da energia para aquecimento e refrigeração vem do gás natural, que é mais barato do que a eletricidade. A eletricidade é usada para coisas como iluminação e lavadoras de louça. Nós gastamos 45% do dinheiro em aquecer e em refrigerar, mas isto compra 55% da energia.

Com a fusão a frio, muita da energia que consumimos como eletricidade será fornecida, em vez disso, diretamente como calor pela fusão a frio.

Nos lares atuais, o condicionamento de ar e a maioria dos refrigeradores são elétricos. Os secadores de roupa e os aquecedores de água freqüentemente são elétricos, e em algumas casas, mesmo o calefator central do ambiente é um aquecedor a resistência elétrica. Isto é um terrível desperdício. A eletricidade é energia de alto grau. É muito mais econômico aquecer-se com gás, ou em climas suaves, com uma bomba de calor elétrica. Um secador de roupa aquecido com gás é mais econômico do que elétrico, mas somente 16% de secadores dos Estados Unidos são a gás[136] , talvez porque as pessoas têm raramente gás encanado. Quando você se aquece com resistência elétrica, e sua companhia de eletricidade usa um gerador a gás, você termina usando duas ou três vezes mais combustível do que se você queimasse o gás em casa, diretamente.

Os geradores domésticos a fusão a frio teriam que produzir 40 ou 50 quilowatts de eletricidade para fornecer toda a energia usada para o aquecimento e refrigeração como eletricidade. Desde que um gerador doméstico será menos eficiente do que um gerador central,

[136] DOE/EIA-0632 (97), *A Look at Residential Energy Consumption in 1997*, November 1999, http://www.eia.doe.gov/pub/pdf/consumption/063297.pdf, Fig. 2.19.

teria que produzir até 200 quilowatts do calor crú, que é tanto quanto uma fornalha de um edifício de apartamentos (700.000 Btu/h). Seria uma máquina grande, cara, e perigosamente quente.

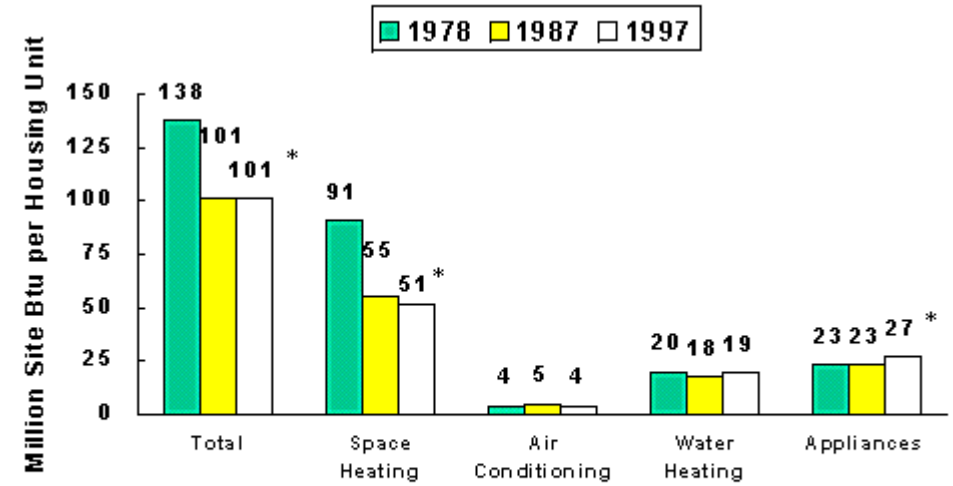
Felizmente, não haverá nenhuma necessidade de tanta eletricidade. Dez quilowatts devem ser bastantes, mesmo para uma casa grande, porque a maioria da energia mostrada no gráfico em pizza é para aquecimento e refrigeração, que pode ser feito com o calor da fusão a frio em vez de eletricidade.

Os fogões e os fornos podem ser a fusão a frio. Alguns cozinheiros podem preferir fogões ou grelhas a gás de hidrogênio gerado pela fusão a frio, talvez misturado com carbono ou algum outros gás para fazê-lo visível, para a segurança. O refrigerador terá sua própria fonte de calor a fusão a frio. refrigeradores a gás foram vendidos desde os anos 1930. São robustos, duráveis, e econômicos. Somente a luz dentro do refrigerador necessita ser elétrica.

A publicação DoE, *A Look at Residential Energy Consumption in 1997* 137, mostra que o uso residencial total de energia, em 1997, era 101 milhões de BTU, ou 29.600 kWh (quilowatts hora). Isto vale para todos os tipos de energia local incluíndo a eletricidade, gás natural, óleo para aquecimento, lenha e assim por diante. Estas fontes de energia são medidas em unidades diferentes, mas os autores da DoE converteram-nas a BTU, e eu converti a BTU a quilowatt-hora. "Energia local" significa a energia realmente gasta em casa. As usinas de energia gastam uns 61 milhões de BTU adicionais (17.877 kWh) de calor perdido quando geram a eletricidade consumida em casa. Assim, a energia média total consumida nas residências é um total de 29.600 kWh no local mais o calor perdido de 17.877 kWh, ou 47.477 kWh. A fusão a frio reduzirá a energia total gasta nos lares para aproximadamente 30.000 kWh.

[137] DOE/EIA-0632 (97), *ibid.*

Os 29.600 kWh usados no local se dividem em quatro categorias: Aquecimento ambiental, condicionamento de ar, aquecimento de água, e aparelhos (incluíndo iluminação):



* The difference between the 1978 and 1997 estimates is statistically significant at the 95-percent confidence level.
Sources: Energy Information Administration; 1978, 1987, and 1997 Residential Energy Consumption Surveys.

Figura 15.3. Consumo local de energia no total de residências dos EUA , 1978, 1987 e 1997. DoE/EIA-0632 (97), Fig. 2.8.

Dividamos a energia total de 1997, 29.600 kWh, em quatro categorias principais de uso final, enquanto separamos as categorias naquelas que podem usar o calor da fusão a frio diretamente e naquelas que necessitarão a eletricidade gerada pela fusão a frio.

Tabela 15.1. 29,600 kWh divididos em quatro usos finais principais

	kWh	Percent
Diretamente com a Fusão a Frio		
Aquecimento Ambiental	14,947	50%
Ar Condicionado	1,172	4%
Aquecimento da Água	5,568	19%
Total:	21,687	73%
Eletricidade Gerada pela Fusão a Frio		
Aparelhos	7,913	27%

Uma outra parte do original do documento DoE (tabela 3.1) desdobra a energia usada por alguns dispositivos. O refrigerador médio em 1997 usou 1.141 kWh, e a casa média tem mais de um refrigerador, assim que a energia total consumida por refrigeradores por casa é 1.323 kWh. O secador de roupa médio da casa usa 1.090 kWh. Hoje, faz sentido pormos juntos os refrigeradores e os secadores com outros dispositivos, porque geralmente são elétricos. Mas no futuro funcionarão diretamente com o calor da fusão a frio, assim que desdobremos e movamos 2.413 kWh (8%) até com a categoria “Diretamente com a Fusão a Frio":

Tabela 15.2. 29,600 kWh divididos em cinco usos finais principais, com Refrigerador e Secador postos na categoria "Diretamente com a Fusão a Frio".

	kWh	Por Cento	
Diretamente com a Fusão a Frio			
Aquecimento Ambiental	14,947	50%	
Ar condicionado	1,172	4%	
Aquecimento da Água	5,568	19%	
Refrigerador e Secador	2,413	8%	← veio acima
Total:	24,100	81%	
Eletricidade Gerada pela Fusão a Frio			
Aparelhos	5,500	19%	

Assim, um gerador elétrico a fusão a frio que produzisse 5.500 kWh por o ano forneceria todos os dispositivos que devem usar eletricidade.

O único uso maior de energia em casa é para o aquecimento ambiental, em 14.947 kWh por o ano. O aquecimento ambiental necessita temperaturas suaves, baixas: 30ºC aquecem o ar. E isto é justo o que um gerador de energia elétrica produz em quantidades enormes. Para produzir 5.500 kWh o gerador gastará ~ 16.000 22.000 kWh de calor. Nós podemos usar o excesso para aquecer a casa, da mesma maneira que aquecemos o compartimento de passageiro num carro. Quando se dirige no inverno, move-se uma alavanca, que abre um defletor e dirije ar fresco através do bloco de motor que entra no compartimento de passageiro. Um gerador a fusão a frio terá um defletor similar que dirija o ar morno para a casa no inverno, ou leva a uma chaminé no verão. O defletor mais um ventilador e um termostato é tudo que você necessita fazer do gerador um cogerador (um gerador completo mais a fornalha do aquecedor ambiental). Este equipamento extra necessitará pouco espaço e não custará praticamente nada, e eliminará a necessidade de uma fornalha separada. Se os 22.000 kWh de calor restante não forem bastante para manter a casa morna, o cogerador pode ser ajustado para produzir calor somente, e nenhuma eletricidade. Pode-se fazer isto durante as noites de inverno em que as luzes estiverem apagadas. Todos os geradores a fusão a frio usados nos edifícios ou nas casas devem ser cogeradores.

Idealmente, o cogerador produziria 5.500 kWh de eletricidade mais 22.000 kWh de calor, ou um total ao redor de 27.500 kWh, comparado aos 47.477 kWh consumidos hoje. Porque o cogerador pode necessitar gerar calor à noite quando a eletricidade não é necessária, produzirá provavelmente aproximadamente 30.000 kWh. É irônico que a fusão a frio cortará provavelmente o consumo de energia total em grande medida. Não necessitaremos economizar energia para economizar dinheiro ou reduzir a poluição, mas será provavelmente uma boa idéia economizar de qualquer maneira, desde que nós usaremos muito mais energia total, nos mega-projetos. (Veja O Capítulo 4, A Seção 4.)

Há 8.760 horas por o ano, calculado a média assim durante todo o ano, os 24.100 kWh de aplicações diretas de calor (aquecimento, condicionamento de ar, aquecimento de água, refrigerador e secador), consume uns 2,8 KW (quilowatts) constantes. Mas esta média tem pouco significado. O aquecimento só é necessário no inverno, e mais freqüentemente à noite. O condicionamento de ar é usado somente no verão, principalmente durante o dia. O consumo de energia real de calor durante qualquer hora dada pode ser 5 ou 10 vezes mais alta do que esta

média. A demanda média de energia elétrica é somente 0,6 kW/h, mas a demanda real é provável muito mais elevada durante certas horas do dia. A maioria dos dispositivos e iluminação são desligados à noite, ou quando ninguém está em casa em dia de semana, mas na manhã de sábado numa casa ocupada a televisão, a máquina de lavar, o secador de cabelo, o computador e a maioria das luzes, é provável, estarão ligados, e estes consomem um total de 5 a 10 quilowatts. Quando uma lavadora de roupa ou uma luz é ligada, puxa um breve pico de eletricidade. Este pico transiente pode ser encontrado numa bateria, assim a bateria, assim como o gerador a fusão a frio da terão que fornecer o suficiente para aguentar a demanda do pico quando todas estas máquinas estão funcionando em um ritmo constante. Isto deve fazer aproximadamente 10 quilowatts.

Esta análise mostra porque seria um proposta perdedora equipar uma casa com um gerador a fusão a frio, e usar então a eletricidade para fazer funcionar dispositivos de hoje. Isto é especialmente verdadeiro se você usar o aquecimento ambiental a resistência elétrica; como nós mencionamos acima, você pode necessitar até 50 quilowatts de capacidade. Seria mais barato esperar até que seu aquecedor ambiental necessite ser substituído, e comprar então um cogerador a fusão a frio de 10 quilowatts, mais um secador de roupa a fusão a frio e um condicionador de ar. Substituir estes três dispositivos eliminaria a maioria da demanda de picos de eletricidade resistente. Você pôde decidir-se manter seu refrigerador elétrico velho. Um refrigerador usa mais eletricidade do que um secador num ano, mas o secador muito mais durante o tempo que esteja ligado.

Quando a fusão a frio se torne mais comum, seu gerador doméstico terá menos trabalho a fazer. Os primeiros secadores de roupa a fusão a frio terão um elemento de aquecimento a fusão a frio, mas necessitarão de um motor elétrico para girar o tambor. (Um secador de roupa a gás necessita um motor elétrico pela mesma razão.) Presumivelmente ligado na fiação da casa para funcionar o motor. Este não sobrecarregará o gerador doméstico, porque o motor usa muito menos energia do que o elemento de aquecimento. Entretanto, enquanto as baterias termoelétricas a fusão a frio e outros motores a calor melhorem, e enquanto os projetistas se familiarizem com eles, podem decidir-se que seria mais conveniente ter toda a energia própria do secador. Se poderia usar um motor Stirling para girar mecanicamente o tambor, mas uma bateria termoelétrica com um motor elétrico ordinário parece mais prático. O calor restante da bateria termoelétrica ajudará a secar a roupa.

Muitas fábricas usam resistência elétrica para o processo de aquecimento. O calor da fusão a frio será usado diretamente, em seu lugar.

Se os dispositivos termoelétricos de alta eficiência puderem ser aperfeiçoados, eventualmente todos os dispositivos elétricos de baixa potência, computadores e outras máquinas trarão sua própria fonte. Suponha que alcance a eficiência de 80%, que alguns peritos acreditam serem possíveis. Haveria pouca perda de calor. Um computador de mesa necessita aproximadamente 160 watts de eletricidade, assim que geraria 200 watts de energia térmica e converteria 80% dela em eletricidade. Dissiparia somente pouco mais calor do que o computador de hoje . Não necessitaria ligar na parede. O gerador doméstico seria não mais por muito tempo necessário, e não haveria nenhum fio elétrico nas paredes das casas.

16. População, Poluição, Problemas Com A Terra E Agricultura

Mesmo com a fusão a frio, a luta contra a pobreza no mundo e a destruição ambiental não estarão ganhas a menos que controlemos o crescimento da população. A fusão a frio pode ajudar a trazer agora saúde, alimento, prosperidade e uma vida decente a todos os 6 bilhão de pessoas da terra. Mas eu duvido que toda a tecnologia pode suportar 10 ou 20 bilhões de pessoas na terra, e mesmo se pudesse, os danos ao ecossistema seriam trágicos. Felizmente, o progresso faz reduzir o crescimento populacional. A taxa de crescimento declinou, embora o número de nascimentos cada ano esteja ainda em números recordes, e o crescimento da população no terceiro mundo está ainda fora de controle. As soluções são claras. Três etapas são essenciais, e todas as três são desejáveis por muitas outras razões:

8. Devemos melhorar as oportunidades de instrução e trabalho, especial para as mulheres.
9. Devemos melhorar o cuidado da saúde, com um foco especial na redução da mortalidade infantil. As pessoas pobres têm muitas crianças freqüentemente porque estão receosos que alguns morrerão. Se os pais puderem estar seguros que quase todas as crianças sobreviverão até serem adultos, muitos terão poucas crianças.
10. Devemos fornecer pensões à velhice. Muitas pessoas pobres têm crianças de modo que tenham alguém para as cuidar na velhice.

Reduzindo a população reduzirá a poluição. Os dois problemas são ligados, obviamente. Tudo sendo igual, mais pessoas, mais poluição causam. Mas tudo o resto nunca é igual. A quantidade de poluição produzida per capita pode variar tremendamente. Na maioria das nações, incluíndo os EUA, há que reduzi-la dramaticamente.

Nos anos 1960, a poluição do ar no Japão era horrenda, porque a densidade de população era elevada e o Japão experimentava prosperidade sem precedentes e crescimento industrial desenfreado. Em Tóquio, o dia que se poderia ver o monte Fuji era raro, era mencionado nas notícias locais. Os rios tresandavam de mau cheiro. A poluição e a destruição ambiental alcançaram um nadir nos incidentes em Minamata e Yokkaichi, com mortes por doenças, pelo envenenamento com mercúrio e por suicídio. Os tribunais finalmente decidiram a favor dos queixosos, e os juízes ditaram as corporações e governos locais como responsáveis. A nação exigiu regulamentos e reforma ambiental resistentes.

Hoje em dia, pode-se ver o monte Fuji de Tóquio sempre que o tempo natural está claro, e os rios no meio de Tóquio abundam com peixes mais saudáveis do que houve desde o século XIX. Yokkaichi é citada pelo ONU como uma das cidades industriais as mais limpas, e como um modelo para o desenvolvimento[138]. O web site municipal narra com orgulho a história da poluição, das tentativas e da recuperação.

[138] NHK documentary series, "Navigation Toukai," *Yokkaichi kougai kara no messeiji* (Lessons learned from the pollution at Yokkaichi), September 20, 2004.

Figura 16.1.Yokkaichi, município de Mie, nos anos 1960 e hoje. A refinaria de petróleo no primeiro plano causou a pior poluição do registro. Do web site municipal devotado à história da poluição de Yokkaichi, http://www.city.yokkaichi.mie.jp/kankyo/kogai.htm

Figura 16.2. Os níveis de concentração do dióxido de enxofre em Yokkaichi dos anos 1960 ao presente, medido em várias posições na cidade. O alvo ambiental é 0.017 ppm, mostrado na barra verde no fundo do gráfico. O pico apresentou-se em 1967 (Showa 42).

A meados dos 1960, a fumaça e o pó estavam tão ruins que as crianças tossiam constantemente e passavam com inflamações da garganta e asma. O governo decidiu que era um problema para as crianças. Instalou dissipadores comunais nas escolas locais, e ordenou que as crianças tinham que lavar seus rostos em grupos diários e fazer gargarejo ao ar livre para limpar suas gargantas, depois das aulas e colocou grandes posteres. Os dissipadores comunais já não são necessários, mas os dissipadores e os posteres foram deixados lá como de um lembrete de como as coisas eram más uma vez. Hoje as crianças da escola prestam atenção às narrações de seus predecessores, e executam representações históricas: alinham-se em grupos para lavar seus rostos e gargarejar, porque tentam imaginar como deve ter sido[139].

Figura 16.3. Nos anos 1960, o governo japonês decidiu que a poluição estava causando vítimas. Instalou dissipadores comunais nas escolas locais, e ordenou às crianças fazerem gargarejo em grupos ao ar livre para limparem suas gargantas. Um professor é mostrado quando instrui as crianças como gargarejar corretamente. Os dissipadores comunais foram deixados hoje como um lembrete de como as coisas eram más, e os estudantes executam representações históricas. De: Série documental de NHK, "Navegação Toukai," *Yokkaichi kougai kara no messeiji* (lições aprendidas da poluição em Yokkaichi), 20 de setembro de 2004.

A poluição do ar e da água no Japão declinou mesmo que a população continuasse a mesma. (realmente aumentou ligeiramente, e é concentrada mais em áreas urbanas do que era 40 anos atrás.) Os coordenadores japoneses da fábrica não descobriram um panacéia de alta

[139] NHK, "Navigation Toukai," *ibid.*

tecnologia secreta. A nação simplesmente executou e reforçou medidas legais de senso comum, e incentivou a engenharia com efetividade de custos.

Há ainda uns problemas severos com poluição no Japão, particularmente desperdício contínuo. Alguns peritos sentem que a tecnologia da poluição do ar caiu abaixo dos padrões do mundo após um começo prometedor nos anos 1970 e 80. A construção também extensiva e desnecessária de estradas rurais, de represas e margens fluviais é uma das histórias ambientais das piores do mundo hoje[140].

Não podemos cortar radicalmente a poluição ou impedir o aquecimento global reduzindo um pouco a população, e é improvável que possamos cortar a população pela metade a tempo de impedir o aquecimento global. Por outro lado, poderíamos manter a população atual e ainda reduzir a poluição por um fator de 10, mesmo sem a fusão a frio. Com a fusão a frio poderíamos reduzi-la entre 4 e 6 ordens de grandeza. Isto não nos custará nada. Ao contrário, economizando, porque a poluição é definida como recursos perdidos: é matéria prima valiosa que foi lavado rio abaixo onde não pudemos resgatar, ou espalhada na atmosfera uniformemente em milhões de hectares. A metade do paládio produzido hoje é usada em conversores catalíticos dos automóveis. Uma grande fração deste metal é aquecida pelo gás de saída da combustão, sublimada, e fundida fora dos escapamentos dos automóveis no solo e na água ao longo das estradas, onde se transforma em tóxico para a saúde dos seres humanos e animais domésticos como metal pesado, perigoso às plantas e aos animais selvagens. O paládio é um metal mais precioso do que o ouro, mas desperdiçamos a metade dele, convertendo um material ganho com dificuldade, desejável, maravilhoso, em veneno espalhado largamente através da terra que não temos nenhum meio de limpar.

No futuro distante, uma vez que a população esteja sob controle, a poluição será diminuída na maior parte, e as pessoas em toda parte terão acesso a tanta instrução como queiram, milhões de pessoas podem querer migrar da terra a outros planetas. Eventualmente, 100 bilhões de pessoas poderão viver em todos os satélites e planetas habitáveis do sistema solar. Os níveis de poluição na terra serão baixos, serão difíceis de detectar. A indústria - especialmente a agricultura e a indústria pesada - será movida para o deserto ou subsolo, ou para a lua. A prática agrícola deve ser nosso primeiro alvo para a mudança. É a maior causa da poluição e dos danos ambientais sérios.

Pimentel & Pimentel descrevem a crise no uso de terra: "Iowa, que tem algum dos melhores solos do mundo, perdeu a metade de seu melhor solo após ser cultivado por aproximadamente 100 anos"[141]. "Durante os últimos 40 anos, aproximadamente 30 por cento da terra arável do mundo foi perdida". "Ainda mais, contribuiu para a diminuição da terra agricultável são os vastos alqueires que estão sendo perdidos continuamente à propagação urbana, ao desenvolvimento industrial, e às estradas. Por exemplo, nos Estados Unidos entre 1945 e 1975 onde uma área de terra agricultável do tamanho de Nebraska foi coberta com estradas, vivendas e fábricas." Devemos ter casas, obviamente. As pessoas têm que viver em algum lugar, e preferimos viver sobre a terra com uma vista agradável. Mas as estradas, as

---

[140] Kerr, A., *Dogs and Demons: Tales from the Dark Side of Modern Japan*. 2001: Hill and Wang.
[141] Pimentel, D. and M. Pimentel, *Food, Energy, and Society, Revised Edition*. 1996: University Press of Colorado, p. 154

fábricas, e sobretudo a agricultura desperdiçam e são obsoletas. Consumem muito mais terra, água, energia, trabalho e dinheiro do que devem.

A confiabilidade, a qualidade, e o uso eficaz do espaço na agricultura mal melhoraram desde épocas pré-históricas. Os fazendeiros perdem às vezes sua colheita inteira por causa de uma seca ou de uma chuva pesada. É possível imaginar alguma indústria moderna perder o valor de um ano de trabalho por causa de tais condições de tempo relativamente menores? De vez em quando, um furacão pode interromper a produção numa fábrica ou destruir bens num armazém. Mas uma tempestade por pesada que seja não causa maiores danos numa fábrica, mas pode dizimar a produção numa fazenda. Isso é um absurdo. As pessoas nunca devem estar à mercê do tempo. Nunca devem ter que preocupar-se que os gafanhotos ou os ratos possam comer seu alimento. A civilização deve estar além dessa sorte de coisas. Devemos manufaturar nosso alimento em linhas de produção em interiores, totalmente controláveis, como tudo o mais que fazemos.

1. Fazendas Interiores ou Fábricas de Alimentos

Uma estufa pode isolar-se parcial ou totalmente do ambiente externo, fazendo menos suscetível a um infestação por insetos. Mas uma estufa necessita ainda luz natural, assim que no inverno a produtividade é baixa. No Japão, a Cosmoplant Corporation passou à etapa seguinte, construíndo "as fábricas de alimento" completamente incluídas, de alta tecnologia, onde cultivam alface do começo ao fim sob luz artificial e outras circunstâncias sintéticas firmemente controladas[142].

A Cosmoplant tem agora quatro fábricas de alimentos em operação, e duas mais em construção. O custo por fábricas é de US$4.5 milhões. Produzem 5.000 cabeças de alface por dia, que vendem no varejo por ¥158 cada uma (US$1.40), mais ou menos como a alface crescida ao ar livre. As fábricas dão às lojas uma fonte assegurada de alface fresca de qualidade superior o ano inteiro. Os consumidores gostam da alface, que é verde, macia e saudável porque é exposta uniformemente à luz e é carregada com o clorofila. Apreciam o fato de que está não se usa pesticidas, num ambiente limpo. É mais "orgânica". O leitor não deve imaginar que este é um produto de alimento suave de fábrica, como os tomates verdes duros vendidos nas lojas americanas que são produzidos para ser colhidos por máquinas. Os clientes japoneses têm padrões elevados. Exigem produtos saborosos, frutas sem manchas, os peixes para se comer crú como sashimi, e o pão fresco bem cozido. Estão dispostos a pagar por boa qualidade. Uma loja de uma cidade americana pequena pode comerciar somente alimento congelados, bens enlatados, petiscos e cerveja, visto que numa vila japonesa no meio do nada não é de se surpreender encontrar uma seleção deliciosa de alimentos frescos.

A Cosmoplant e outras corporações japonesas estão planejando construir outras fábricas de alimento para produzir tomates, morangos e outros vegetais de alto valor, alimentos sazonais dão dinheiro, mas os consumidores gostariam de comer todo o ano a preço fixo.

As fábricas de alface usam muita energia, já que a alface cresce sob luz artificial. Mas a iluminação é projetado com cuidado, e usa muito menos eletricidade do que a iluminação

[142] NHK documentary series, "Navigation Shizuoka," *Hikari no gijutsu ga nougyou o kaeru* (How lighting research is changing agriculture), September 27, 2004

convencional . Uma fábrica de alimentos com iluminação fluorescente convencional usaria tanta eletricidade que mesmo com a fusão a frio seria impraticável.

O cultivo ao ar livre é de longe a indústria mais ineficiente da terra em relação à energia. As colheitas que crescem ao ar livre em climas temperados fazem a fotossíntese e armazenam menos de 0.1% da luz solar anual que alcança à terra, principalmente porque não crescem no inverno. À primeira vista, os prospetos para cultivar com luz artificial parecem mesmo sinistros. Um gerador a carvão ou nuclear de energia elétrica possui uma eficiência de aproximadamente 33%, e maior, a fusão a frio, de primeira geração será provavelmente mais ou menos idêntica. Um bulbo incandescente convencional possui uma eficiência de somente aproximadamente 10%, e os fluorescentes ou os diodos emissores de luz aproximadamente 30%. Total, somente aproximadamente 10% do calor da fusão a frio será convertido em luz, mesmo com iluminação eficiente. Com luz branca artificial e nenhuma variação sazonal, o poder de fotossíntese das plantas é um ou dois por cento da luz. Ou seja as plantas capturariam 0.2% da energia do calor inicial; se necessitaria 500 vezes mais entrada de energia do que o índice (calórico) nutritivo final do alimento. Desde que uma pessoa normal deve comer 1.200 kilocalorias por o dia (5 megajoules), se necessitaria 2.500 megajoules de entrada de calor por pessoa por o dia, que é aproximadamente 2.6 vezes mais energia do que os norte americanos usam presentemente para todas as finalidades[143]. Os norte americanos consomem distante mais energia do que outros povos, assim que se todos no mundo comerem uma dieta vegetariana de alimentos cultivados com luz fluorescente branca, a produção de energia do mundo deve aumentar ao menos por um fator de dez. (a produção de carne a aumentaria mesmo mais.) Mesmo com a fusão a frio, isto seria extremamente caro, e criaria perdas de calor prejudiciais.

Felizmente, isto não será necessário. Os investigadores em Cosmoplant Corp., Universidade de Tokai[144] e em outra parte encontraram métodos que requerem muito menos entrada de energia. Para as primeiras duas semanas de crescimento, as sementes da alface são colocadas sob luzes fluorescentes brancas. A luz branca trabalha melhor nos primeiros estágios do crescimento. A fábrica deve ter lugar para 70.000 sementes, mas isto não toma muito lugar ou muitas luzes, porque as sementes são pequenas e estão juntas. Depois que as plantas alcançam aproximadamente 6 centímetros, são transferidas a um lugar especial de crescimento com 10 camadas de bandejas em correias transportadoras lentas. Este é o lugar onde a maior parte do crescimento da planta ocorre. As plantas emergem prontas para o mercado duas semanas mais tarde.

As bandejas são iluminadas por luzes vermelhas de diodos emissores de luz (LED) colocados perto das plantas. Os LEDs produzem luz vermelha pura num dos comprimentos de onda absorvidos pelas plantas, ao redor 660 nanometros. A maioria da luz é absorvida, ao contrário da luz branca. (a clorofila é verde; conseqüentemente absorve luz vermelha e azul o mais prontamente. A cor de um objeto é o comprimento de onda que reflete em vez de absorver.)

---

[143] *Annual Energy Review 2002*, p. xvii. Americans consume 338 million Btu/year per capita, or 0.9 million Btu per day. That equals 977 megajoules.
[144] Tokai University, Plant Factory Laboratory, http://www.c-living.ne.jp/pfl/index.htm

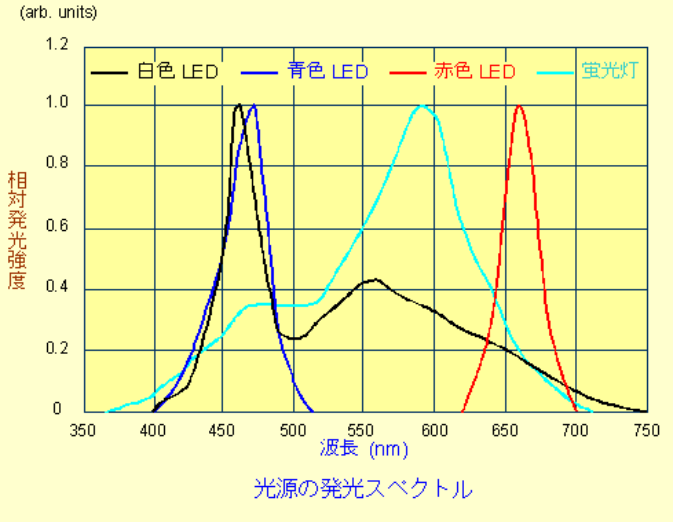


Figura 16.4. Espectros dos LEDs do branco (linha preta), os azuis (linha azul) e os vermelhos (linha vermelha), e luzes fluorescentes (linha do 1.0). Muita da luz fluorescente é desperdiçada, porque não é radiação ativa na fotossíntese (PAR). Cortesia de M. Takatsuji dos dados, dept. de biologia, ciência e tecnologia, universidade de Tokai, Laboratório da Fábrica da Plantas.

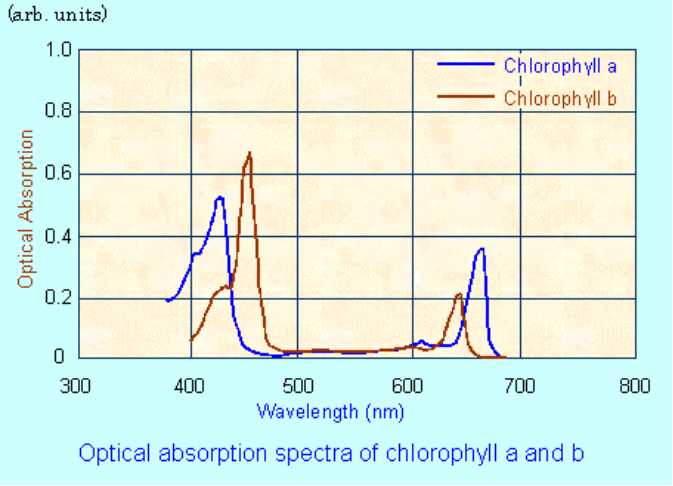


Figura 16.5. Os espectros de absorção ótica da clorofila a e b. A luz nestes picos são radiações ativas na fotossíntese (PAR). O segundo jogo de picos acontece ser perto da saída dos LEDs vermelhos. Cortesia dos dados de M. Takatsuji, dept. de biologia, ciência e tecnologia, universidade de Tokai, Laboratório da Fábrica da Plantas.

Os LEDs são feitos de alumínio com canaletas para água refrigerante construídas neles, para manter os diodos emissores de luz frios. Isto fá-los durar mais de 10 vezes do que normalmente, e significa que podem ser trazidos perto da alface sem danificar as folhas com o calor, assim que menos luz é desperdiçada.

Numa fazenda, as plantas param de crescer à noite, mas na fábrica as luzes permanecem 24 horas por dia, e a fotossíntese é contínua. As condições de crescimento são otimizadas de

outras maneiras: O lugar tem cinco vezes mais dióxido de carbono do que a concentração natural. A temperatura, a umidade e o alimento das plantas, com cuidado, são monitorados e mantidos nos melhores níveis. A fábrica é imune à seca, à erosão, às condições de tempo e às mudanças sazonais. O edifício é selado contra insetos e bactérias, e os trabalhadores usam uniformes limpos como doutores e enfermeiras numa sala de operações. Numa fazenda demora três meses para crescer a alface, mas na fábrica somente um mês: duas semanas no lugar das sementes, e duas semanas no lugar de crescimento.

Há 2 milhão de LEDs na fábrica de alface. Os LEDs vermelhos brilhantes de hoje consomem 125 miliwatts. O conjunto de LEDs consume 250 quilowatts, ou de 6.000 quilowatts hora por dia. Isto é tanta energia como um motor grande de reboque de caminhão produz[145]. Um gerador a fusão a frio do tamanho de um aquecedor de edifício de escritórios, de uma ventilação e de um sistema ordinários do condicionamento de ar (ATAC) poderia fornecer a fábrica. (seria muito mais silencioso do que um reboque de caminhão.) Suponha que os 6.000 quilowatts hora de eletricidade se convertem em aproximadamente 2.000 quilowatts horas de energia luminosa. Divida isso pelas 5.000 cabeças da alface produzidas por dia, e converta o resultado em kilocalorias, que é a medida usual de energia no alimento. Resulta em 344 kilocalorias a luz de entrada por cabeça de alface. Uma cabeça média de alface pesa 539 gramas e é fonte 54 kilocalorias em valor alimentício, assim que a alface realizou aproximadamente 15% da luz em fotossíntese no alimento. Ou seja converte a luz na energia do alimento aproximadamente cem vezes mais eficientemente do que a agricultura ao ar livre[146]. Naturalmente, com agricultura ao ar livre a luz vem do sol, assim que é livre e não poluente, mas nós temos alcançado já os limites da agricultura ao ar livre; a metade da terra arável do mundo já é cultivada, assim não resta lá muita mais luz solar para nós.

[145] The Goodyear Tire & Rubber Company, *Factors Affecting Truck Fuel Economy*, http://www.goodyear.com/truck/pdf/radialretserv/Retread_S9_V.pdf

[146] This is a rough approximation, but I am glad to report that Dr. Ashida of the Tokai University, Plant Factory Laboratory, agreed it is reasonable. Source: A. Ashida, private communication.

a.

b.

c.

d.

Figura 16.6. a. A fábrica de alface da Cosmoplant Corporation. b. Sementes em crescimento sob fluorescentes de luz branca. c. Alfaces em maturação crescendo sob LEDs vermelhos. d. Trabalhadores em uniformes limpos e luvas de plástico empacotando a alface. De: NHK série documental, "Navegação Shizuoka," *Hikari no gijutsu ga nougyou o kaeru* (Como a pesquisa da luz está mudando a agricultura), 27 de Setembro de 2004

Embora o homem não possa viver só de alface, deve-se anotar que esta fábrica produz bastante energia alimentícia para 200 adultos no padrão diário recomendado em calorias.

A fotossíntese na fábrica de alimentos é notavelmente eficiente, mas a fábrica consume ainda uma quantidade terrível de energia. A agricultura convencional necessita aproximadamente 10 calorias de combustível fóssil para produzir 1 caloria em vegetais[147]. Quando se tem em conta a energia necessária para gerar a eletricidade para iluminar os LEDs, a relação do combustível fóssil ou energia nuclear com as calorias da alface é 59:1. Isto é mesmo pior do que a produção de carne, em 34:1. A fábrica de alimentos provavelmente reduz outras entradas de energia tais como a maquinaria da fazenda, os inseticidas, armazens refrigerados e transporte. As fazendas são freqüentemente longe das cidades, visto que a fábrica de alimentos pode ser construída perto das cidades, reduzindo o custo de transporte. Numa fazenda, todo um campo inteiro de alface madura mais ou menos ao mesmo tempo, assim que a alface tem que ser armazenada e vendida em aproximadamente um mês, mas a fábrica de alimentos produz uma saída constante de alface cada dia, o ano inteiro.

[147] Pimentel, D. and M. Pimentel, *Food, Energy, and Society, Revised Edition*. 1996: University Press of Colorado, p. 192, 195.

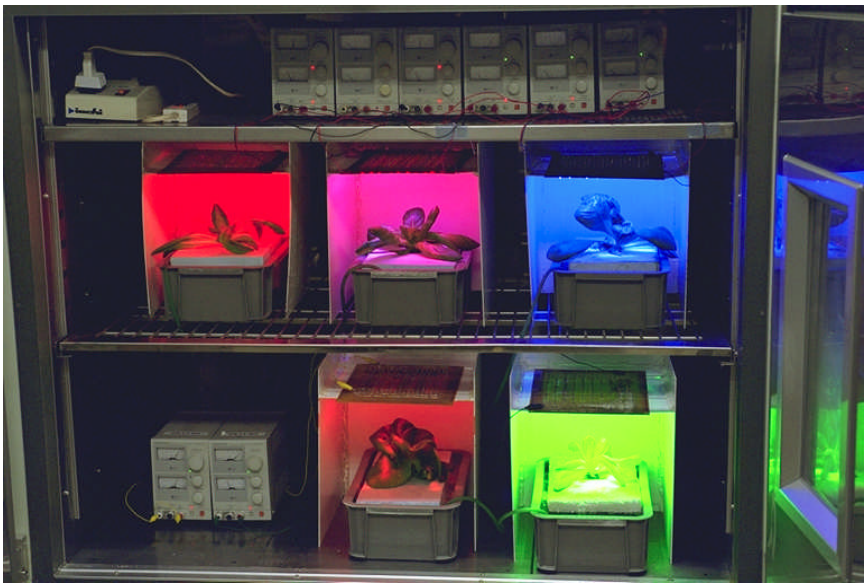


Figura 16.7. As experiências com plantas em crescimento do laboratório da Fábrica de Plantas da Universidade de Tokai sob LEDs de diferentes cores. Cortesia M. Takatsuji da foto, Dept. de Biologia, Ciência e Tecnologia, Universidade de Tokai

A fábrica de alface economiza recursos de outras maneiras. Como se nota acima, elimina perdas por doenças das plantas, por animais indesejáveis e devido ao clima. Economiza uma tremenda área de terra, que é importante no Japão, onde a terra é cara. As bandejas das plantas de alface são empilhadas não somente acima nas prateleiras, as plantas elas mesmas são colocadas 8 vezes mais próximas do que estariam num campo ao ar livre. A área total de crescimento na fábrica é o 10 × 10 metros (0.01 hectare), e produz tanta alface quanto uma fazenda de 20 hectares ao ar livre.

No futuro, as fábricas maiores de alimentos podem ser do tamanho de um edifício de 40 andares, com cem prateleiras. Talvez serão mesmo maiores, serão tão grande quanto edifícios de um aeroporto internacional de hoje (50 hectares), e tão alta quanto nossos maiores edifícios (400 metros). Onde poderiam caber 300 prateleiras, dando a uma planta de 50 hectares tanta capacidade quanto uma fazenda de 3 milhões de hectares ao ar livre (7,4 milhões de acres). Serão inteiramente automatizadas, tocadas por robôs, não pessoas, assim que pouco espaço dentro do edifício será desperdiçado em refeitórios, salas de reuniões ou em banheiros. Uma ou duas destas fábricas poderiam ser construídas perto de uma cidade grande para fornecer todo o produto e grãos que a cidade necessita, ao processar e ao reciclar o desperdício orgânico e as águas servidas que a cidade gera. O tratamento das águas servidas com calor elevado, técnicas a fusão a frio de alta energia será muito mais higiênico do que os métodos de hoje.

No futuro, as pessoas não quererão comprar o alimento que foi tocado pelas mãos humanas ou exposto a insetos ou a bactérias prejudiciais. Por outro lado, provavelmente não pensarão duas vezes sobre comer o alimento e beber a água que era água servida alguns meses atrás. Isto já o fazemos, embora não gostemos de pensar nisso.

Equipado com os dispositivos elétricos de iluminação de Cosmoplant, um gigante, fábricas de 50 hectares consumiriam quantidades fantásticas de energia: aproximadamente 750

megawatts por hectare. Parece improvável que o calor restante possa ser removido. Entretanto, a eficiência dos LEDs espera-se melhorar logo, e os investigadores na Universidade de Tokai estão trabalhando em maneiras de conservar a energia e reduzir o calor usando-se pulsado, luz intermitente. Ademais, a fábrica pode requerer tanta eletricidade como cinco ou dez de plantas de energia nuclear atuais, e todas as fábricas de alimentos no mundo consumiriam mais eletricidade do que é gerada presentemente. Os geradores custarão centenas dos bilhões dos dólares. Mesmo que o combustível não custe nada, são necessários geradores e luzes eficientes.

Seria necessário quantidades prodigiosas de energia para produzir carne em ambiente fechado, porque um animal come ao menos 10 vezes mais do que produz. Felizmente, uma alternativa está emergindo já. Na organização New Harvest, sem fins lucrativos, os pesquisadores estão desenvolvendo "carne cultivada", isto é, carne de tecido animal crescido in vitro, como culturas de células em vez nos animais vivos[148]. Não só isto reduziria a energia, mas também eliminaria muitos outros problemas com a carne, tal como doenças do consumo excedente das gorduras animais, os agentes patogênicos, as bactérias resistentes a antibióticos causadas pelo uso rotineiro dos antibióticos nos animais domésticos, a poluição dos detritos animais, armazenagem e cruéis matanças de milhões de animais inteligentes tais como vacas e porcos.

No presente 1,5 bilhões de hectares de terra arável no mundo são usados criar animais. (Outra terra arável é devotada às florestas, às biomassa para combustível e a outros usos.) Isto corresponde a 0,27 hectare por pessoa. Esta terra poderia ser usada por mil fábricas gigantes de alimentos, que usariam aproximadamente 60.000 hectares, um pouco menos que uma Nova York. Realmente, espero que estas fábricas não usam nada de terra. Construi-las-ia em subterrâneos, localizados convenientemente perto das cidades principais, ou talvez diretamente debaixo da maioria das cidades. Nós usaremos a terra acima delas para parques ou vivendas. Talvez as fábricas podem ser miniaturizadas de modo que cada loja de mantimentos da vizinhança tenha uma diretamente debaixo dela, com as tubulações diretas à planta central de processamento das águas servidas para trazer fertilizante e água estéreis. A alface, os morangos, os melões e o outros produtos serão escolhidos por robôs quando perfeitamente maduros, e colocados nas prateleiras da loja minutos antes da venda.

No futuro distante, o alimento pode ser diretamente sintetizado quimicamente, em vez do crescimento. Isto necessitará de menos espaço e energia. Abaixará o custo do alimento em várias vezes, e assegurará que as pessoa,s em toda parte, tenham tanto quanto queiram para comer. Não significa que as máquinas farão uma gororoba sintética com coloração artificial do alimento, ou as aburguesas de soja que se assemelham vagamente à carne. As cópias serão fisicamente e quimicamente indistinguíveis dos originais naturais[149]. Um jogo de máquinas fará a varredura de vegetais, de frutas, de grãos, da carne, e de outros alimentos no pico do frescor, e armazenarão um molde eletrônico, que mostrarão estes objetos tridimensionais. A cópia eletrônica pode ser limpa um pouco: todos os agentes patogênicos, terra ou defeitos que ocorrer estar nos originais serão removidos com cuidado. Outras máquinas reproduzirão os originais montando moléculas e construíndo as camadas. As máquinas que podem analisar materiais no nível atômico são usadas a décadas. As máquinas que podem mover átomos individuais foram desenvolvidas somente

[148] New Harvest nonprofit research organization, http://www.new-harvest.org/default.php
[149] The inevitable result of this technology is described in Arthur Clarke's classic short story, "Food of the Gods"

recentemente. Sem dúvida necessitará séculos para aperfeiçoar este tipo da síntese atômica. A natureza aperfeiçoou-o em bilhões dos anos, no DNA e em outra maquinaria celular.

Não estou sugerindo que todas as fazendas, em toda parte, devem ser eliminadas. Algumas devem ser preservadas como museus vivos, outras como centros de pesquisa para encontrar tipos novos de alimento e para aprender como a interação humana com natureza afetou o ambiente. Eu espero que os milhões de hectares sejam cultivados por pessoas que apreciam jardinagem e cultivar para si próprio e para o benefício dos animais selvagens e domésticos, que merecem um lugar na terra tanto quanto as espécies selvagens . Cultivar no futuro distante será mais agradável quando os robôs fizerem o trabalho pesado e os animais não abatidos no fim da estação.

A um purista americano sobre alimentos, pode parecer paradoxal que alguns consumidores japoneses consideram o produto da fábrica de alimentos ser mais "orgânico". (A palavra não pode ser definida com rigor, mas a maioria das pessoas sabem-no quando o vêm.) Naturalmente muitos japoneses desdenham os alimentos da fábrica e demandam alimentos cuidados a mão e ovos de galinhas soltas no campo. Um purista em matéria de alimentos apreciará o fato que o alimento da fábrica não requer pesticidas, mas lamenta a uniformidade, limpeza, a falta de imperfeições, e o gosto previsível. Lamenta a perda da variedade sazonal, e a conexão íntima à terra - especialmente se ele mesmo nunca trabalhou numa fazenda. Pode dizer com justificação considerável que muitos fazendeiros são bons administradores da terra. Um fazendeiro consciencioso impede a erosão e a destruição da represa de água. Comparado às pessoas que substituem leitos de água em estradas, ou às companhias de gás natural que sabotam as águas do solo em Wyoming[150], o fazendeiro médio é saudável. Cultivar pode ser bom para a terra, mas não cultivar é melhor. Seria o melhor deixar a terra reverter-se a uma condição semi-natural, com a intervenção humana mínima para impedir as espécies invasoras e limpar e reflorestar periodicamente e para impedir incêndios na floresta. Isto deve ser descrito como "semi-natural," nos Estados Unidos da América do Norte, porque os seres humanos têm modificado florestas para centenas dos milhares dos anos, incendiando. Por agora, o efeito da atividade humana na paisagem deve ser considerado tão natural quanto os efeitos dos cervos e de outras espécies grandes.

O Plano das Terras Comuns de Buffalo descreve o tipo de mundo, que espero, a fusão a frio e as fábricas de alimentos causarão. Sob o plano, os milhões de hectares de terras improdutivas dos Estados Unidos seriam transformadas em reservas de atração turística da natureza, como as planícies africanas abertas:

> As Terras Comuns do Búfalo serão uma área restaurada e reconectada do México ao Canadá, onde nós, seres humanos, aprenderemos a trabalhar juntos através das bordas que eram artificiais em primeiro lugar. As Terras Comuns do Búfalo significam o dia em que as cercas venham abaixo. O búfalo migrará livremente através de um mar restaurado de grama, como salmões selvagens fluindo dos rios aos oceanos e de volta. As áreas estabelecidas - como fazem no Quênia - cercam os animais para fora, para não os cercar dentro[151].

---

[150] Ivins, M. and L. Dubose, *Bushwacked*. 2003: Random House, Chapter 9.
[151] Great Plains Restoration Council, Buffalo Commons plan, http://www.gprc.org/Buffalo_Commons.html

Aproximadamente a metade das terras do mundo está entregada à agricultura, e outros 20% a outros estabelecimentos humanos[152]. Isto dista bastante de um ecossistema saudável. Reduz a biodiversidade. Infelizmente, mesmo esta fração grande da terra não é bastante para alimentar decentemente a todos. O sistema está no limite. A bio-engenharia, as revoltas verdes, a sobre-irrigação, a destruição das águas do solo, e o uso de quantidades maciças do inseticidas e do fertilizantes aumentou a produção de alimentos, mas há limite para estes métodos, e estão destruindo a terra. O sistema está pronto para a remodelação.

2. A Cultura em Água

O cultivo de peixes em cativeiro (cultura em água) comercializado fornece uma fração significativa dos peixes comidos em Nova Inglaterra e em Boston.

A pesca nos oceanos está causando declínios desastrosos em populações selvagens de peixes e outros danos ecológicos. Mesmo se é controlada corretamente no futuro, nunca fornecerá mais de 1% da energia[153] do alimento do mundo. As fazendas de peixe enormes em áreas cercadas do oceano foram construídas, mas danificam a ecologia porque geram muita poluição. São também controversas porque mais toxinas são encontrados em salmões cultivados do que em variedades selvagens, e os salmões cultivados podem empurrar os selvagens fora de seu habitat. O cultivo de peixes em cativeiro elimina estes problemas. Pode produzir quantidades grandes numa área pequena de terra. O cultivo de peixes em lagos (não no oceano) foi praticado na China por milhares dos anos, mas com técnicas computadorizadas recentes é muito mais produtivo. Esta indústria necessita de intensa energia, assim que a fusão a frio reduzirá custos.

Uma companhia em Massachusetts crescem 900.000 Morone saxatilis (importante peixe norte americano) numa fábrica de aqui-cultura num acre de terra, em tanques. Os peixes são de um gosto mais saudável e melhor do que aqueles criados selvagens ou nas lagoas. Os tanques são equipados com bombas que produzem uma corrente rápida, como um córrego artificial, e os peixes nadam vigorosas 20 milhas por o dia na água fria. Isto melhora o sabor da carne, e suponho que faz os peixes mais felizes, desde que é mais natural para eles do que uma lagoa imóvel seria. Os peixes atingem o tamanho de mercado em nove meses, metade do tempo que necessitaria geralmente. A água descarregada pela fábrica “excede os padrões de numerosas águas potáveis”, de acordo com oficiais ambientais do estado[154].

---

[152] Pimentel, p. 155
[153] Pimentel, p. 106
[154] Herring, H.B., *900,000 Striped Bass, and Not a Fishing Pole in Sight*, in *New York Times*. 1994.

17. O Futuro Dos Automóveis

1. Crianças Que Vivem Perto De Um Precipício

Imagine-se visitando uma tribo primitiva, e os encontra construíndo choças a alguns metros da borda de um penhasco. De tempos em tempos, uma criança pequena brincando vagueia demasiado perto da borda e cai, morrendo. Você consideraria isto intolerável. Quereria saber porque estas pessoas não movem suas choças uns 200 metros para trás, ou porque não fazem cercas ou paredes para manter as crianças longe do precipício. Se horrorizaria, e pensaria provavelmente que estas pessoas são bárbaros que não valoram as vidas de suas crianças.

Vá agora a qualquer cidade dos Estados Unidos, Japão ou Europa, e olhe ao redor. Os bilhões de crianças que vivem perto de ruas transitadas, onde o zumbido dos carros a velocidades perto de 80 quilômetros por hora. Freqüentemente uma criança perseguirá uma bola ou um cão na rua, ou esquecendo-se de olhar em ambas direções ao ir à escola, serão atropelados. Milhares de crianças são mortas e mutiladas cada ano, contudo pouco é feito para impedi-lo[155]. As gerações do futuro considerar-nos-ão bárbaros para permitir este estado de coisas. Dirão que nós éramos brutos que não sentiamos nenhum remorso pelas crianças. Afligimo-nos como todos os pais , mas, como as pessoas primitivas cujas crianças caem dos penhascos, falta-nos imaginação. Não executamos maneiras simples, baratas, a toda prova para impedir o massacre, tal como cercar os edifícios ao lado das estradas e ajustar os limites de velocidade civilizadamente. Não devemos permitir que um veículo se mova numa área residencial mais rápido que 20 ou 30 quilômetros por hora (12 a 18 milhas por a hora), a menos que houver barreiras para pedestres. Esta é uma velocidade em que uma pessoa pode funcionar montando uma bicicleta ou um cavalo. Os reflexos naturais a um excitador devem dar-lhe o momento de frear e parar antes de bater num pedestre, ou de retardar bastante a velocidade para que o ferimento não seja fatal. Quando um automóvel golpeia uma pessoa a 10 quilômetros por hora, a pessoa é jogada mas raramente morta[156].

Os veículos a motor causam um holocausto mundial de mortes e ferimentos em escala da morte negra, a mineração e as fábricas de antes da revolução industrial ou as guerras modernas. Os acidentes com veículos matam 1.2 milhão de pessoas, e ferem seriamente 38.8 milhões, principalmente no terceiro mundo. Rivalizam-se com as piores catástrofes do século XX:

Segunda Guerra Mundial, 50 milhões de mortos.

Gripe endêmica de 1918, de 20 a 40 milhões de mortos.

Primeira Guerra Mundial, 9 milhões de mortos.

Automóveis, entre 30 e 50 milhões de mortos durante todo o século XX.

A poluição dos veículos pode matar tantas pessoas como os acidentes , possivelmente mais, mas os números são difíceis de estabelecer. Nas nações ricas, onde os regulamentos e as

---

[155] Child Accident Prevention Trust, Factsheet, http://www.capt.org.uk/pdfs/factsheet%20road%20accidents.pdf "In 2002, over 36,000 children aged under 16 years were killed or injured on the UK's roads."

[156] Child Accident Prevention Trust, Ibid. "Research has shown that if hit by a car traveling at 40 mph, 85% of pedestrians are killed, at 30 mph this percentage falls to 45%, and at 20 mph it becomes 5% with 30% suffering no injuries at all."

estradas boas minimizam acidentes, a poluição mata provavelmente mais pessoas do que os acidentes. O WHO estima que os acidentes de veículos a motor matam 45.000 no EU, e aproximadamente 120.000 pessoas na grande Europa incluíndo países fora da CE. Diz, "Aproximadamente 80.000 mortes por ano na Europa podem ser atribuídas à exposição a longo prazo à poluição do ar do tráfego das estrada"[157]. "Na Comunidade Européia, o custo total dos efeitos adversos ambientais e de saúde do transporte, incluíndo a congestão, é estimado como 260 bilhões [Euros]". A fusão a frio porá rapidamente um fim à poluição.

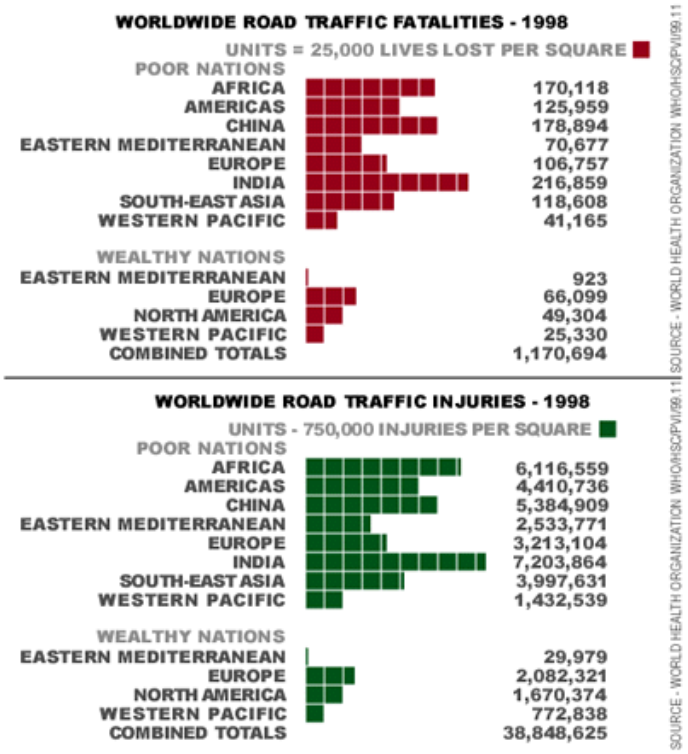


Figura 17.1. Fatalidades e ferimentos no tráfego em 1998, *Injury: A Leading Cause of the Global Burden of Disease*, World Health Organization

[157] *Averting The Three Outriders Of The Transport Apocalypse: Road Accidents, Air And Noise Pollution*, Press Release WHO/57, 31 July 1998, http://www.who.int/inf-pr-1998/en/pr98-57.html

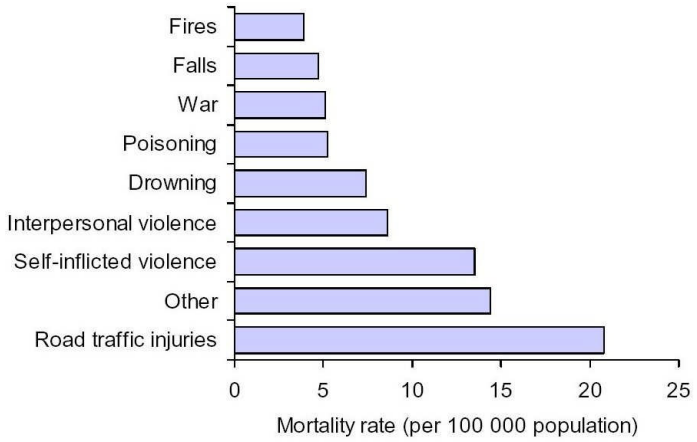


Figura 17.2. A razão global de ferimentos avaliada pela causa, 2000, Organização Mundo da Saúde, *The Injury Chart Book*, http://whqlibdoc.who.int/publications/924156220X.pdf ., ferimentos no tráfego de estrada são responsáveis pelas taxas mais elevadas de mortalidade em todo o mundo.

Reinventar os automóveis deveria ser uma prioridade urgente, junto com fornecer água potável, alimento e instrução. A fusão a frio é a chave para fazer veículos com motores muito mais seguros, bem como mais convenientes, úteis, silenciosos e mais velozes.

No terceiro mundo, os acidentes podem ser reduzidos da mesma maneira que têm sido reduzidos já no primeiro mundo: construíndo estradas e barreiras convencionais melhores de tráfego, reduzindo o congestionamento, e pondo os limites de velocidade mais baixos. Entrementes, no primeiro mundo nós podemos usar a fusão a frio começar soluções mais radicais. Uma vez que nós desenvolvemos tipos novos de carros e de estradas, nós podemos exportá-los para as nações mais pobres.

Forçar crianças a viver perto das estradas, respirando o ar poluído ou beber água contaminada deveriam ser considerados abuso infantil criminal e devem ser parados. Nós nos acostumamos a estes horrores porque vivemos cotidianamente com eles. A primeira etapa para reparar um problema é reconhecer que é um problema, para debruçarmo-nos sobre ele, e começar a procurar soluções.

Muitos outros problemas com tecnologia são menos horrendos do que acidentes fatais ou água contaminada, mas fazem a vida miserável, e devíamos tê-los reparado a décadas. Os engarrafamentos de tráfego gastam bilhões de horas-homem. O ruído do tráfego, as máquinas de cortar grama e o equipamento de construção propala o estrés e muitos problemas de saúde. As luzes brilhantes nas cidades provocam insônia e impossível de apreciar o céu à noite. Alguns destes problemas são causados por necessidades. As pessoas têm que ir trabalhar, assim que devemos sofrer engarrafamentos de tráfego e poluição. Mas as luzes brilhantes nas cidades beneficiam a ninguém mais que os acionistas das companhias do poder, e não há nenhum benefício em fazer cortadores de grama ruidosos. Ao contrário, máquinas que irritam as pessoas ou lhes fazem mal à saúde provavelmente também custam aos proprietários dinheiro extra. Uma máquina ruidosa geralmente é projetada mal, ineficiente, ou mal mantida.

2. Reinventando O Motor dos Veículos

Obviamente, a fusão a frio terá um impacto monumental: eliminará a gasolina. Para reiterar os números do capítulo 2, um quilograma da água pesada tem tanta energia quanto 1.5 milhão de quilogramas de gasolina (523.000 galões), e custará US$100 ou menos no futuro.

Os primeiros modelos a fusão a frio, provavelmente, se parecerão aos carros de hoje. Serão provavelmente grandes e pesado, como os modelos caros de tamanho médio dos Estados Unidos. Não haverá nenhuma razão fazê-los leves. Os consumidores preferem carros mais pesados porque são mais seguros; são mais silenciosos, e mais seguros nos acidentes do que outros veículos a motor[158].

A fusão a frio permitirá um projeto do veículo completo repensado. Podemos eliminar muitas das características mecânicas e estruturais do carro tradicional. Coisas tais como dispositivos anti-poluição, bombas eficientes de óleo e condicionadores de ar não serão necessários e nenhum tanque de combustível, exaustor e silenciador. Peças do corpo leves de alumínio e plástico e os dispositivos de iluminação aerodinâmicos, moldados são eficientes, mas são caros para substituir após um acidente, assim que serão dispensados. (A forma geral permanecerá aerodinâmica porque faz os carros mais fáceis de dirigir, e mais seguros.) Os fabricantes cancelarão programas de pesquisa caros para encontrar controles do consumo de combustível e da poluição. Os carros terão os corpos de aço, que são mais fáceis de reciclar. Estas mudanças devem eventualmente fazer os carros a fusão a frio mais baratos do que os modelos a gasolina.

Os primeiros modelos serão provavelmente carros híbridos a turbina a vapor e elétricos, similares aos modelos híbridos a gasolina e elétricos agora disponíveis da Toyota e da Honda. O vapor não será expulso; será condensado e reciclado. Os antigos automóveis a vapor eram inconvenientes. Quando a caldeira estava fria, era necessário acender o fogo e esperar uma meia hora antes que o carro estivesse pronto para andar. A fusão a frio parece ser lenta em ligar e desligar, embora isto possa ser somente devido a que os artefatos de hoje são experimentais. Suponha que para ligar o reator tome 20 minutos até a saída máxima. Com um projeto híbrido e baterias de reserva, este não será um problema[159]. A caldeira será bem isolada para manter a água quente assim que o motor trabalhará rapidamente, e também para proteger as pessoas de ser escaldadas em acidentes. Permanecerá morno mesmo no inverno, porque a fusão a frio nunca necessita ser desligada inteiramente. Será deixado na modalidade `à espera´. O carro partirá a bateria, a célula de fusão a frio será ligada no máximo tão rapidamente como puder, e a turbina recarregará logo as baterias. Continuará a funcionar depois que o carro está estacionado, até que as baterias estejam carregadas inteiramente, e então retornará à modalidade à espera.

As turbinas a vapor farão os carros a fusão a frio, os caminhões, as escavadoras e outra maquinaria pesada mais silenciosos, mais baratos e mais de confiança do que os modelos de hoje. Quando os dispositivos termoelétricos melhorarem, nós dispensaremos a turbina, fazendo à maquinaria mais silenciosa e mais simples, com poucas peças móveis.

---

[158] National Highway Transportation Safety Administration, http://www.nhtsa.dot.gov/

[159] Today's gasoline hybrid cars do not have anywhere near enough batteries to operate on battery power alone for any length of time. The Toyota Prius battery alone would only carry the car only about a mile. See: http://pressroom.toyota.com/photo_library/display_release.html?id=20040623

Os carros serão equipados com os condicionadores de ar e aquecedores termoelétricos em estado sólido, que o condutor deixará ligado quando o carro for estacionado. As peruas de luxo serão equipadas com dispositivos de intensa energia tais como refrigeradores.

Um ponto de venda principal de carro a fusão a frio será um ambiente amigável . Não causará quase nenhuma poluição. (As partículas das pastilhas de freio desgastadas e de pneus , e o óleo lubrificante gotejará na estrada, mas estes problemas são microscópicos comparados à poluição do ar da gasolina.) Agora, os carros híbridos a gasolina e elétricos estão vendendo como pão quente, talvez porque a tendência das pessoas é mostrarem-se como sensíveis ao ambiente. Dois modelos estão disponíveis, da Honda e da Toyota. O Honda está vendendo em números modestos porque se parece ao Civic regular. O Toyota Prius tem uma lista de espera de seis meses porque tem uma aparência futurística, com um painel computadorizado e operação inteiramente elétrica abaixo de 15 quilômetros por hora (10 milhas por hora), assim que é silencioso, visto que o Honda soa como um carro ordinário a gasolina mesmo em baixa velocidade. Os primeiros carros a fusão a frio venderão melhor se tiverem uma aparência futurística, mesmo se a maioria dos sistemas internos tais como os freios e as engrenagens sejam convencionais.

3. Melhorando O Sistema Inteiro De Transporte: Ir Ao Trabalho, Veículos e Estradas

Espero que ir ao trabalho em automóvel seja menos prevalecente no futuro, e as distâncias ao trabalho serão mais curtas. Gostaria de ver a maioria das viagens ao trabalho substituídas com as telecomunicações, em que as pessoas vão aos escritórios satélites pequenos perto de casa. Uma companhia grande pode ter mil empregados, mas estarão distribuídos em torno de uma cidade (ou de um continente) em escritórios pequenos, e conectados com tele-presença com grandes telas sempre. Gostaria também de ver o transporte aéreo melhorado substituir muito de nossos cursos interurbanos e caminhões interurbanos. Entretanto, os trabalhos tais como enfermagem, ensino, preparação de alimento ou pesquisa requererão que os empregados estejam fisicamente presentes numa lugar central. É provável que os automóveis serão nosso meio de transporte principal por séculos ainda. Deixe-nos assim imaginar como os veículos e as estradas possam ser melhorados radicalmente, para eliminar não só a poluição, mas também: acidentes; ruído; inconveniência; abafamento urbano; rodovias ruidosas onde deve haver pistas bucólicas e quietas; o perigo das colisões com cervos e outros animais selvagens; e milhões dos hectares de asfalto que danificam e destroem o ecossistema. Deixe-nos pensar sobre como os benefícios da mobilidade do automóvel podem ser estendidos a todos os membros da sociedade, incluíndo pessoas idosas demasiado isoladas por não mais poder dirigir um veículo.

Vários esquemas foram propostos para reduzir alguns destes problemas, mas considero-os como meias-medidas insatisfatórias, irrealistas. Custarão demasiado. Algumas pessoas advogam mais trânsito maciço, mas esta é uma solução do século XIX aos problemas do século XXI. É ingenuidade pensar que os norte americanos poderiam prescindir dos carros e montar bicicletas ou caminhar para o trabalho, ou parar de viver nos subúrbios. Se fossem as melhores soluções que podemos ter, podemos também nos resignar a viver com engarrafamentos de

tráfego miseráveis por mil anos mais. O que necessitamos são soluções novas audazes, radicais que eliminem o massacre, a despesa, o desperdício e a frustração causados pelos carros, ao ao mesmo tempo preservar a conveniência e a liberdade que os carros nos dão. Com a fusão a frio e melhorias nas escavações e nos computadores, podemos pôr a maioria das estradas principais muito ocupadas em subterrâneos e podemos fazer os automóveis que finalmente façam jus a seu nome e torná-los verdadeiramente automáticos.

Isto pode parecer completamente irrealista, mas acredito que tais estradas poderiam dobrar ou triplicar a velocidade de curso, e impedir quase todos os acidentes. Um sistema que a velocidade de curso fosse o dobro, impedisse um milhão mortes e 35 milhões de ferimentos sérios em todo o mundo e economizasse US$230 bilhões em contas de hospital nos Estados Unidos sozinho é não somente realista, é inevitável[160]. Por que devemos imaginar qualquer coisa menos? Nossos antepassados não estavam satisfeitos em navegar e andar em carruagens em estradas sujas. Fizeram navios a vapor e automóveis - uma melhoria gigantesca. É hora para nós de passar a etapas que se assemelhem a esse salto gigantesco. Nunca devemos estar satisfeitos com os sistemas que podem ser feitos muito mais seguros e melhores. As pessoas em toda parte da terra merecem o melhor que a tecnologia tem a oferecer.

Os túneis automobilísticos com a fusão a frio serão mais fáceis de projetar do que túneis de hoje porque exigirão menos ventilação. Somente os condutores necessitarão o ar fresco; os veículos não queimarão combustível. Ou seja as demandas nos sistemas da ventilação serão as mesmas que com os túneis elétricos de hoje do metrô. Os carros a gasolina serão proibidos também porque são perigosos; explodem às vezes durante acidentes. Os carros a fusão a frio podem queimar após um acidente severo, mas não explodirão. As condições de dirigir em túneis subterrâneos serão sempre as melhores. O pavimento nunca terá que ser rasgado até o esgoto, tubulações ou linhas de telefone, para reparo porque estes estarão em outra seção separada do túnel que os trabalhadores podem alcançar sem parar o tráfego. Os túneis automobilísticos terão antenas para rádio, televisão e telefones celulares. Terão luzes automáticas que giram quando os carros se aproximam, câmeras e sensores para os computadores de controle do tráfego. Desde que os túneis estarão protegidos do tempo, e os veículos não poluem, este equipamento de tecnologia elevada durará muito mais tempo do que em estradas de superfície de hoje. Uma vez que um carro entra no túnel, será operado automaticamente por completo. Será como um trem do metrô num aeroporto: um elevador horizontal sem operador humano. No ambiente estruturado dos túneis, onde não há pedestres, animais, ramos de árvores caídos, ou outros condutores humanos, podemos automatizar os carros usando a informática atual.

Em vizinhanças urbanas, as pessoas dirigirão manualmente em estradas de superfície, ou caminharão em vias laterais para ir de compras, à escola, ou dar uma volta à noite. Quando desejam ir mais do que alguns quilômetros, dirigirão ao longo das estradas de superfície não mais rapidamente de 30 quilômetros por hora, até que alcancem a entrada local do túnel, ou o portal, para uma das estradas subterrâneas principais. (O carro não irá mais rapidamente de 30 quilômetros por hora sob o controle manual; o computador limitará a velocidade mesmo quando você aperte o acelerador.) O portal será íngreme e estreito, como a entrada a uma garagem subterrânea de estacionamento. Será fechado e bloqueado, protegido por uma câmera e por um

[160] According to the National Highway Transportation Safety Administration, motor vehicle crashes in the U.S. cost $230 billion a year, "or an average of $820 for every person living in the United States." http://www.nhtsa.dot.gov/nhtsa/announce/press/pressdisplay.cfm?year=2002&filename=pr38-02.htm

sistema automático robotizado de segurança para impedir que as crianças e os animais vagueiem dentro, e para regular o tráfego durante as horas pico. O sistema automático reconhecerá que um carro está esperando, e abrirá rapidamente o portão. Uma vez que o carro entra no túnel, o volante de direção é retraído no painel, o computador dirigirá em automático, e o passageiro lerá um jornal ou fará uma sesta até que o carro emerja do portal o mais próximo de seu destino.

As estradas subterrâneas terão trânsito contínuo porque serão tridimensionais, como as rodovias de hoje: com viadutos nos cruzamentos. Porque não terão nenhuma luz de tráfego, as estradas subterrâneas serão mais rápidas do que as estradas de superfície, mesmo que tenham provavelmente menos pistas. O tráfego pode retardar ou parar de tempo em tempo, para permitir aos carros entrarem ou saírem de um portal, mas estas paradas serão inteiramente automáticas e regulados por um computador de controle do tráfego. Os atrasos serão tão breves quanto possível. Assim que o tráfego reinicie, a operação contínua, a plena velocidade recomeçará. Os sinais de tráfego crus de hoje param os carros se há tráfego ou não, e seguram, freqüentemente, os carros por diversos segundos depois que o sinal abriu.

As velocidades de curso reais de portal a portal dentro das cidades podem ser 60 quilômetros por hora (40 milhas por hora). Em autoestradas interurbanas subterrâneas, a velocidade de curso pode chegar a 250 quilômetros por hora (150 milhas por hora), embora mover-se assim rapidamente em tais confins estreitos precisa ser analisado. Claramente, nenhum ser humano pode operar um carro em tais velocidades elevadas num túnel. Os reflexos humanos não são para esta tarefa. um momento de distração causaria um acidente desastroso. A maioria dos choferes ficariam estarrecidos em pensar em entrar fundir no tráfego de um túnel estreito mesmo em velocidades das estradas de hoje.

As estradas em túneis não terão estreitamentos. Todos os carros e caminhões nelas se moverão na mesma velocidade, a espaços iguais. Podem com segurança andarem muito mais juntos do que os veículos dirigidos manualmente. Podem mesmo ser enganchados, para-choque a para-choque, movendo-se como um trem de um portal ao seguinte. O Departamento de Transporte dos EUA testou tais "trens de carros" ou "pelotões" de estrada. São dirigidos automaticamente, em estradas ordinárias com sensores magnéticos de orientação encaixados no pavimento[161]. Um trem de estrada seria mais fácil de executar nos túneis subterrâneos limpos, sem perturbações onde não há nenhum veículo dirigido manualmente. A densidade do tráfego pode ser dobrada ou triplicado reduzindo os espaços vazios entre carros. O computador de controle central do tráfego determinará a composição destes trens, agrupando junto os carros com o mesmo destino. Quando o trem se aproxima a um portal, alguns membros serão retirados, e outros podem se juntar ao trem. O trem pode retardar ou parar por um momento durante esta reorganização.

Como não haverá condutor humano, haverá uma cooperação perfeita entre carros, e nenhuma violação agressiva ao dirigir o tráfego. Os carros nunca deixarão de sinalizar sua intenção girar ou mudar pista. Todos os carros "saberão" onde os outros carros circunvizinhos estão indo, e o que cada um planeja fazer, porque sinalizarão constantemente ao um-outro dentro

[161] Bryant, B., *Actual Hands-Off Steering: and Other Wonders of the Modern World*. 1997, Federal Highway Administration, http://www.tfhrc.gov/pubrds/pr97-12/p32.htm This technique also reduces energy consumption: "Vehicles traveling in a tight, automated platoon with about half a vehicle-length interval have a dramatic reduction in aerodynamic drag that results in a 20-percent to 25-percent improvement in fuel economy and emissions reduction." But that will not matter with cold fusion.

de uma rede sem fio, enquanto o computador de controle do tráfego central emitirá ordens gerais a todos, quando necessário. Se ocorrer um acidente, todos os carros pararão em diversos quilômetros para trás e serão imediatamente informados da emergência, e serão parados. Desde que todos os carros se moverão na mesma velocidade - a velocidade segura a mais rápida possível dada a densidade e condições totais do tráfego - não haverá nenhuma manobra perigosa para alcançar outros carros ou para mudar de pista, e nenhuma disputa de uma pista exterior para sair. Quando o computador central de tráfego decidir mover um pelotão de carros para uma pista exterior, requisitará aos pelotões circunvizinhos e os carros individuais não conectados para deixarem espaço.

Quando estes controles automáticos forem aperfeiçoados e feitos fortes e baratos, o software do computador pode melhorar bastantes para tratar dos perigos de estradas ao ar livre, tais como as condições do tempo e os animais que vagueiam pela estrada. Algumas das estradas restantes sobre o solo podem ser adaptadas aos controles automáticos, assim que podem assegurar mais tráfego e velocidades mais elevadas. (Algumas descobertas prolongam, às vezes, a vida útil de tecnologia obsoleta. Previamente sugeri que as companhias de força poderiam usar geradores a fusão a frio centralizados para estender sua vida por algumas décadas.) As estradas velhas podem ser adaptadas depois que os automóveis dirigidos manualmente forem retirados, mas provavelmente não será uma boa idéia permitir a mistura de carros manuais e automáticos na mesma estrada. Em nenhum caso, a sobreposição não durará mais de 10 ou 20 anos, porque os carros desgastam rapidamente, e não há nenhuma chance de uma pessoa comprar carros manuais quando os automáticos viajarão duas vezes mais rápido e com 10.000 vezes menos acidentes fatais.

Todos os carros e caminhões serão inteiramente incluídos. Não se abrirá exceções a não ser em emergências. Todos os bens e pacotes nos caminhões estarão em compartimentos, firmemente selados. Caminhões abertos; caminhões de lixo cobertos de lona agitando que soltam nuvens de sujeira; caminhões que carregam galinhas em gaiolas abertas; e caminhões de lixo que derramam a água fétida nos para-brisas dos carros de trás nunca viajarão a 250 quilômetros por hora. O robô de controle do portal não abrirá o para um automóvel com um colchão amarrado ao teto ou em suspenso fora de uma porta parcialmente aberta, porque seria inseguro na estrada. Não abrirá o portão quando vê que um passageiro não está com o cinto de segurança. Se alguém soltar o cinto de segurança no túnel, o carro soará um alarme e chamará os policiais. Um oficial irado aparecerá em sua tela de vídeo no painel e seu carro será retirado no portal seguinte, onde um carro da patrulha estará esperando com uma multa de tráfego impressa ordenadamente. Talvez você sente que seria demasiada intrusão. Sinto muito, mas não posso imaginar como poderíamos operar com segurança a viagem de veículos atrelados em “pelotões automatizados” a 250 quilômetros por hora. Estas são circunstâncias extremas. Há um lado positivo das intrusões. Se você temer que está sofrendo um ataque cardíaco ao dirigir, e chama a polícia por ajuda, um paramedico do serviço médico de emergência aparecerá na sua tela do painel em socorro . Todo tráfego restante será desviado, e seu carro será afastado em emergência a prosseguir automaticamente a velocidade superior ao portal do hospital o mais próximo, onde a equipe do Serviço Médico de Emergência estará esperando com uma ambulância.

Em viagens longas, aborrecidas através de túneis não haverá nada que ver, e nada que fazer, desde que o carro se dirigirá a si mesmo. O entretenimento no carro será melhorado. O para-brisa terá uma tela de cristal líqüido interna (LCD), que sobreporá informação enquanto se

dirige na modalidade manual, numa tela em cortina. Mostrará os nomes das estradas e avisos quando algum pedestre estiver na frente do carro. Quando se viajará na modalidade automática, você pode mudar o LCD para exposição multicor opaca da tela, dando-lhe privacidade, iluminação, e a um jogo de paisagens, como um screensaver. Ser poderá selecionar uma vista que mostre seu carro surfando sobre um tsunami ou navegando rio abaixo em corredeiras rápidas. Os carros serão bem isolados, os motores serão silenciosos, e as estradas serão lisas, assim haverá pouca vibração ou sensação de movimento. Talvez seria mais apropriado selecionar uma vista vagueando rio abaixo no rio Cambridge numa noite de meados do verão, ou numa gôndola veneziana ou no espaço cercado por gráficos apropriados de campos das estrelas.

Os automóveis assemelhar-se-ão a carros do metrô ou a aviões. Todos terão forma e tamanho mais ou menos idênticos, e todos serão capazes de desempenho em alta velocidade e de resposta rápida ao controle de computador. Terão que conformar-se a uns padrões mais exigentes de engenharia que os veículos de hoje e estarão sujeitos a inspeção automatizada freqüente de resistência e de segurança .

Quase todos os acidentes são causados hoje por erro ou imprudência do motorista, antes que por falhas mecânicas ou da estrada. A maioria dos acidentes sérios ocorrem em velocidades acima de 30 quilômetros por hora. Quando as pessoas dirigirem manualmente os carros a não mais de 30 quilômetros por hora nas ruas de superfície e quase todas as estradas estiverem automatizadas, os acidentes fatais serão tão raros que farão notícia de primeira página. As fatalidades no mundo poderão cair de 1.2 milhão a uns mil por ano. Porque os computadores e os sensores de controle melhorarão, os acidentes tornar-se-ão gradualmente tão raros como os acidentes das linhas comerciais aéreas de hoje.

Muitos atrasos nas estradas hoje são causados por acidentes, assim lá serão poucos os atrasos, com exceção do tráfego usual da hora de pico. A hora de pico pode ser prevista, planejada, monitorada e controlada com computadores centrais. Pode ser reduzida extremamente carregando os pedágios automáticos que variem pela posição e pela hora. (Necessitaremos pedágios nas estradas ou um imposto pela quilometragem do velocímetro em todo o caso, substituir o imposto da gasolina.) Quando nos aproximamos de um portal durante a hora de pico, o computador de controle do tráfego pode emitir uma mensagem a seu vídeo-fone do painel: !”todos as vagas de tráfego nesta estrada foram reservados para os 15 minutos seguintes. Pode-se desejar usar uma rota alternativa na avenida Wisconsin, ou você pode reservar uma vaga às 8:46. Note que as altas taxas de pedágio são agora de fato até as 9:00 a.m.”. Depois de reservar uma vaga o computador lhe dirá para estacionar próximo, e iniciará uma contagem regressiva no console e dois-minuto antes um aviso de que a vaga se tornará disponível.

A neve e as tempestades atrasarão raramente o tráfego nos túneis, exceto quando causa o tráfego ao engarrafar nos portais de saída. Muitos motoristas não podem sair à superfície. Podem dirigir diretamente a garagens subterrâneas de estacionamento abaixo de suas casas e escritórios.

Se os computadores da classe `cérebro de ave´ descritos no capítulo 10 forem desenvolvidos, os veículos autônomos operar-se-ão automaticamente nas estradas de superfície bem como nas subterrâneas. Nunca se dirigirá. Simplesmente se entra, diz-se ao computador onde quer ir e relaxa então quando o carro navega lentamente através da vizinhança e então entrando no subterrâneo viajará a 250 quilômetros por hora. Tais carros inteiramente autônomos trarão benefícios tremendos às pessoas. Estarão rápidos, seguros, e disponíveis à demanda por

qualquer um, inclusive a uma criança pequena, por uma pessoa cega, por pessoas fracas, idosas, e outros que não podem operar os carros de hoje. Estenderão a todos os membros da sociedade a liberdade, a independência e a mobilidade que os automóveis dão agora à média, adulto são. As estradas subterrâneas terão eliminado já a maioria de acidentes sérios, mas as pessoas terão que continuar dirigindo nas ruas de superfície até os computadores `cérebro de ave´ aparecerem. Isto eliminará finalmente os poucos acidentes restantes causados por motoristas embriagados, os imprudentes, os taxistas e os tímidos que não reagem bastante rapidamente, pessoas perdidas e tentam encontrar uma rua ou consultam um mapa, as pessoas que caem doentes ou adormecidas no volante, os pais distraídos com as crianças, e as pessoas que falam por telefones celulares. Finalmente, "o motorista" transformar-se-á numa coisa do passado.

Os veículos e aviões inteiramente autônomos afastarão a maioria dos trabalhos no setor do transporte, tal como motoristas de caminhão, taxistas e pilotos das linhas aéreas.

Subir num veículo inteligente inteiramente autônomo não será coisa de novela uma sensação como se pode imaginar. Realmente, as pessoas têm feito isto por milhares dos anos. Muitos fazendeiros cansados montaram para casa meio adormecidos na parte traseira do cavalo que conhece o caminho tão bem como o cavaleiro .

As pessoas não querem por muito tempo mais passearem na parte traseira de um caminhão aberto, ou sem o cinto de segurança. Embora os acidentes nas estradas subterrâneas serão raros e não resultem em explosões de gasolina, não é provável que um passageiro sobreviva um desastre a 250 quilômetros por hora sem um cinto de segurança. Será provavelmente o cinto de 4 pontos usado em pequenos do avião. (A um motorista do século XX , andar nestes carros talvez parecerá mais a um passeio no parque de diversões.) Os capacetes podem também ser requeridos. Animais de estimação e todos os bens terão que ser armazenados firmemente; se parasse abruptamente num desastre, o momento de uma lata frouxa de pêssegos arremessados do assento traseiro a 250 quilômetros por hora poderia infligir um golpe fatal. Estes são, como disse, circunstâncias extremas. Mas os projetistas sabem como manejar a situação. Os carros de corrida têm a cabina do piloto protegida de auto destruição num acidente a alta velocidade, absorvendo a maioria do choque num desastre. Nos acidentes com aviões pequenos, as asas e a maioria da fuselagem podem ser despedaçadas em tiras, restando somente do compartimento de passageiro intacto e rebotando ao longo da pista de decolagem, contudo os passageiros evitam a todo custo o acidente.

Os produtos químicos perigosos e os materiais explosivos deverão ser proibidos nas estradas subterrâneas. Terão que ir através das estradas de superfície lentas, ou dos encanamentos, ou eventualmente por avião robô-pilotado de VTOL. Para evitar o terrorismo e o crime, os robôs do portal podem necessitar verificar os automóveis para ver se há explosivos ou contrabando.

Quando sugeri que os automóveis devem ser verdadeiramente automáticos, altamente regulados e estandartizados, alguns leitores lamentaram a perda de liberdade que isto envolveria. Apreciam dirigir. Consideram um meio de auto-expressão. Não querem todos os carros parecerem iguais. Querem expressar seu individualidade escolhendo o modelo de seu carro. Querem a liberdade de examinar ao redor e reparar os carros eles mesmos. Parece improvável que será permitidos aos mecânicos amadores modificar veículos computarizados que se operam rotineiramente a 250 quilômetros por hora. Isto seria como permitir que as pessoas ajudem a

mudar um pneu de um Boeing 747. Eu espero que algumas estradas sejam reservadas para os que apreciam automóveis e dirigir como um passatempo, ou como meios da auto-expressão. Têm todo o direito de o fazer, assim como as pessoas têm o direito de apreciar bicicletas, natação e canoagem no rio Delaware, ou esportes perigosos tais como saltar. Entretanto, o sistema de estradas não é para dar às pessoas satisfação psicológica, ou meios de expressar-se. É um sistema público de transporte, nada diferente de um elevador. Os carros automáticos e as estradas subterrâneas triplicariam a velocidade de curso média e salvariam 40.000 vidas por ano só nos EUA, assim que a vasta maioria de viajantes com bilhete mensal preferiria, mesmo que fizesse a vida mais regulada e um pouco menos colorida e emocionante.

Quando a maioria das estradas de superfície grandes forem abandonadas, milhões de hectares de terra estarão livres para outros usos. Talvez reservaremos algumas das estradas abandonadas famosas para cultivar a nostalgia do automóvel, como parques nacionais. Os amadores com uns cem mil carros a gasolina não causariam nenhuma poluição ou dano mensurável. Os riscos de dirigir são pequenos, depois de tudo. As estradas com bonitos cenários tal como a Skyline em Virgínia e a Route 1 na Califórnia devem certamente ser deixadas abertas aos carros, às motocicletas e às bicicletas. Quando a Newer New Jersey Turnpike for aberta como uma estrada de 16 vias subterrânea e automática, 50 metros sob o solo atual, talvez 100 quilômetros da velha estrada podem ser transformados num museu da nostalgia para as pessoas que querem dirigir veículos manualmente operados a gasolina, completa com postos de gasolina autênticos do século XXI, restaurantes com alimento rápido, e policiais de estrada do estado trajando uniformes da época.

Pode ser melhor substituir a maioria das estradas de alta velocidade interurbanas com telecomunicações e o transporte aéreo, ou talvez carros subterrâneos automatizados com levitação magnética (maglev) que viajam entre 500 e 1.000 quilômetros por hora. Estes veículos operam somente sobre as trilhas especiais `maglev´, ao contrário dos carros de passageiro com rodas individuais que entram e saem dos túneis. É concebível, suponho, que as trilhas do maglev estarão construídas fora dos túneis das vizinhanças urbanas, de modo que qualquer um possa dirigir seu próprio carro pessoal do maglev a um lote de estacionamento perto de sua casa, ou direto à porta dianteira. Isto parece inábil e caro, como uma rede gigante de carros troley. Talvez poderiam ter as rodas retráteis para velocidade baixa, nas operações de superfície.

Um trem maglev é rápido em parte porque não tem nenhuma roda. As rodas limitam a velocidade e o controle de um automóvel. Há outros veículos sem rodas tais como o hovercraft[162]. Os projetistas propuseram vários veículos exóticos, tais como os carros que andam sobre um trilho só operados privadamente em trilhas de suspensão especial. Penso que estas alternativas seriam demasiado ruidosas, difíceis de se operar ou pouco prático. Se qualquer coisa substituir o automóvel no futuro, será a máquina pessoal de vôo, descrita no capítulo seguinte.

[162] hovercraft – veículo que se desloca sobre um colchão de ar

18. O Futuro Da Aviação, Espaçonaves E Máquinas Pessoais Voadoras

A fusão a frio acoplada ao progresso no controle de tráfego aeroespacial e da tecnologia trará aproximadamente duas formas novas de avião: aqueles com carga útil muito maiores que carregam milhares de pessoas ou centenas de toneladas de carga, e aqueles com carga útil muito menores que carregam um ou dois passageiros, para uso pessoal.

1. Os veículos Aéreos

Os aviões e os helicópteros terão escala ilimitada. Viajarão em velocidades superiores; não necessitarão "uma velocidade de cruzeiro" para economizar combustível. O alto desempenho do jato a fusão a frio e do avião a ramjet[163] voarão em muitas vezes à velocidade do som por tanto tempo quanto a tripulação tenha alimento e água.

Os aviões de hoje sofrem de dois problemas relacionados: carga útil pequena e têm que mover-se para manter-se ou caem. Os jatos Jumbo carregam até 500 pessoas. A Boeing e a Airbus estão pensando em construir aviões para 1.000 passageiros, mas estes estarão, provavelmente, perto do limite prático. Os aviões convencionais nunca carregarão mais por causa do segundo problema: não podem desacelerar muito ou pairar no ar. Assim devem ter pistas de decolagem longas, e devem permanecer diversos quilômetros separados no ar por segurança. Maior o avião, mais longa a pista de decolagem que necessita, e mais o esforço que põe sobre a pista de decolagem e o trem de aterrisagem quando aterrisam. Os aeroportos usam já muito espaço, e não é provável que as cidades permitirão pistas de decolagem duas ou três vezes maiores das que já existem.

Um avião de 1.000 passageiros pode parecer grande, mas não é muito pelos padrões dos trens ou navios. O *Great Eastern*, lançado em 1858, podia carregar 4.000 passageiros em acomodações bastante mais confortáveis e mais cômodas do que as de um avião, ou 10.000 tropas apinhadas.

O que necessitamos são aviões gigantescos que possam pairar, descer verticalmente, e aterrar delicadamente na frente do terminal aéreo sem pista, à maneira de um helicóptero. Um avião que paire e desça sobre diversos patins ou pneus que golpeiem a terra simultaneamente, não desenvolve tensão excessiva sobre o solo ou o trem de aterrisagem do avião.

Quando o tráfego aéreo estiver congestionado, o avião retardará a descida, parará e pairará alto sobre o aeroporto numa posição fixa, perto de outro avião parado, como os carros que esperam num sinal de tráfego. Não necessitarão orbitar em círculos gigantes em alta velocidade como os aviões de hoje . Isto fará o trabalho de controle de tráfego aéreo mais fácil. Aeroportos múltiplos, descentralizados e aterrisagem direta de fretes nas fábricas, shoppings. O tráfego não virá mais através do gargalo de um aeroporto grande.

Quatro tipos de aviões podem pairar:

---

[163] Ramjet: Um motor a jato operado por injeção de combustível numa torrente de ar comprimido pela velocidade da aeronave.

1. Helicópteros. Parece improvável que os helicópteros possam ser feitos muito maiores ou mais rápidos do que já são. A fusão a frio não ajudaria. O fator limitante é o tamanho e a força dos rotores (hélices).
2. Hovercraft. sabido também como o veículo a coxim de ar (ACV), ou máquina de efeito terra.
3. Dirigíveis (Zeppelin) ou balão a gás (mais leve que o ar)
4. Avião de decolagem e aterrisagem vertical (VTOL). Este é como um helicóptero que usa os motores a jato em vez dos rotores.

Grandes hovercrafts estiveram em uso por décadas, principalmente no Serviço de Balsas dos Canais Ingleses. Não eram um sucesso comercial proeminente principalmente porque usavam demasiada energia, o que não importaria com a fusão a frio. Não poderiam competir com túneis e com os catamarans[164], "Fast Ship", assim que estavam obsoletos em 2000. Mas têm vantagens intrínsecas sobre os navios ordinários, aviões e Fast Ship (navios rápidos). São muito mais rápidos do que navios ordinários, e não são afetados tanto pelo mau tempo e altas ondas. Podem cruzar sobre água, gelo, areia, pântano, ou toda classe de superfície plana. O hovercraft oceânico gigante pode ser desenvolvido, principalmente para carga mas talvez também para passageiros. As balsas dos canais poderiam cruzar de Londres a Nova York em dois dias, e pode-se desenvolver mais rápidos. Dois dias são aproximadamente quanto demoram para remeter fretes aéreos hoje, uma vez o carregamento em recipientes pequenos e carregado, espera-se no aeroporto para recolher. Um hovercraft grande pode carregar tanto quanto cem aviões . Aportará num porto de carga, que pode manipular muito mais carga do que um aeroporto. Alternativamente, pode ir a um porto novo a diversos quilômetros em terra, se acontecer existir um espaço aberto largo e liso da costa ao novo porto. Este espaço não teria que ser pavimentado. Pôde ter plantações, cercas ou pedregulhos mais ou menos de um metro de elevação. O hovercraft seria melhor do que os projetos rápidos avançados de navios, primeiramente porque já existem e as pessoas têm experiência em os operar, e em segundo porque causariam menos dano ao ambiente. Os navios rápidos montariam alto sobre a água a 70 quilômetros por hora, como hidroplanos, e poderiam matar baleias e outras espécies grandes, e quebrar a ecologia do oceano.

O hovercraft é usado extensamente pelas forças armadas, que gostam dele porque voam sobre a água, a areia, os pântanos, o arame farpado ou os campos minados com igual facilidade, um metro ou mais acima do solo. A marinha dos EUA tem uma grande frota de hovercraft blindados.

Os dirigíveis a ar quente rígidos gigantescos são os que usam o ar quente em vez do hidrogênio ou hélio. Podem usar uma combinação de ar quente e hélio. Um dirigível poderia transportar milhares de toneladas de carga ou de matéria prima de continente a continente. Não necessitaria aeroporto, apenas um espaço aberto. Pode pairar sobre uma mina ao carregar o minério[165]. A menos que uma máquina anti-gravidade for possível, os dirigíveis provavelmente são a forma mais silenciosa de transporte aéreo. Os dirigíveis a hidrogênio como o Hindenburg eram perigosos, mas os a hélio e as naves a ar quente são seguras. Podem crescer gigantescamente, como cidades flutuantes. As pessoas podem viver neles, à maneira como algumas pessoas ricas, aposentadas vivem todo o ano a bordo do rainha Elizabeth 2.

---

[164] Um barco com dois flutuadores paralelos, com um mastro montado numa estrutura transversal que junta os flutuadores.
[165] McFee, J., *The Deltoid Pumpkin Seed*. 1973: Farrar, Straus and Giroux.

Assim, somente os aviões pequenos VTOL foram desenvolvidos, principalmente aeroplanos militares tais como o Harrier (jato a salto). O VTOL a hélice tem as mesmas limitações mecânicas e de velocidade que os helicópteros. Não foram bem sucedidos. O que nós necessitamos para os cursos interurbanos (1.000 quilômetros ou mais) são gigantescos, propelido a jato, um VTOL supersônico a fusão a frio, que possa carregar tantas pessoas como um navio a vapor do século XIX. Depois que os 4.000 passageiros tomem seus assentos, o VTOL se afastará do portão de embarque, e voará então em linha reta para acima, sem pista de decolagem. Quando alcançar a altura de cruzeiro a 11.000 metros (35.000 pés), poderá voar em Mach três (3.572 quilômetros por hora, ou 2.220 mph). Se o aeroporto de destino estiver congestionado, o VTOL pode pairar alto no ar e esperar um ao espaço livre. Então descerá delicadamente direto no portão de desembarque, e descarregará os passageiros através de dúzias das saídas.

Hoje, a viagem de Nova York a Osaka demora cansativas 14 horas. Com o VTOL supersônico, fará em três horas e sete minutos. O vôo mais longo na terra não será de mais de quatro horas. As refeições, as aeromoças, os descansos serão coisas do passado. As aeromoças têm hoje um papel importante numa emergência. Não serão necessárias porque na época em que construiremos estes aviões, as aeromoças robô serão tão hábeis tratar das emergências como os seres humanos. Os robôs permanecerão delicados não importa o que aconteça. Em todo caso, qualquer acidente será provavelmente instantâneo e catastrófico, as aeromoças serão inúteis em ajudar, e não parece haver alguma razão para sacrificar algumas dúzias de vidas extra. Os pilotos, é desnecessário dizer, serão substituídos também por controle robótico.

As pessoas não devem levantar-se e andar muito dentro dos aviões, e o vôo será curto, assim não há necessidade de espaços abertos. Mas os assentos devem ser tão luxuosos e cômodos quanto os assentos de primeira classe de hoje. Não haverá nenhuma necessidade economizar espaço, ou apinhar de passageiros para conseguir eficiência de combustível máxima.

Os grandes aviões VTOL de carga ajudarão aliviar o congestionamento de tráfego das estradas. Muitos caminhões de longo percursol nas estradas estão sendo substituídos já com os aviões, com o crescimento de serviços de entrega de noite. A fusão a frio fará o transporte pelo ar muito mais barato. Com os aviões de carga VTOL, os bens poderão ser enviados diretamente das fábricas às lojas e shoppings em aviões sem piloto que aterram num lote de estacionamento ou no telhado.

Um avião supersônico VTOL poderá trabalhar melhor com pequenas asas, ou sem asas. Os motores devem fornecer a maioria da sustentação e do controle. A maioria dos jatos supersônicos militares modernos têm, forma de asa, “fuselagens levantadas”. VTOL gigantes poderão ter este projeto.

Um avião com asas pode planar por distâncias surpreendentemente longas, mas um avião somente com os motores e um corpo levantado para mantê-lo no ar, cairá como uma pedra se todos os motores pararem. Como os motores são tão críticos, o avião deve ter diversos, caso falhe um ou dois. Seis seria um número bom, e a natureza veio já com uma boa maneira de arranjá-los: como um inseto, com dois na parte dianteira, dois no meio, e dois na parte traseira. (Veja Figura 18.1.) Apontarão para baixo quando o avião decolar e aterrisar, e giram então um pouco para trás para impulsá-lo para a frente. Talvez não seja praticável girar tais motores enormes. Nesse caso, os motores ficarão fixos e a corrente de ar será dirigida com aletas. Se os motores girassem sobre um eixo, teriam que mover-se rapidamente para manter o controle e manter o vôo suave. Os aviões de hoje atuam rapidamente as aletas das asas, movendo-as de

encontro a forças tremendas. As aletas das asas têm os parafusos e as engrenagens gigantescos. Os aviões futuros poderão usar alguma sorte de músculos artificiais eletricamente ativados, mas provavelmente não de polímeros eletroativos (EAP) descritos no capítulo 10. Os EAP não seriam forte bastante, mas outros tipos que são muito mais fortes com uma escala de movimento menor, tal como variedades piezoelétricas, poderiam funcionar.

A fusão a frio produz uma densidade de energia mais baixa e temperaturas mais baixas do que a combustão. É difícil imaginar como um motor aeroespacial a fusão a frio trabalharia. Os motores seriam provavelmente menos eficientes do que os motores aeroespaciais de hoje, significa que seriam mais pesados e mais volumosos. Mas isto não importará muito porque os aviões não requererão tanques de combustível, assim que os projetistas terão muito mais espaço no compartimento de motor para trabalhar e poucas limitações de peso. Um Boeing 747 vazio pesa 181.000 quilogramas (181 toneladas). Quando voa de Nova York ao Japão, queima 96 toneladas de combustível, e deve carregar uma margem extra grande de combustível por segurança[166]. Uma versão a fusão a frio consumiria 183 gramas de água pesada (um copo).

É um pouco difícil imaginar como um motor aeroespacial a fusão a frio pode trabalhar. Entretanto, os motores de avião a fissão de urânio convencionais foram desenvolvidos nos anos 1950, e um protótipo foi posto a funcionar por 120 horas. C. Hamilton[167] descreveu a culminação do programa:

> O programa do Direct-cycle foi elaborado pela General Electric e foi extremamente bem sucedido. Num motor a jato de ciclo direto, o fluxo de ar no motor é desviado depois que sai do compressor. Então entra no reator, é aquecido diretamente, e conduzido então para trás na seção da turbina do motor. Em 1956, um teste na terra de um motor de turbojato J-47 modificado foi operado por um reator nuclear referido como Experiência No. 1 do Reator de Transferência de Calor (HTRE-1) (14).
>
> Este programa continuou com experiências mais rigorosas, HTRE-2 e -3, que validaram o conceito de utilizar um reator nuclear para mover um ou mais motores a turbojato. A configuração final para o HTRE-3 moveu dois motores a turbojato e era do tamanho para caber dentro de um avião mesmo que não fosse projetada para ser um modelo de teste de vôo.

O projeto foi abandonado por causa do peso da proteção requerida, e do perigo de um acidente. Recentemente, o interesse neste assunto voltou devido a uma descoberta possível em energia nuclear convencional: a reação do isômero do háfnio provocada por Raios X[168]. Que isto pode conduzir a uma fonte de energia nuclear que pudesse ser ligada e desligada a vontade. Ao contrário da fusão a frio, produziria raios gama perigosos. Um motor nuclear baseado nisto seria muito mais seguro do que um motor a fissão de urânio, porque poderia ser desligado e requereria menos proteção. Hamilton descreve um motor híbrido químico-nuclear que possa se operar em

---

[166] Boeing Company, http://www.boeing.com/commercial/747family/flash.html The long range version of the 747 can carry up to 174 tons of fuel (63,705 gallons).

[167] Hamilton, C., *Design Study Of Triggered Isomer Heat Exchanger-Combustion Hybrid Jet Engine For High Altitude Flight*. 2002, Air Force Institute of Technology: Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.

[168] Não posso julgar se as declarações respeito ao háfnio são de se dar crédito ou não, mas Robert Park da APS ridicularizou-o selvagemente e o atacou, assim suponho que devem ser tomadas em sério e deve ser feito um teste justo.

temperaturas até 1.500ºC. Tais temperaturas poderiam ser conseguidas com fusão a frio de descargas em gás, ou possivelmente com fusão a frio em titânio carregado com gás.

Posso imaginar que algumas maneiras que um motor pode trabalhar, embora não pudesse dizer se estes esquemas seriam realizáveis:

1. Um motor a jato com turbina a vapor onde o líqüido de funcionamento seja condensado e re-usado. Embora este fosse relativamente pesado e de baixa potência, pode trabalhar lentamente, para aviões a hélice. Durante a segunda guerra mundial os alemães operaram motores diesel em aviões de observação de elevada altura.
2. Uma turbina a combustão de hidrogênio e oxigênio. As células de fusão a frio produzem copiosos gases livres de hidrogênio e oxigênio da pirólise. O gás queima na turbina, recombinando para dar forma ao vapor quente, e retorna à célula de fusão a frio. (o oxigênio e o hidrogênio inflamariam explosivamente uma curta distância da célula. Isto é perigoso, naturalmente, mas a água restante no tanque seria perfeitamente segura.) Pode ser impossível capturar o gás quente, que no caso o avião teria que carregar 250 toneladas de água ordinária em vez de 96 toneladas de combustível e a escala seria limitada pela quantidade de água que poderia carregar. A água é muito mais segura do que o combustível do jato, o querosene, desnecessário dizer.
3. Turbinas a vapor ou a hidrogênio-oxigênio a velocidade baixa, e um ramjet a alta velocidade. Um ramjet usa o ar circunvizinho como fluido de funcionamento, mas requer uma fonte intensa de calor. O ramjet experimental testado recentemente pela NASA usa hidrogênio. Isto podia ser gerado pela fusão a frio a bordo, a partir da água.

Não há dúvidas de que os engenheiros encontrarão um método prático.

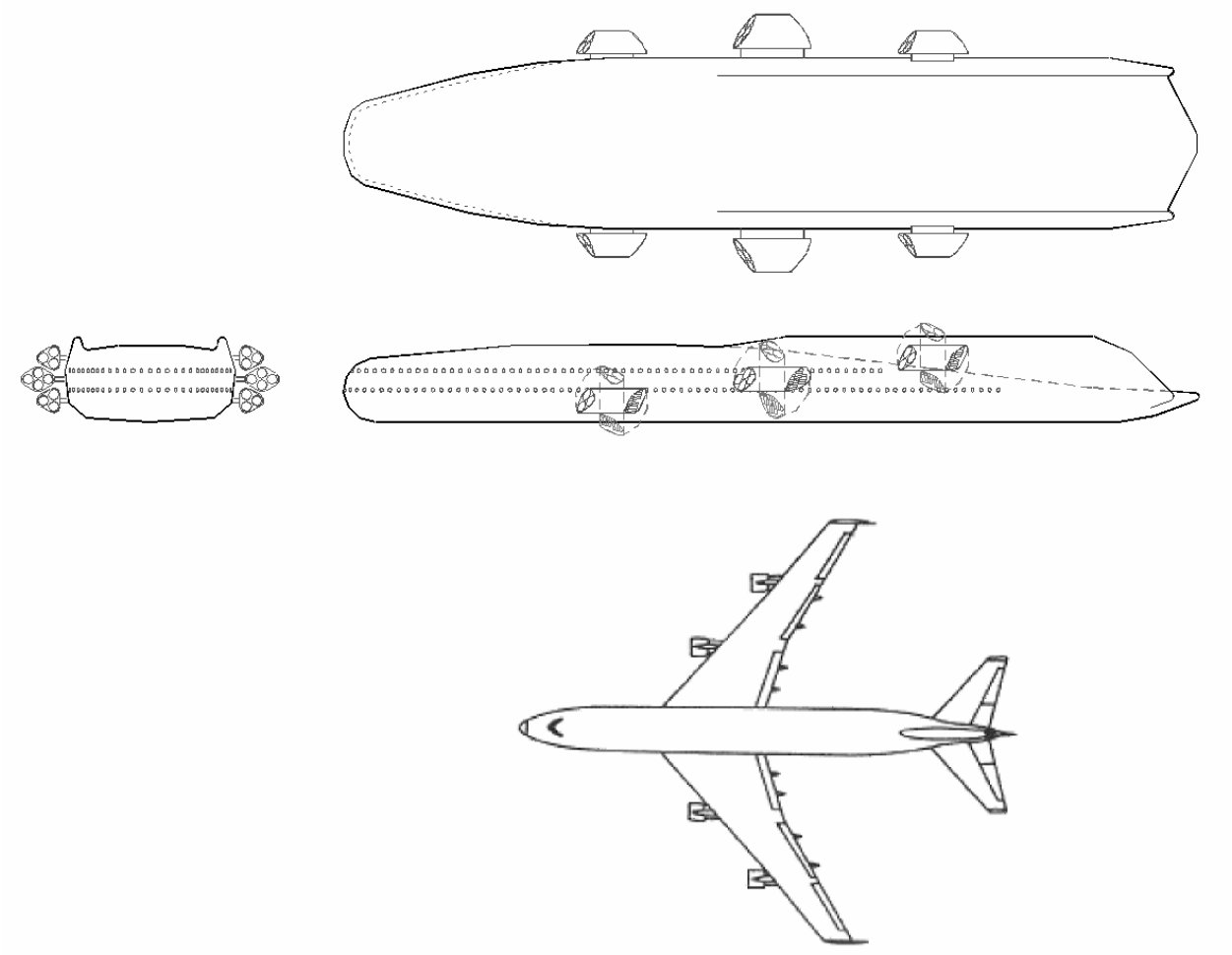


Figure 18.1. Um VTOL (vertical takeoff and landing) aeroplano supersônico de passageiros, como visto por Adam Cox. Um Boeing 747 na mesma escala é mostrado para comparação. Os motores giram sobre um eixo com a frente para baixo durante a decolagem e a aterrisagem, e para a parte traseira durante o vôo.

Especificações de um VTOL Supersônico de Passageiros

Corpo com desenho levantado: a fuselagem atua como uma asa gigante
Comprimento – 122 m. (400 pés)
Altura – 12 m (40 pés)
Largura da fuselagem – 24 m (80 pés)

Peso – 4.000.000 quilogramas (10 vezes um Boeing 747)

Motores – 20 motores a jato a fusão a frio com hidrogênio
- 4 conjuntos triplos
- 2 conjuntos quádruplos

Maneabilidade
- Motores equipados com impulso limitado
- Os conjuntos de motores giram 90º para realizar levantamento / aterrisagem

Velocidade – Mach 3 (3572 quilômetros por hora, ou 2220 mph)

Passageiros: 4.000, todos em acomodações de primeira classe, com 1.4 metros quadrados de espaço por passageiro (15 pés quadrados), incluíndo passagem entre assentos, banheiros e outros. O Boeing 747 tem quando muito a metade desse espaço por passageiro.

Duas fileiras de passageiros, com um total de 5.600 metros quadrados (60,000 pés quadrados). Isto corresponde ao espaço de um campo de futebol (57.600 pés quadrados).

Os conjuntos de motores são escalonados verticalmente e horizontalmente para ajudá-los a limpar a exaustão dos conjuntos à sua frente.

A área deste avião é menor que de um Boeing 747 porque não tem asas.

2. Espaçonaves

A parte difícil do curso espacial começa na terra através da atmosfera até orbitar a terra (earth-to-orbit). Dado o que já sabemos sobre o desempenho da fusão a frio hoje, parece improvável que possa ser o bastante quente ou bastante concentrada para um motor de foguete earth-to-orbit. Pode ser usada para separar da água o hidrogênio e o oxigênio, o combustível usado para impulsar os foguetes ao espaço atualmente. Entretanto, uma outra solução está à vista: o elevador do espaço. Um elevador do espaço é um cabo longo, feito de filamentos de carbono, reto desde a terra até um satélite em órbita geoestacionária, a 36.000 quilômetros de altura. Os materiais ordinários tais como o aço nunca seria bastante forte para alcançar tal distância, mas nano-tubos de carbono 100 vezes mais forte do que o aço foram desenvolvidos. Dentro de uma década, poderão ser feitos o bastante fortes para construir um elevador espacial.

Figura 18.2. Um elevador espacial, visto desde uma estação geo-estacionária de transferência olhando para baixo no comprimento do elevador até a Terra. NASA, Flight Projects Directorate, Space Elevator Concept, http://flightprojects.msfc.nasa.gov/fd02_elev.html

Depois que um cabo é fixado na superfície da terra à plataforma geo-sincrônica, os carros automáticos podem escalá-lo, levantando outros cabos. Eventualmente, diversos cabos podem ser empacotados junto, fazendo um cabo forte bastante para levantar um peso grande, tal como um carro com muitos passageiros ou toneladas de carga. O elevador seria muito mais seguro e mais eficiente do que todo foguete ou outro veículo aeroespacial. Embora este projeto pudesse ser construído sem a fusão a frio, a fusão a frio seria a fonte ideal de energia para ela. Eventualmente, uma estação espacial vasta poderia ser construída junto ao elevador espacial. Enviar mais material até a estação espacial será uma vantagem. Quanto mais massa é acumulada na estação geo-sincrônica e no contrapeso além dela, melhor o elevador espacial trabalhará. Eventualmente esta estação pode incluir vastas áreas para montar veículos pré-fabricados para o espaço profundo e armazéns e áreas de transferência de carga para objetos limitados a viagens para a lua e os planetas do sistema solar.

A construção de enormes estruturas sob baixa gravidade ou gravidade zero poderiam ser muito econômicas comparadas com um edifício mesmo um skyscraper[169] moderado ou na superfície da terra. Não teriam que superar a força da gravidade, nem enfrentar às forças da natureza tais como ventos, tempestades e terremotos. Uma grande estrutura para a estação espacial projetada para a ocupação humana teria um volume enorme de ar dentro, e necessitaria paredes imensamente fortes para conter o ar. Mas um edifício gigante de armazéns ou de naves espaciais pode trabalhar com vácuo em seu interior, desde que a maioria dos trabalhadores seriam robôs, antes que seres humanos que necessitam acomodações. Eventualmente, os engenheiros podem descobrir que é mais fácil e mais barato manufaturar muitos produtos no

[169] Um edifício relativamente exagerado de muitas lojas, especialmente um para escritórios ou uso comercial.

vácuo puro, ou talvez numa atmosfera a baixa pressão de nitrogênio. Seria mais limpo do que quartos desinfetados da melhor fabricação de hoje de micro-circuitos de computador.

Uma vez que saiamos ao espaço inter-planetário, necessitaremos naves capazes de cruzar o espaço e alcançar a Lua, Marte e outros planetas. Naves propulsadas por ions seria uma boa maneira para hoje, mas espero que os sistemas novos de propulsão sejam inventados que tirem melhor vantagem do grande fluxo contínuo de energia que a fusão a frio pode produzir.

Uma versão de alta temperatura da fusão a frio tal como a descarga incandescentes em plasma pode ser apropriada para foguetes. Mesmo assim, não daria a foguetes escala ilimitada, como a um automóvel a fusão a frio, porque os foguetes devem levar o propulsor. A fusão a frio pode estender a escala dos foguetes elevando-os alto na atmosfera com motores convencionais (jatos ou ramjets). Um foguete alado pode sair da atmosfera, cruzar o espaço, e re-entrar à vontade. Com um foguete a fusão a frio, a água pode ser o melhor propulsor, porque não pode explodir. Seria expelida como vapor superaquecido, ou oxigênio e hidrogênio. Os foguetes de hoje usam combustível químico explosivo, que serve como combustível e propulsor. Um foguete impulsado a água seria muito mais seguro. Pode eventualmente tornar-se mais seguro e mais rápido que um elevador espacial.

3. Máquinas Voadoras Pessoais

No futuro distante, espero que alguma sorte de máquina voadora pessoal seja desenvolvida. Será um avião pequeno, inteiramente automático para o uso privado, não programado, similar ao automóvel de hoje. Substituirá os automóveis para a maioria dos trajetos acima de 50 quilômetros, de modo que não teremos nenhuma necessidade de muitas estradas, acima ou abaixo da terra. As pessoas voarão diretamente a seu destino nestas máquinas silenciosas, numa altura bem acima da eco-esfera, de modo a não romper o equilíbrio da natureza ou não incomodar alguém com o som e a visão da máquina de passagem. Talvez em trajetos curtos numa área urbana estas máquinas poderiam voar ao longo de trajetos pré-estabelecidos mil metros acima do solo, mas fora das cidades deverão voar alto acima das nuvens, e deverão imperceptíveis, mal se poderá vê-las sem binóculos.

Uma máquina pessoal do vôo, ou um carro-aéreo, decolará e aterrará em qualquer lugar, indo de uma entrada de automóveis (ou de um lugar de lançando do telhado) de casa ao escritório ou ao lugar de estacionamento do shopping. Será inteiramente automático e autônomo. Ou seja não requererá licença de piloto, e nenhuma ação por parte do passageiro. Para isso , não requererá um passageiro; você pôde despachar seu carro-aéreo para fazer uma visita à casa da tia Millie, e mandá-lo então voltar à sua casa desacompanhada.

Os computadores de controle central de tráfego aéreo monitorarão o carro-aéreo todo o tempo, e regularão todo o tráfego. Quando o tempo esteja mau ou o tráfego pesado, o controle central poderá ordenar a alguns carros pairar à espera das condições na terra melhorarem.

Os autores do ficção científica imaginaram três tipos de carros aéreos. Somente dois são fisicamente possíveis de acordo com os livros sobre a matéria:

1. Máquinas anti-gravidade, ou sem reação ao movimento. Estes seriam ideais, mas parece que violam a terceira lei de Newton. Se admitirmos que podem existir, quando movidas pela fusão a frio poderiam silenciosos pairar, esperando sua volta para aterrar, sem criar vento ou comoção. (Visto que um milhão de máquinas anti-gravidade a gasolina, ruidosas

seriam um pesadelo.) A anti-gravidade seria também o meio ideal para propelir um veículo espacial. Após séculos de desenvolvimento, poderão evoluir nas máquinas pessoais de vôo que poderão ir em qualquer lugar do sistema solar.

2. Helicópteros ou VTOL, com operação robótica inteiramente automática. Parece provavelmente que serão desenvolvidos nos próximos 50 ou 100 anos, dadas melhorias previstas em robótica e no controle de tráfego aéreo. Entretanto, mesmo com a fusão a frio, estes fariam uma algazarra, vento, comoção e danos terríveis e matariam mais pássaros e outros animais selvagens do que os aviões , porque voariam mais baixo. Umas cem pessoas ricas numa cidade grande poderiam possui-los, mas centenas de milhares de pessoas voando sobre uma cidade tal como Atlanta ou Nova York seria impensável.

3. Ornitópteros de grande escala. Estas são máquinas como aves que agitam as asas em vez das hélices ou de girar rotores. Isso pode soar improvável, mas modelos em pequena escala já foram construídos, e uma versão que carregue um homem está em desenvolvimento na universidade de Toronto[170]. (realmente está carregando uma mulher; o teste de 1999, que incluiu um breve vôo, foi executado por um notável piloto feminino de teste.) Estes fariam muito menos ruído quando a fusão a frio, e devem causar menos comoção e danos devido ao vento do que os aviões e os helicópteros , já que as asas movem-se relativamente lentas e o vento atinge sobre uma grande área. Como todos os pássaros e máquinas de vôo, teriam que continuamente empurrar para baixo uma massa grande de ar a fim de permanecer suspenso no ar. Serão particularmente silenciosos se dirigidas por músculos artificiais de EAP melhor que por engrenagens mecânicas.

As centenas dos milhares de pessoas em áreas urbanas provavelmente nunca poderão usar carros-aéreos para se locomoverem ou comprar. Mesmo se as máquinas são perfeitamente silenciosas, serão ainda daninhas. Constantemente zumbindo através do céu em alturas baixas quando chegam para aterrisarem. Nós não quereríamos ver os famosos céus de Roma, de Paris, de Washington ou de Boston infestados com enxames de pequenos aviões. Talvez seria tolerável se as máquinas se elevassem na altura da copa das árvores acima das estradas de superfície. Mas eu penso que mais provavelmente os veículos rodoviários continuarão a servir a áreas urbanas por séculos, e o avião particular será principalmente útil nas cidades e em casas isoladas suburbanas e do campo, ou para longas viagens de uma casa da cidade a um local distante.

Imagine que uma pessoa que vive em Atlanta decida-se viajar a Washington, C.C., uma distância de 960 quilômetros. Hoje, necessita de 11 horas em carro e a qualquer lugar de 4 a 12 horas em avião, incluindo atrasos, duas horas gastas no aeroporto e humilhada pelo pessoal da segurança. Necessitará de quatro horas nas estradas subterrâneas. Uma pessoa que não goste de gastar quatro aborrecidas horas num carro pode voar preferivelmente. Começará por dizer o computador para requisitar um táxi aéreo e para fazê-lo esperar em alguma posição próxima conveniente, tal como um shopping, ou em algum edifício grande que ofereça serviços regionais de aeroporto por uma pequena taxa. Dirige-se ao shopping, onde o táxi carro-aéreo está esperando, estacionado numa garagem. Seu carro para ao lado. Sai do carro e entra no táxi aéreo enquanto um robô transfere sua bagagem. Enquanto seu carro se afasta e dirige-se à sua casa, o táxi aéreo sai da garagem, voa em linha reta até uma altura de cruzeiro de 10.000 metros, e voa então a Washington em uma hora e meia. Aterra no aeroporto nacional, onde um táxi de terra o

[170] Project Ornithopter, University of Toronto Institute for Aerospace Studies
http://www.ornithopter.net/index_e.html

está esperando. O táxi aéreo junta-se à fila no aeroporto ou voa a alguma outra parte onde os táxis são necessários.

Para viagens mais longas que mil quilômetros, as pessoas podem usar aviões multi-passageiros com programação fixa. Estes serão aviões supersônicos a jato VTOL descritos acima.

Neste cenário, teríamos torrentes de pequenos aviões VTOL alçando vôo de seis ou oito posições numa cidade principal. Desde que o avião irá em linha vertical e também virá verticalmente a um punhado de lugares designados, seriam menos daninhos que seria se permitíssemos ou chegássemos a qualquer lugar. Seriam menos ruidosos e anti-estéticos. Talvez poderíamos executar este sistema razoavelmente logo, dentro de um século, usando o helicóptero ou o avião a jato. Mesmo que estes sejam ruidosos, desde que estariam confinados a algumas áreas na cidade, não seriam piores que os aviões de hoje.

Os carros-aéreos evoluirão gradualmente para voar mais rapidamente, eventualmente alcançando velocidades supersônicas. Algum dia, as pessoas poderão rotineiramente viajar de continente a continente de visita aos amigos ou viajar para trabalhar. Ninguém passará mais do que algumas horas longe de qualquer um mais na terra. Pode viver na Antártida ou elevado no Himalaia, a centenas de quilômetros afastado das cidades ou aldeias, contudo não sofrerão nenhum inconveniente. O robô de reparação ou um ser humano virá à sua porta tão rapidamente como hoje.

Os milhões de pessoas voarão rotineiramente de continente a continente, cruzando limites internacionais. É duro imaginar milhões de policiais de inspetores de costumes e patrulha de fronteira que persigam alguém nesta vasta multidão de pessoas. Eu espero que eventualmente o trabalho enfadonho de todas as nações-estados, nas fronteiras, na imigração e toda intimidação seja afastada, e todos estarão livres para viver em qualquer lugar do sistema solar que queiram. Os nomes dos países serão usados somente para endereços postais, e nos cruzaremos de um país a outro com menos observação do que nós viajamos de Virgínia a Maryland. Se isto parecer como um sonho distante, considere que em 1945 as nações da união européia estavam em guerra umas com as outra, mas hoje não há nenhuma verificação de fronteira entre eles, usam o mesmo dinheiro, e todo cidadão dos E.U.A. pode viver em qualquer país membro.

19. Fazendo Coisas Mais Piores, E O Que Alguns Pessimistas Temem

Não pode ter escapado da atenção do leitor que quando os dispositivos novos maravilhosos e sublime potencialidades que eu descrevi podem fazer a vida maravilhosa, podem fazer as coisas piores, se caírem nas mãos de um ditador, terrorista, ou uma corporação ou governo irresponsável. As estradas automatizadas de alta velocidade subterrâneas devem ter robôs nos portões e computadores de controle do tráfego atentos nos carros. Um déspota pode usar os portões para espionar os cidadãos. Embora eu duvide que uma bomba nuclear a fusão a frio seja possível, eu posso pensar de muitas outras maneiras que a fusão a frio pode matar pessoas, ou arruinar suas vidas e fazer um inferno da vida na terra.

A fusão a frio pode trazer-nos um pouco mais perto da Utopia, esse ideal difícil de compreender. Pode certamente trazer a saúde, o lazer e a riqueza material a todos, que é provavelmente tão perto da Utopia como nós podemos desejar. Mas Distopia é sempre uma possibilidade. As pessoas podem transformar toda bendição em um maldição. Sempre desde que inventamos ferramentas e começamos a dar forma a nosso próprio ambiente, demos forma a nosso próprio destino.

Quando a fusão a frio foi anunciada por primeira vez em 1989, alguns ecólogos extremistas temeram o pior. A. Lovins, J. Rifkin e outro disseram "espero que a fusão fria seja um erro experimental porque daria à humanidade demasiado poder"[171]. Compararam com dar a um bebê uma metralhadora. Rifkin disse, "a descoberta da fusão [a frio] é a pior notícia que já surgiu. Justo quando estamos começando a desenvolver uma consciência global dos problemas da sociedade global, aparecem alguns cientistas dizendo que não temos que tratar destes problemas". Eu não compreendo esta lógica. Se, de fato, não mais por muito tempo tivermos que tratar de "estes problemas" - poluição e crise energética - podemos tratar de outros problemas em seu lugar. Não é como se nos faltassem calamidades. A fusão a frio pode não fazer nada para resolver a crise do cuidado da saúde dos EUA, a AIDS, o crime, a intolerância racial e as guerras religiosas. Não educará os milhões de pessoas analfabetas no mundo. Rifkin pensa que nossos problemas se resumem somente na poluição e crise energética, e seria uma vergonha repará-los porque nós não teríamos nada à esquerda com que nos preocupar? Em todo o caso, nós podemos facilmente destruir a terra com a tecnologia que já temos. Nós não necessitamos da fusão a frio, bombas nucleares ou nenhuma tecnologia avançada. Nós estamos usando o fogo, a ferramenta mais antiga do homem, para destruir as florestas. O chinês, os gregos e o romanos antigos desmataram áreas grandes e transformaram milhões de hectares de terras produtivas em deserto. Os efeitos colaterais destrutivos da tecnologia em 2000 AC eram tão maus como são hoje.

A fusão a frio certamente realçará a habilidade da pessoa em cometer todo incômodo público em escala continental mesmo lesões corporais. Gigantescas caixas a fusão a frio e as mostras luzes laser podem explodir em música popular e luzes brilhantes em vizinhanças, em praias e em verdadeiros parques nacionais. As pessoas podem ser tentadas a dirigir veículos esportivos do tamanho de caminhões Mack, já que não terão que pagar pela gasolina.

---

[171] Mallove, E., *Fire From Ice.* 1991, NY: John Wiley. p. 86

É fácil ver como a fusão a frio pode ser usada para reduzir a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, afastando a ameaça do aquecimento global. Talvez alguém encontrará uma maneira de lucrar com a fusão a frio aumentando drasticamente os níveis de dióxido de carbono ou de algum outro poluente. Se você planejar uma maneira de ganhar uns US$10 fáceis por acre incinerando uma floresta, ou matando mil toneladas de crustáceos do oceano, você pode apostar que alguém o fará a menos que as leis proíbam a prática. Infelizmente, muitas leis dos E.U.A. têm o efeito oposto. Subvencionam a produção do etanol, o alastrar urbano e a outras destruições ambientais sem sentido[172]. Eu exultei os benefícios de pôr as estradas em subterrâneos, fazendo máquinas mais silenciosas e mais menos impertinentes, e pondo as fábricas em lugares onde as pessoas não querem viver, como terras abandonadas do deserto ou mesmo na lua. No presente ao menos, parece mais provável que os desenvolvedores nos EUA vão tirar vantagem da fusão a frio em suas arremetidas frenéticas em construir shoppings gigantes, convertendo a terra verdejante, a mais bonita no mundo, em terra improdutiva de lotes de estacionamento imundos, manchados de óleo, cheios de lixo e de super lojas vazias, falidas.

A fusão a frio nos brindará eleições mais amplas e mais oportunidades. Trará os meios de desfazer quase todos os danos que ocasionamos no passado, e fazer a vida melhor para todos. Podemos usá-la sabiamente. Nossos antepassados escolheram freqüentemente de maneira sábia e realizaram muitas coisas maravilhosas, depois de tudo. Melhoraram a vida para todos, e aboliram instituições desumanas tais como a escravidão e o trabalho de criança nos EUA, embora, infelizmente, estas práticas sobrevivessem em outras partes do mundo. Detiveram a destruição por atacado da caça e da exterminação do búfalo. A baleia azul, o mamífero o maior do mundo, ainda está em perigo, e inúmeras espécies o estão, mas ainda se pode recuperar das depredações do século XIX. O Japão reduziu extremamente a poluição do ar desde os anos 1960. (Veja O Capítulo 16.) As pessoas fizeram um progresso tremendo no passado. Se continuarão a assim fazer agora com a fusão a frio depende da vontade pública e dos desejos dos eleitores. Eu acredito que a maioria das pessoas estão a favor das pesquisas científicas e do uso responsável da tecnologia nova. A maioria das pessoas farão bem as coisas, uma vez que sejam explicadas claramente pelos meios de comunicação e por líderes políticos moderados.

A maioria das pessoas são sensíveis e bem pensadas. Nossa espécie não sobreviveria de outra maneira. A democracia e o livre mercado nunca funcionariam. A história foi um teste da força entre a minoria rapaz, insensata, ávara, míope e a maioria sensível. Espero que o futuro continue igual. Apesar de que, respeito à fusão fria, os tolos ganharam cada batalha, suprimindo quase toda pesquisa. Eu tive um assento de primeira fila neste fiasco. Ninguém sabe melhor do que eu como podem ser poderosos os tolos, e como os pesquisadores da fusão a frio deitaram a perder as poucas oportunidades que vieram a seu favor. Sem sustentação pública, os pesquisadores nunca receberão financiamento, contudo escarnecem freqüentemente da oportunidades de convencer o público da validez de seu trabalho. Mas a história mostra que as pessoas freqüentemente mudam suas mentes, reformadas superam grandes dificuldades, e derrotam hordas de tolos e de antagônicos irritados. A história dá-nos garantias de esperança que as coisas podem ainda dar meia volta como predisse aqui.

---

[172] Ethanol from corn is an energy sink, not an energy source. It takes 1.7 megajoules of fossil fuel to produce 1 megajoule of ethanol fuel. See Pimentel, D. and M. Pimentel, *Food, Energy, and Society, Revised Edition*. 1996: University Press of Colorado, chapter 19. The ethanol lobby claims the ratio is 0.6 megajoules to make 1 megajoule, which is still absurdly inefficient.

1. Niilistas E Antagônicos

O pessimismo está de moda hoje em dia. Pessoas e líderes educados, confortáveis, influentes na ciência e tecnologia, tal como J. Horgan, um escritor sênior no *Scientific American*, diz: *Palavra nós alcançamos* ***"o fim da ciência."***[173]. De agora em diante, preencheremos somente detalhes e adicionaremos casas decimais às constantes fundamentais. Pode haver um progresso marginal na teoria esotérica, mas a ciência experimental chegou ao fim e pode não revelar nada novo. Outros dizem que nós alcançamos o fim da história, e no futuro nós podemos somente esperar desordenar um pouco o que somos agora. A sociedade, a economia, e a política estão além da melhoria. O *New York Times* diz que a independência energética é "um objetivo inalcansável" (veja a introdução). Isto pode significar somente que é consenso que a crise energética não pode ser resolvida e nós permaneceremos dependentes do petróleo no futuro previsível.

Duvido que haja uma grande conspiração organizada para impedir a pesquisa da fusão a frio. Se houver, os conspiradores não me convidaram a suas reuniões. Minha idéia é que a oposição sai da ganância, da preguiça, da irracionalidade do sabichão, da ignorância, e deste niilismo novo de moda. Os cientistas que devem saber melhor julgar uma reivindicação, o fazem sem antes fazer sua tarefa de casa não se incomodaram em ler a literatura, a abandonaram sem ter lido objetiva e completamente. Horgan típico derrotista, irracional, multidão da anti-ciência. Ele , seu editor Rennie, e os outros que se opõem à fusão a frio nunca publicaram nenhum trabalho científico para expor suas idéias. Nunca ofereceram um argumento das falsificações. Dizem que suas idéias estão baseadas na opinião da maioria e no "consenso", como se a ciência é uma competição de popularidade. Rennie disse-me corajosamente que não é seu trabalho compreender as edições técnicas ou oferecer um argumento sobre falsificação. Pensa que o público não espera isso do cientista normal como ele[174]. Um cientista normal se envergonharia em admitir que abriga tais idéias tão estranhas, mas Rennie se jacta a seu respeito.

Muitos formadores de opinião perderam a fé no progresso. Fazem isso periodicamente, dando um passo para diante e outro para trás entre o desdém para com a tecnologia e a estupefação mal colocada. A tecnologia dos anos 1960 e 70 foi considerada uma fraude e uma armadilha. As pessoas imaginaram que os frutos da nova tecnologia poderiam conduzir a um monstro ameaçador, um Frankenstein, bem como a vida dos seus e exalar uma habilidade mágica de alterar a natureza humana. O bibliotecário do congresso Daniel J. Boorstin escreveu na revista *Time*: "A República da Tecnologia onde estaremos vivendo é um mundo de gabarito. O querer não será criado pela `natureza humana` ou por anseios centenários, mas pela própria tecnologia"[175].

Nos anos 1980 a cultura popular balançou ao extremo oposto. O computador foi coroado pela revista *Time* como seu homem do ano (a primeira e única vez que um objeto inanimado teve essa honra). Os programadores e os criadores da Internet eram glorificados. Ambos os extremos são típicos de pessoas que sabem pouco sobre como trabalham as máquinas, e como serão. A tecnologia é somente uma ferramenta, e pode ser usada tão facilmente para o bem quanto para o

---

[173] Horgan, J., *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. 1996: Helix Books.
[174] *Appeal to Readers*, LENR-CANR.org, http://lenr-canr.org/AppealandSciAm.pdf
[175] Florman, S., *Blaming Technology*. 1981: St. Martin's Press, p. 7. The quote is from 1977.

mal. Podemos eliminar a maioria da poluição em Yokkaichi, ou podemos fazer bombas termonucleares. Naturalmente um deve distinguir entre as ferramentas sob nosso comando. Algumas são somente para causar dano ou o mal. Talvez faça sentido suspender as companhias que fazem armas manuais ou detetores de mentira pelas lesões corporais que causam. Mas responsabilizar a tecnologia em geral por nossos problemas é como processar a loja da ferragem porque alguém o golpeou com um martelo.

No extremo oposto do espectro, longe de Horgan, do *Times* e do fim da história aglomerando tanto como se pode, Arthur C. Clarke escreveu em 1963:

> "O hidrogênio pesado nos mares pode energisar todas as nossas máquinas, aquecer todas as nossas cidades, por tão à frente como podemos imaginar. Se, como é perfeitamente possível, estaremos com falta de energia duas gerações a partir de agora, será devido à nossa própria incompetência. Nós seremos como os homens da idade da pedra que congelam-se à morte no alto de uma cama de carvão.
>
> . . . nunca haverá alguma falta permanente de matéria prima. Contudo a predição de Sir George Darwin de que a nossa seria uma idade dourada comparada com os eões da pobreza a seguir, pode perfeitamente estar correta. Neste universo inconcebivelmente enorme, pode ser que nunca poderemos nos livrar da energia ou da matéria. Mas podemos facilmente livrarmos do funcionamento dos cérebros"[176].

Em 1818 Thomas Jefferson escreveu:

> "E não pode ser mas que cada geração que sucede o conhecimento adquirido por todos ou aqueles que o precederam, adicionando a ele suas próprias aquisições e descobertas, e entregando à massa a acumulação sucessiva e constante, deve avançar o conhecimento e o bem estar da humanidade, não *infinita*, como alguns disseram, mas *indefinidamente* e a um termo que ninguém possam reparar e prever. Certamente, só necessitamos olhar para trás meio século, a épocas que muitos que vivem agora recordam bem, e vemos os avanços maravilhosos nas ciências e as artes que foram feitos dentro desse período. Alguns destes renderam os elementos apropriados às finalidades do homem, aproveitou-se para aminorar seus trabalhos, e efetuou-se a grande bendição de moderar a si próprios, de realizar o que estava além de suas débeis forças, e estendeu o conforto da vida a um círculo muito grande, àqueles que conheciam antes somente suas necessidades. Que estes não são sonhos em vãos do otimista, temos ante nossos olhos reais exemplos vivos"[177].

Esta é a visão tradicional e as fontes de nossa civilização.

As pessoas sempre sentiram uma espécie de antipatia pela tecnologia. Isto é compreensível, dado que algumas das máquinas e armas horrendas da humanidade lhes infligiu sofrimentos, mas o tipo particular de filosofia dos ludistas adotada por Rifkin subsistente desde os anos 1960, formou as idéias de pessoas sobre a fusão a frio. Qualquer coisa nuclear é, naturalmente, suspeita. A fusão a frio é acusada de ser uma promessa falsa, como a fissão nuclear. As pessoas freqüentemente ridicularizam John von Neumann por dizer em 1956, "[A]

---

[176] Clarke, A.C., *Profiles of the Future*. 1963: Harper & Row, Chapter 12.
[177] Jefferson, T., *Report of the Commissioners for the University of Virginia*, August 4, 1818, http://etext.virginia.edu/toc/modeng/public/JefRock.html

poucas décadas daqui, a energia será livre - assim como o ar". Em 1954, na altura do otimismo pós-guerra, a cabeça da comissão Lewis L. Strauss de energia atômica fêz predições similares com respeito a algumas deste livros:

> "Não é demasiado esperar que nossas crianças apreciarão em suas residências energia elétrica demasiado barata para medir, saberão das grandes escassez de alimentos regionais periódicas no mundo somente como matéria histórica, viajarão facilmente sobre os mares e sob eles e através do ar com um mínimo de perigo e em velocidades grandes, e experimentarão uma longa vida muito mais tempo do as nossas porque o homem virá a compreender as doenças e o que faz com que se envelheça"[178].

É bobagem ignorar as idéias de von Neumann ou de Strauss. Foram erradas por diversas décadas, mas no prazo estarão indubitavelmente corretas. Com ou sem fusão a frio, os métodos serão descobertos para gerar toda a energia que nós queremos. Os métodos serão descobertos, isto é, a menos que os Rennies e os Rifkins prevalecerem. Schwinger temeu que a "censura será a morte da ciência". (Veja a introdução). Martin Fleischmann diz, as "pessoas não querem o progresso. Fá-los incômodos. Não o querem, e não o terão".

Fleischmann está desanimado e desiludido é compreensível. Foi alvo de ataques pessoais os mais vilões e mais viciosos do que qualquer outro cientista na história recente. Naturalmente, eu compartilho de seu sentido do ultraje, mas tento ponderá-lo com o que espero ser otimismo realista. A fusão a frio não pode prevalecer a menos que os que a apóiem tiverem fé e crença no futuro.

O progresso exige um ato de ponderação mental. Nunca devemos estar satisfeitos com as coisas como são. Devemos sentir, em graus, descontento com a inconveniência; frustração com o desperdício e oportunidades perdidas; e raiva feroz com os acidentes, a poluição e pela fome que pode facilmente ser satisfeita. Contudo não devemos nos desesperar, e nunca devemos parar de imaginar maneiras de solucionar estes problemas e as coisas que podem ser melhores. O progresso não pode continuar infinitamente, mas como Jefferson disse continuará "*indefinidamente*, e a um termo que ninguém possa reparar e prever". Não estamos perto dos limites ainda. Era o império do desconhecido tão grande quanto a América do Norte, quando nos estabelecemos na costa; tínhamos alguma noção de quão grande o continente poderia ser e estávamos debatendo ainda se Califórnia era uma ilha ou uma península. Há 3.000 milhas na região selvagem inexplorada ao oeste. Mesmo esta analogia é uma atenuação. As facetas desconhecidas e inexploradas da natureza nunca diminuirão em número. Cada resposta nova revela dúzias ou inúmeros mistérios novos. Nós, algum dia, deixaremos de julgar e pararemos de procurar respostas, mas não podemos nunca deixar de fazer perguntas.

---

[178] Strauss, L., *Speech to the National Association of Science Writers*. 1954: New York City.

AMERIQUE
SEPTENTRIONALE.
Avec Privilege du Roy.
MER DU SUD OU PACIFIQUE
MER DU NORD
AMERIQUE MERIDIONALE
Mexico
Havana
Cuba I.
Florida
Bahama
Charlestown
Bermudes I.
Trinidad
la Martinique
Dominique
Carthagene
Nouvelle Albion
Nouvelle Espagne
Terre de Labrador
Isle James
Adinipoils
Moozemlek
Quivira
Teguajo
Louisiane
Canada
Hudson
Detroit
Chriotium
Forbisher
Frowd
Mallomins
Conde
Tembeche
Malbama
Bahama
Guanaham
Turquas I.
Antigoa
Guadeloupe
Nerapa
Socoruro
Salamanca
Guanajo
Acapulco
Tlatelan
Guaxaca
Tanuco
Panuco
Bernina
Mexico
Havana
Acamacar
S. Martha
N. Cordoba
C. de Vela
Iles Caribes
Iles Lucayes
Iles Bermudes
Iles Canaries
Iles Philippines
Iles Mariannes
Iles Molques
Iles Sandwich
Iles Aleutiennes
Iles Japon
Iles Kouriles
Iles Sibiriques
Iles Groenlandoises
Iles Islandoises
Iles Orcades
Iles Shetlandoises
Iles Hebrides
Iles Canaries
Iles Azores
Iles Madeires
Iles Cap Verd

20. O Desemprego

A introdução em grande escala da fusão a frio pode ferir a economia e causar angústias pessoais aumentando o desemprego em alguns setores da economia, especialmente de combustível fóssil e da indústria de energia elétrico. Mas o impacto não pode ser tão grande como se pode pensar, ao menos não em países industrializados. O setor de energia dos EUA é gigantesco medido em dólares, mas emprega um número surpreendentemente pequeno de pessoas[179]. A fusão a frio causará provavelmente um desemprego mais sério, mais difundido e de perturbação social nas nações que exportam o petróleo tal como Rússia, Venezuela ou Arábia Saudita.

Os primeiros trabalhos a ser impactados adversamente pela fusão fria estarão na indústria do combustível fóssil, especialmente na indústria petroleira. O petróleo é o combustível mais caro por joule, e uma das importações maiores do mundo. É o produto comercial mais grande da terra, medida em ambos dólares e tonelagem.

Quase todo o combustível do petróleo é usado para o transporte. A maioria é refinado em gasolina, para carros. A gasolina é uma das despesas as mais grandes e as mais visíveis na casa média. Conseqüentemente, os carros serão entre as coisas que a maioria dos consumidores quererão substituir com modelos a fusão a frio. Assim que os modelos a fusão a frio aparecerem, as vendas de modelos a gasolina despencarão, portanto a comutação será rápida. Será também rápida porque a maioria dos carros desgastam depois que 5 ou 10 anos e devem ser substituídos de qualquer maneira e porque há muitos fabricantes competindo. Todos estarão ansiosos por agarrar uma parte do mercado com os modelos novos a fusão a frio. Mesmo que o petróleo continue a vender por diversos anos, as companhias de petróleo verão que o fim está vindo. Abandonarão a manutenção e os projetos de construção novos, e o uso do equipamento que têm. O perito em petróleo Kenneth Deffeyes[180] acredita que já estão fazendo isto porque sabem que as fontes de petróleo declinarão logo rapidamente. Por agora estão prontas para parar, suas refinarias e os navios petroleiros estarão prontos para a sucata. Se, no interím, um navio petroleiro ou uma tubulação de petróleo avariado tiverem um acidente sério, o público exijirá que a indústria liquide mais rapidamente. (Veja o Capítulo 7, Seção 4.)

As companhias de energia elétrica e de gás natural também condenadas a longo prazo, mas permanecerão como competidoras dos geradores domésticos por tempo consideravelmente maior, por muito mais do que os carros a gasolina competirão no mercado com os carros a fusão a frio. As companhias de energia podem mesmo se adaptarem um `se não os pode vencer junte-se a eles´ e substituir algumas de suas plantas a carvão e a fissão por plantas a fusão a frio grandes e centralizadas.

Como demora um longo tempo projetar um automóvel novo e construir linhas de produção novas, pode ser que por muitos anos antes que os primeiros modelos cheguem nos salões de venda, e a transição aos carros a fusão a frio comece. Mas uma vez que comece será

[179] Bureau of Labor Statistics "Establishment Data Employment Seasonally Adjusted," ftp://ftp.bls.gov/pub/suppl/empsit.ceseeb3.txt
[180] Deffeyes, K., *Beyond Oil, the View from Hubbert's Peak*. 2005: Hill and Wang.

rápida. Dez anos depois que o primeiro carro a fusão a frio é vendido, os carros a gasolina terão desaparecido. (Veja O Capítulo 7, A Seção 2.)

Os trabalhos relacionados diretamente com a tecnologia de combustíveis fósseis caem nestas categorias:

Tabela 20.1. Trabalhos Relacionados aos combustíveis Fósseis, De: Bureau of Labor Statistics "Establishment Data Employment Seasonally Adjusted," ftp://ftp.bls.gov/pub/suppl/empsit.ceseeb3.txt, July 2004 column.

Indústria	Trabalhadores
Extração de Petróleo e Gás	132,000
Mineração do Carvão	75,000
Suporte à mineração	185,000, só cerca de 56,000 para minas de carvão
Produtos de Petróleo e Carvão	113,000 muitos não relacionados com a energia
Postos de Gasolina	868,000

O total é aproximadamente 1,2 milhão de trabalhadores. Dezenove por cento da produção de petróleo vão a produtos e não para gerar energia, tais como alimentos, fertilizantes e plásticos. Estes produtos requerem mais labor do que a gasolina. No início, não serão afetados pela comutação à fusão a frio. Mais tarde, após anos de pesquisa e desenvolvimentos adicionais, estes materiais petroquímicos poderão ser sintetizados usando o calor da fusão a frio. Isto ferirá as companhias de petróleo, mas as fábricas de plásticos e as refinarias de sintetização devem necessitar aproximadamente tantos trabalhadores como com o equipamento de alimentos baseados em petróleo, assim que não reduzirá o emprego.

Setenta cinco por cento dos trabalhadores listados na tabela 20.1 são de baixos salários, trabalham em postos de gasolina. Os atendentes dos postos de gasolina do turno da noite são roubados freqüentemente, essa é a maioria do trabalho perigoso nos EUA. As únicas pessoas bem pagas num posto de gasolina são o proprietário e os mecânicos. Os mecânicos serão ainda necessários para manterem os carros a fusão a frio. A maioria dos lucros dos postos de gasolina são das vendas de alimento, bebidas e miudezas. Alguns podem permanescer no negócio como lojas de conveniência da vizinhança, e nas estradas para servir a viajantes.

Para dar perspectiva a 1,2 milhão de empregos, 2.8 milhões de pessoas trabalham em lojas de alimento e bebida, onde os o pagamento e o trabalho são geralmente melhores do que em postos de gasolina. Desde que as pessoas comprarão a mesma quantidade de alimento, de bebidas e miudezas com ou sem tecnologia de fusão a frio, nós necessitaremos aproximadamente o mesmo número de caixeiros que vendem tais coisas. O caixeiro da estação de gasolina que se move para uma loja regular de mantimento terá provavelmente um trabalho melhor.

Estas projeções de emprego podem subestimar o número de empregos que poderiam ser perdidos, porque outras indústrias podem substancialmente ser impactadas adversamente. Para exemplo, um quarto dos navios do mundo é petroleiro, assim que a construção de navios pode ser reduzida. Por outro lado, pode aumentar, porque a fusão a frio seria ideal para navios ou

novos hovercraft rápidos, e a fusão a frio baixará o custo de todo o transporte, que pode estimular um crescimento do comércio mundial[181].

As companhias de energia elétrica irão gradualmente à bancarrota, causando algum desemprego inevitável. Mas as companhias de energia permanecerão viáveis mais tempo do que as companhias de petróleo, assim que o declínio será gradual, passados muitos anos. Deve ter um impacto menor de imediato e menos catastrófico na força de trabalho. A maioria de empregados das companhias de energia são sem especialidade e técnicos bem-pagos, hábeis, ao contrário dos 75% dos empregados de combustível fóssil que trabalham como caixeiros dos postos de gasolina. Suas habilidades permanecerão valiosas e procuradas em seguida. Certamente, são justamente as pessoas que necessitamos para os mega-projetos tais como o dessalinização maciça para acabar com os desertos, ou para pôr a maioria das estradas em subterrâneos. Nós podemos querer incentivar a dissolução rápida da indústria de energia elétrica oferecendo créditos de imposto para os geradores domésticos, dar a estas pessoas uma possibilidade de trabalhar onde podem fazer o melhor, e ganhar mais dinheiro.

Vinte cinco por cento de empregados na indústria de petróleo são trabalhadores hábeis. São peritos em projetos tais como edificação, manutenção de tubulações e limpeza de derrames maciços de petróleo. Talvez porque o petróleo esteja condenado, uma companhia tal como Exxon lançou na indústria ambiental produtos de limpeza e preservação, e mega-projetos novos ambiciosos para refazer a cara da terra. Poderia começar limpando a sujeira deixada no século XX. Então pode remover da terra e do mar as espécies invasoras, e mais tarde poderia beneficiar Marte. Será irônico se em 300 anos a partir de agora, uma corporação tal como a Exxon for considerada um perito proeminente em preservar o ecossistema na terra, e criadora de ecossistemas novos a partir de zero em outra parte no sistema solar.

Quando as pessoas deixem de pagar US$20 por semana pela gasolina, gastarão provavelmente o dinheiro em algo mais[182]. Podem comprar uns pedaços de carne mais caros, que beneficiem aqueles 2.8 milhão de caixeiros de lojas de mantimento, o 1,5 milhão "do setor de manufatura de alimentos" e fazendeiros. Ou podem gastar mais em filmes, que beneficiarão os 378.000 trabalhadores da "indústria cinematográfica e gravação de som". O dinheiro que não gastaremos mais por muito tempo em petróleo não desaparecerá num buraco negro. Será reciclado para dentro da economia de um modo ou outro.

Apesar destas afirmações esperançosas, a perda de 1,2 milhão de postos de trabalho em dez anos é um problema sério. É quase um por cento dos postos de trabalho dos EUA. A economia total poderia ser ferida pela perda, se os políticos e líderes empresariais se apavoram ou não solucionem a transição. Entretanto, penso em outros problemas sobre o emprego, tal como a terceirização pode ter tido um efeito maior do que a fusão a frio. Considere, por exemplo, o cuidado da saúde. Alguns peritos dizem que tanto quanto um terço do dinheiro gasto no setor da saúde vai para pagar a burocracia e despesas gerais burocráticas. Quatorze milhões de pessoas estão empregadas no setor de saúde, e 6 milhões mais em trabalhos de "finanças e em seguro". Uma reforma séria na administração do setor de saúde porá milhões destas pessoas fora do

[181] With conventional ships, fossil fuel costs are moderate; about 5% of the total, but with Fast Ships it would be about a third of the total. Source: MGI Cargo Analyst, *Fast Ships*, http://www.mergeglobal.com/fastship.pdf

[182] Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2002*, p. 61. The average motor vehicle consumed 532 gallons of gasoline in 2001. At $2 per gallon, this comes to $20.46 per week.

trabalho. Além disso, a reforma do setor de saúde pode somente reduzir o emprego, visto que a adoção da fusão a frio criará alguns trabalhos novos mesmo abolindo outros.

Décadas a partir de agora os frangos robôs descritos no capítulo 10 podem reduzir o emprego, mas aquele será um problema para nossos filhos e netos preocupem-se . Há já um desemprego muito grande por razões que nunca compreendi bem. Por toda parte onde se olha, se vê trabalho que grita por ser feito. As casas, os edifícios e as ruas necessitam de reparo. As crianças nas escolas necessitam mais tempo com os professores, tutores e mentores. O software é desleixado e escrito às pressas. Os mecânicos e os trabalhadores em manutenção trabalham longas horas. Todos os cientistas e pesquisadores, eu sei, trabalham 10 horas por dia, 5 ou 6 dias por semana, mesmo quando se supõe que estão aposentados e já não são pagos mais. Eu sei pouco sobre economia, mas o emprego parece não ter quase nenhuma conexão com a quantidade de trabalho que realmente necessita ser feito.

A maioria das pessoas que serão afetadas adversamente pelo colapso do petróleo serão os acionistas e os cheiques ricos do petróleo, que podem tomar conta de si. Já foram dados 16 anos de aviso avançado que sua indústria não tem nenhum futuro. Se não investirem na fusão a frio nem cuidarem para preservar suas fortunas, eles mesmos serão os responsáveis.

21. Minha Visão Da Vida No Futuro Distante

> “. . . um menino pequeno [quem] sentia um prazer especial em escalar uma velha árvore. . . para escolher e comer peras maduras. No verão, navegar seus barcos de brinquedo na água de superfície da neve derretendo. No verão com seus cães escavava nos buracos das marmotas. E costumava deitar-se entre as fileiras de morangos e comer os morangos aquecidos pelo sol - o melhor do mundo.” - Franklin Roosevelt que descreve seu tempo de criança[183].

Que devemos nós fazer com a fusão a frio no futuro? Espero que a usemos para girar para trás o relógio. Gostaria de ver muita do passado, os aspectos tangíveis da vida diária reverter gradualmente para trás até a maneira que se realizavam em 1950, ou mesmo em 1920. As visões das grandes cidades rugentes refrigeradas por imensos condicionadores de ar fazem-me encolher. Algumas cidades rugentes seriam finas, mas eu penso que a maioria das pessoas seria mais felizes com uma vida quieta em cidades amigáveis íntimas, de pedestres tais como Georgetown em Washington, C.C., ou em residir pacificamente no campo tranqüilo.

A tecnologia é melhor quando invisível. A fusão a frio e outras descobertas devem ser usadas para banir as grandes máquinas, ruidosas que fazem o trabalho essencial da civilização, tal como na manufatura e reciclagem, aos lugares onde as pessoas não querem viver, como desertos, subsolo, ou na lua. Se qualquer um ouvir uma máquina, é demasiado alta. Se qualquer um for incomodado por uma, é demasiado intrusiva.

Espero que a fusão a frio nos permita inventar de maneiras eliminar a poluição, o perigo, o ruído, e irritação, tempo que desperdiçam coisas tais como os engarrafamentos de trânsito. Devemos pôr os automóveis no subsolo, fora da vista, e fazê-los inteiramente automatizados assim que nunca firam qualquer um outra vez. Se nós devermos ter shoppings e restaurantes de alimento rápido, ponhamo-os também em subterrâneos. Não nos deixe ter mais estradas e linhas de transmissão de energia feias volumosas, zumbindo, cortando os campos, mas somente ciclovias estreitas, silenciosas, sombreadas, bucólicas que sirvam perfeitamente às bicicletas, entretidas, como as estradas de campo na Inglaterra. No século XX, as pessoas decidiram que era não era mais aceitável que as famílias vivessem em intimidade ao lado de moinhos de aço, dos poços das minas, ou dos matadouros e das fábricas de sabão insalubres. Assim, porque ainda vivemos frente às estradas? Uma estrada é uma planta industrial, como uma fábrica. Nós devemos ter estradas, obviamente, mas não devem impedir em qualquer vizinhança, arruinar a vista, ou incomodar alguém.

Deveríamos banir as luzes brilhantes e o ruído à noite, assim que todos possam ver as estrelas e os vagalumes, ouvir as rãs coaxando e dormir pacificamente. Quando estamos com frio no inverno, nos deixamos iluminar por um fogo de madeira na lareira e termos escondido, o dispositivo silencioso na chaminé que remova toda a poluição.

Começar no início dos anos 1960 houve uma mudança refrescante na atitude do público para com a tecnologia. As pessoas não queriam mais lestar dando voltas. Nos anos 1950 selvagemente destruímos as vizinhanças da cidade de Boston com as estradas elevadas, arruinando algumas das paisagens urbanas históricas as mais antigas dos EUA e espalhamos

---

[183] Miller, N., *F.D.R., An Intimate History*. 1983: Doubleday, p. 18

fumaça e ruído por toda parte. O fizemos de modo que os viajantes ricos de bilhete mensal encontrassem mais conveniente dirigir-se ao trabalho. Nos anos 1990 começamos a reparação, enterrando o complexo imundo projeto no Big Dig. Nos anos 1970 alcançamos um ponto baixo similar em gastronomia, com a introdução de tomates produzidos deliberadamente duros, assim que poderiam ser escolhidos com máquinas e enviados imaturos. Assim, eram insípedos e inodoros, como comer cartão molhado. Este é um sinal de prioridades inversas e uma atitude de desprezo ao cliente. Hoje em dia os produtores de alimentos estão lutando para encontrar uma maneira de escolher e enviar tomates macios, maduros, naturais. Por que devemos nós comprometer nossa qualidade de vida devido às máquinas? Deixe os projetistas dos produtos esforçarem-se para ir ao encontro de nossas necessidades, e sirvam a nossos caprichos. Esse é seu trabalho.

Tomando um exemplo mórbido: em cemitérios novos, os marcadores altos de pedra de velhos tempos foram substituídos com pedras planas, invisível até se estar sobre a pedra. São espaçados equidistantes arrumados em filas, tudo o mesmo, tudo anônimo. Foram-se as esculturas excêntricas, decorações rococó, bancos, árvores, miscelâneas de formas e os grupos ímpares de sepulturas que refletiam um casamento complicado ou uma infância trágica. E por que os cemitérios estão agora tão arregimentados? Para que se possa facilmente cortar a grama. Mesmo na morte temos que nos adaptar às exigências de um mecanismo, sem estética que põe a rentabilidade sobre a tradição, e asfixia-se a personalidade individual e a memória. Deixe os fabricantes de cortadores de grama e construtores de autômatos acharem um meio de cortar a grama evitando as lápides complicadas, árvores, ou buracos de marmotas, canteiros de flores e janelinhas de croquê.

Espero que a fusão a frio seja desenvolvida com projeto moderno ético: as máquinas devem servir à humanidade; nunca deve ser de outro modo.

Sobretudo, eu gostaria de ver que nossas cidades e vilas fizessem parques para que as crianças brinquem em segurança. As crianças devem viver como eu em Washington, C.C. nos anos 1960. Devem gastar cada hora de luz do dia, todo o verão por muito tempo, brincando ao ar livre juntos, sem supervisão. Com chuva devem represar a água na enxurrada, e espirrarem lama ao redor. Com luz solar brilhante devem jogar xadrez ou pôquer em algum pátio coberto. Cada criança deve ter a liberdade a vaguear através das árvores e dos campos sem cercas, acompanhadas por um cão, e protegidas por um robô sem evidência que as siga atrás. As crianças aprendem mais da natureza e de brincar com seus amigos do que na escola, dos livros escolares, dos jogos de computador, ou do baseball.

Apesar do que os jornais dizem, não é o crime que destrói a vida social das crianças hoje em dia, mas deixá-las isoladas e entediadas. Não é a Internet, ou a televisão. As taxas de crime na maioria de vizinhanças não são piores do que as dos anos 1960, e nós nunca nos preocupamos sobre tais coisas então, porque estávamos sempre juntos com outras crianças mais velhas. O problema está nos últimos 60 anos, nossa arquitetura, planejamento das cidades, subúrbios, e os projetos das escolas conspiram contra as crianças, roubando sua felicidade e independência. O sistema de transporte, e as distâncias longas entre os vizinhos, as escolas, as lojas e os cinemas. As crianças não podem ocasionalmente ir visitar um amigo, ou começar junto a um grupo de miúdos a construir um forte de madeira. A mãe tem que levá-los a toda parte. No futuro, espero que uma criança possa chamar um automóvel autônomo para ir a qualquer lugar que lhe satisfaça. Naturalmente, necessitará a permissão dos seus pais. O carro próprio terá bastante

inteligência artificial para perguntar aos pais. As crianças de cinco anos para acima rotineiramente viajarão por autoestradas sozinhos, ou com os amigos, indo a qualquer lugar que queiram. Esta é uma idade sensível; a maioria de linhas aéreas permitem hoje que uma criança de cinco anos viaje desacompanhada ou menor com permissão dos pais.

No futuro distante, séculos à frente, vejo uma menina de 9 anos talentosa ir às lições avançadas de piano duas vezes por mês. Viaja sozinha de uma vila em Sri Lanka a uma academia de música no lado oculto da lua. A viagem demora três horas, e ignora sua tarefa de casa ao longo do caminho, bisbilhotando com os amigos no vídeo-fone preferivelmente. Durante essa viagem, pode usar mais energia do que nos usos típicos de um americano de hoje durante a vida. Que passa? Se as pessoas nas gerações futuras gastarem energia numa taxa mil vezes maior do que nós , ou milhão vezes maior, e gastarem para finalidades que nós consideraríamos frívolas, não fará nenhuma diferença e não causará nenhum dano quanto o ruído e o calor em excesso não incomodará ninguém nem prejudicará a bio-esfera. Uma criança que brinca com um jogo de vídeo tem hoje mais poder computando em seu brinquedo do que todo o cientista teve em 1970, e a máquina faz mais cálculos em um único segundos do que um matemático antigo fêz numa vida, contudo ninguém considera este um desperdício de recursos extravagante, e ninguém faz objeções a ele.

Desprezo a noção de que a pobreza enobrece, ou que as pessoas querem coisas materiais porque são ávaros ou decadentes. Todos na terra que querem um carro devem ter um carro. Ou carros uma dúzia, um cinema caseiro, e uma hidro-massagem. Mesmo porque aqueles carros não impedem que eu monte minha bicicleta elétrica, ou destrua o mundo com estradas feias, ruído, fumaça, corrupção e massacre, as pessoas devem ter tantos veículos quanto seus corações desejarem. Os carros são feitos de ferro, e nós temos quantidades ilimitadas de ferro no sistema solar. Samuel Florman escreveu:

> "Nosso problema contemporâneo é penosamente óbvio. Temos demasiadas pessoas querendo demasiadas coisas. Isto não é causado pela tecnologia; é uma conseqüência do tipo de criatura que o homem é. . .
>
> É de conhecimento público que os milhões de famílias marginalizadas querem alimento e casa adequados. O que se observa mais ou menos geralmente é que depois que têm o alimento e a casa adequados quererão ser servidos num restaurante fino e ter uma casa na praia para o fim de semana. As pessoas querem bilhetes para a filarmônica e férias no exterior. . . O analfabeto quer aprender a ler. Então querem a instrução, e então mais instrução, e então querem seus filhos e filhas doutores e advogados. É horrível ver tantos milhões de pessoas que querem tanto assim. É quase como estar em Oklahoma na corrida pela terra, exceto que estão envolvidos milhões em vez de centenas, e em vez da terra, o prêmio é tudo que a vida tem a oferecer"[184].

Florman pensa de que a maioria das pessoas têm desejos sensivelmente moderados, mas "o problema levanta-se somente quando unimos todos aqueles desejos moderados e acha-se que não é bastante as coisas boas circundantes". Desde que a fonte de bens materiais e de energia são limitadas, nossa população fica descontente, e nossas casas, estradas, fábricas e shoppings abusa

[184] S. Florman, *The Existential Pleasures of Engineering*" (St. Martin's Griffin, 1996), p. 76

da terra que os pássaros, as tartarugas, os fungos, os peixes e outros animais selvagens necessitam, devemos ser frugais.

É imoral comprar dúzias de carros ou viver numa mansão imensa quando outras pessoas são famintas, e outras espécies estão em perigo. A solução a longo prazo não deve tentar limitar os desejos das pessoas. Isso é impossível; como Florman diz, gente: ". . . não esperem por promessas vagas de satisfação psíquica que obriguem a abstinência voluntária. O homem não veio de tão longe através da evolução a estabelecer-se num idílio bucólico". A solução deve refazer o mundo, e finalmente o sistema solar todo, de modo que todos possa ter quantidades praticamente ilimitadas de bens materiais. A maioria das pessoas, quando lhe é dado todo o dinheiro querem, se satisfazem com um estilo de vida moderado, sensível, responsável.

No futuro, espero que a pobreza estrema esteja eliminada em toda parte da terra. As pessoas devem consumir tanto alimento e água, cuidados da saúde, ter instrução mais elevada e acesso à Internet como queiram. Estas coisas devem ser livres, como a iluminação da rua, bibliotecas públicas e a instrução elementar pública o são hoje. Isto não significa que haja esperanças de que todos poderão viver à maneira dos ricos de hoje, espero que a grande riqueza seja abolida. Quero que todos consigam um padrão de vida americano ou europeu de classe média. Não me importo se haverá um número moderado de pessoas mais ricas. Talvez alguns milhões de pessoas afortunadas no mundo, como os ganhadores da loteria e capitães de indústria, viverão em grande escala, ostensivamente, como algumas estrelas de cine e magnatas de hoje.

Alguns recursos são inerentemente limitados. Somente algumas pessoas podem viver numa propriedade luxuosa em Manhattan. Somente alguns podem ocupar vultosos escritórios políticos, posições superiores em corporações, ou presidência nas universidades. Ainda, quem que quer uma casa de campo confortável do país merece ter uma. Nós não podemos todos caber no Hamptons, mas há muitos outros pontos bonitos no mundo. Nós podemos fazer um bonito lugar do campo começando por livrarmo-nos das estradas, das fábricas, e das centenas de milhas cheias de depressivos lugares de comida rápida. Muitos lugares agora feios eram bonitos quando eu era uma criança, e serão bonitos outra vez. Nós podemos corrigir nossos erros. Necessitamos, provavelmente, reduzir demasiado a população, talvez tendo que alguns bilhões de pessoas migrem à lua e a Marte. (a natureza é bonita em outros planetas, e espero que algum dia transformemos Marte e as pessoas andemos lá à vontade sem traje espacial.)

Tradicionalmente, as pessoas supõem que a pobreza é inevitável. "Para que tenha os pobres sempre com você. . .". Esta atitude transformou-se numa desculpa para evadir a reforma social. A pobreza é uma tragédia pessoal, e uma ameaça à comunidade, à economia e à segurança nacional. É mais inevitável do que a doença infecciosa, a poluição, fumar em ambiente fechado, o analfabetismo, esgotos abertos, ou alguns dos outros males que eliminamos. Podemos trazer todos até um nível de classe média em renda e segurança com políticas sociais inteligentes, instrução, capitalismo, e tecnologia nova inteligente – especialmente a fusão a frio. Os niilistas, cujos dias são estes, dizem que chegamos ao fim da história e não há nenhuma esperança de riqueza ou melhoria grande no futuro. Outros dizem que é a natureza humana explorar as pessoas, deve sempre existir os vencedores e os perdedores, alguém têm que cortar a madeira e extrair a água, etc.. Resumindo, dizem que alguém deve ser pobre. Talvez sentem que não há suficiente trabalho à volta, ou bastante livros na biblioteca para que todos leiam.

As pessoas que pensam que a vida nunca será melhor para as massas não compreendem que estes bilhões de oprimidos não são manchas sem rosto, são pessoas como nós, e sem a metade de uma possibilidade - não, dadas um décimo das oportunidades que nos abençoou - conseguirão por si tudo que nós temos. Um bilhão de pessoas na China comprarão carros. Se comprarem carros a gasolina, o mundo pode mergulhar num desastre sem precedentes de aquecimento global, e cairá certamente brevemente devido ao petróleo numa década. As corporações e os governos têm duas escolhas: podem estar perto e não fazerem nada quando os chineses comprarem carros a gasolina, ou podem começar a pesquisa da fusão a frio séria, e oferecer-lhes modelos a fusão a frio preferivelmente[185].

As pessoas que acreditam que não há nenhuma probabilidade de grande progresso não atinam com nenhum sentido da história. Todos que vivem no primeiro mundo hoje, mesmo uma pessoa afastada do bem-estar, está muito acima dos padrões de 1600. Pelos padrões das pessoas antigas e primitivas, somos todos fabulosamente ricos e apreciamos ser divinos. Podemos fazer as coisas que as pessoas em 1800 nunca imaginaram, nem em seus sonhos mais ardentes ou em seus piores pesadelos. Podemos falar com os amigos em qualquer lugar do mundo, e vemos os eventos que aconteceram anos atrás. Em alguns segundos, podemos encontrar qualquer dos milhões de livros, jornais, ou fatos gravados na Internet. Nós temos água limpa ilimitada, e todo o alimento que podemos comer. De fato, mais do que devemos comer. Banimos a maioria das doenças terríveis. Podemos reparar o próprio coração, ou implantar um coração novo, e recuperar-nos de ferimentos que estavam além da esperança a algumas gerações. Podemos voar a metade do mundo em 14 horas. Um amigo meu, por capricho, voou de Hiroshima a Atlanta num fim de semana longo apenas de visita e desfrutar de um concerto. Nossos cientistas exploram outros planetas com robôs de controle remoto. Como demasiado, com uma observação, nossas forças armadas poderiam aniquilar toda uma nação na terra, destruindo milhares de cidades, e matando centenas de milhões de pessoas.

O objetivo final da fusão a frio, ou de toda tecnologia, é dar às pessoas a liberdade para fazerem por si, cuidarem-se de si mesmo, e fazerem-se felizes ou miseráveis. O objetivo imediato da fusão a frio deve ser restaurar a vida a alguma semelhança de o que era antes do crescimento da população e dos moinhos satânicos escuros da industrialização. Naturalmente algumas pessoas preferem as cidades e clubes noturnos satânicos escuros, mas espero que a maioria escolha viver perto da natureza. Exceto que terão completo acesso à televisão, à Internet, às lojas de mantimentos, aos hospitais e todas as conveniências e necessidades modernas restantes. Eu não estou sugerindo que se deve ir "de volta à natureza" e viver em circunstâncias primitivas, a menos que se queira. As pessoas devem viver em harmonia com a natureza, não perturbando-a mais do que o necessário, mas nunca mais viver à mercê da natureza. Ninguém devem temer que a seca possa destruir seus meios de subsistência. Ninguém devem temer doenças infecciosas. Espero que ninguém viva como servo da tirania, do terror, do crime ou da guerra, mas oxalá, a tecnologia possa fazer um pouco para resolver estes problemas.

Espero que nosso primeiro objetivo seja melhorar a vida das crianças. Talvez isto seja uma elegia à minha própria infância longínqua, mas esta é uma motivação linda. Franklin Roosevelt teve uma infância idílica no Hudson River Valley. Era a fonte principal de seu espírito

[185] Chinese researchers are working on cold fusion, and they are doing a fine job with minimal funding and rudimentary resources. See: *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science*. 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press.

reformador, e seu otimismo e fé indomável no futuro. Retornou à casa de sua infância freqüentemente, e insistiu que a casa e as terras fossem deixadas como as recordava. Para o descanso de sua vida sentiu que todas as crianças merecem a mesma felicidade que tinha apreciado. Este é um objetivo digno para nossa civilização, ao menos para os poucos cem anos seguintes. Talvez estejamos ao borde de iniciar projetos épicos tais como conquistar o espaço interestelar ou a compreensão da origem do universo, mas por agora ponhamos coisas para nossas crianças, e para outras espécies, e limpemos a sugeira do século XX. Pode ser caro, mas se nós não pudermos ter recursos para fazer nossas crianças seguras e felizes, para que é o dinheiro?

Os prazeres simples de andar entre as árvores ou de nadar numa lagoa num dia quente de verão devem ser o direito de nascimento de cada criança. Todos deve estar livres para andar fora da porta sozinhos na aurora, ao longo de um merecido trajeto coberto de geada sobre o campo onde um falcão grita, e um cervo dispara de repente através do prado e corre, *justo ali,* diretamente à sua frente.

Imagine que é uma noite de inverno do ano 2204. Por capricho, você pode ir visitar a lua pelo fim de semana, onde alguns amigos têm uma equipe de robôs que constroem um rádio-telescópio que mede 2 milhões de metros quadrados para testar uma teoria de estimação. Esta é uma versão do século XXII de uma experiência modesta de física, financiada particularmente , como uma experiência da fusão a frio. Mas preferivelmente, você decide-se permanecer em casa de Frederick, Maryland. Você pode mandar o robô trazer-lhe um copo agradável da cacau e acender um fogo. Eu encontro o fogo mais interessante para apreciar do que a televisão. Para aqueles que preferem distrações ruidosas, terá a Internet conectada, a televisão de painel plano com 2 metros que mostra todos os programas, filmes, documentários, notícias ou concertos gravados nos últimos dois séculos em qualquer lugar da terra. Ou você pode conectar a tela à casa de um amigo para uma visita de improviso, e conversar com sua imagem. Você pôde ver um evento esportivo ao vivo. Ou você pôde converter a tela em um projetor em tempo real e ver o Grand Canyon, o monte Fuji, o Himalaia, ou uma vista da lua desde os Montes Apeninos que vendo o Mar Imbrium, se seu gosto em paisagens for dramático. Mas se você for como eu, e prefere o segredo, lugares silenciosos, você pôde selecionar a vista mostrada por uma câmera sem obstrução, silenciosa escondida numa árvore 50 quilômetros ao norte, que olha para fora o prado ainda silencioso, congelado, iluminado pela lua aonde eu andei duzentos anos atrás.

Fontes

As fontes são referenciadas no texto nas notas de rodapé. Os seguintes livros são particularmente valiosos como fontes de informação sobre a fusão a frio, energia e o futuro.

Annual Energy Review 2002. 2003, Energy Information Administration, U.S. Department Of Energy. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/

Beaudette, C.G., *Excess Heat. Why Cold Fusion Research Prevailed*. 2000, Concord, NH: Oak Grove Press (Infinite Energy, Distributor).

Cardwell, D., *The Norton History of Technology*. 1995: W. W. Norton & Company.

Christensen, C., *The Innovator's Dilemma*. 1997: Harvard Business School.

Clarke, A.C., *Profiles of the Future*. 1963: Harper & Row.

Clarke, A.C., *Profiles of the Future, Millennium Edition*. 1999: Indigo. This edition includes some discussions of cold fusion.

Deffeyes, K., *Hubbert's Peak, The Impending World Oil Shortage*. 2001: Princeton University Press.

Florman, S., *Blaming Technology*. 1981: St. Martin's Press.

Florman, S., *The Existential Pleasures of Engineering*. 1996: St. Martin's Griffin.

Krivit, S. and N. Winocur, *The Rebirth of Cold Fusion*. 2004: Pacific Oaks Press.

Mallove, E., *Fire From Ice*. 1991, NY: John Wiley.

Mizuno, T., *Nuclear Transmutation: The Reality of Cold Fusion*. 1998, Concord, NH: Infinite Energy Press.

Pimentel, D. and M. Pimentel, *Food, Energy, and Society, Revised Edition*. 1996: University Press of Colorado