

Os novos senhores da biomassa

Biologia
sintética e
o próximo
assalto à
biodiversidade

etc group

action group on erosion, technology and concentration



“Quem quer que produza biocombustíveis em abundância pode acabar fazendo mais do que apenas pilhas de dinheiro – fará história... As companhias, os países que tiverem sucesso nisso serão os vencedores econômicos da próxima era, da mesma forma que hoje o são as nações ricas em petróleo.”

J. Craig Venter

Synthetic Genomics, Inc., 20 de abril de 2009

Sobre a capa

‘A Nova Colheita de Biomassa’, por Beehive Design Collective, 2010 – a partir da obra ‘Outono’, de Alphonse Mucha (da série As Quatro Estações, 1896, conforme imagem abaixo). De acordo com o historiador Vaclav Smil, a década de 1890 foi a última na qual a economia industrial global dependeu basicamente de biomassa. Para a economia de biomassa de hoje, Mucha teria pintado algo muito diferente.



Agradecimentos

Este relatório resulta da estreita colaboração com muitos aliados na sociedade civil, que participaram ativamente da sua gênese, pesquisa, redação e revisão. Em particular, temos uma grande dívida de gratidão para com a Dra. Rachel Smolker, da Biofuelwatch, e com seus colegas Almuth Ernsting e Deepak Rughani. Parte da pesquisa original e da estrutura deste documento foi feita pela Rachel, e muito do que aprendemos sobre biomassa foi através dela. Também somos muito gratos a Delphine Deryng e Jose Borrás Ferran, que contribuíram com a pesquisa original e com a redação como estagiários no Grupo ETC. Gratos a David Lee e Lara Lucretia e a todos do Beehive Design Collective, que não só forneceram excelentes ilustrações originais, mas também inspiração, camaradagem e algumas frases geniais. Gratos também a Helena Paul, da Econexus, por comentar as primeiras versões deste relatório, e a Anne Petermann e Orig Langelle, do Global Justice Ecology Project. Este relatório tem suas raízes numa série de encontros organizados pela sociedade civil para explorar as implicações da convergência de tecnologias ou BANG [pelas iniciais de bites, átomos, neurônios e genes], incluindo um seminário internacional em Montpellier, França, em novembro de 2008, organizado pelo Grupo ETC, pelo projeto What Next?, pelo BEDE e pela Fondation Sciences Citoyennes. Seguiram-se outros encontros regionais, organizados por (entre outros) Centro Ecológico (Brasil), FASE (Brasil),

African Biodiversity Network (Etiópia), African Centre for Biosafety (África do Sul), CASIFOP (México), Alliance for Humane Biotechnology (EUA), EQUINET, SEARICE (Filipinas), Friends of the Earth (EUA), ICTA (EUA), Center for Genetics and Society (EUA) e Movement Generation (EUA). Somos extremamente gratos a todos os participantes e outros que auxiliaram a formar nosso pensamento sobre essas questões. O Grupo ETC agradece profundamente o apoio financeiro da SwedBio (Suécia), HKH Foundation (EUA), CS Fund (EUA), Christensen Fund (EUA), Heinrich Böll Foundation (Alemanha), do Lillian Goldman Charitable Trust (EUA), Oxfam Novib (Holanda), Ben and Jerry’s Foundation (EUA) e do Norwegian Forum for Environment and Development (Noruega).

O Grupo ETC é o único responsável pelos pontos de vista expressos neste documento.

Edição: Leila Marshy

Design: Shtig(.net)

Ilustração: Beehive Design Collective e Shtig

Os novos senhores da biomassa: Biologia sintética e o próximo assalto à biodiversidade é o Communiqué # 104 do Grupo ETC.

Publicado em inglês em outubro de 2010

Traduzido para o português por B&G, com revisão e diagramação de Amanda Borghetti

Todas as publicações do Grupo ETC estão disponíveis gratuitamente em nosso website:

www.etcgroup.org

Os novos senhores da biomassa

Biologia sintética
e o próximo assalto
à biodiversidade

Panorama:

A questão

Sob o pretexto de enfrentar a degradação ambiental, a mudança climática e as crises de energia e de alimentos, a indústria está prevendo uma “nova bioeconomia” e a substituição de carbono fóssil por matéria viva, agora rotulada de “biomassa”. A biomassa mais produtiva e mais acessível está no Sul global – exatamente onde, até 2050, deve haver outros 2 bilhões de bocas para alimentar em terras que (graças ao caos climático) devem produzir 20-50% menos. Embora este pareça ser o pior momento possível para colocar novas pressões sobre os ecossistemas, estão dizendo aos governos que a “biologia sintética” – uma tecnologia recém-inventada – poderá produzir e transformar toda a biomassa necessária para substituir todos os combustíveis fósseis que usamos atualmente. Ao mesmo tempo, os novos mercados de carbono estão transformando a vida vegetal em estoques de carbono para negociar (em vez de reduzir as emissões). Mas as companhias que dizem “acreditem em nós” são as mesmas gigantes da energia, da química, do agronegócio e do florestamento que foram as principais criadoras das crises climática e de alimentos que hoje nos afetam.

*Em meio
à fome crescente e
ao caos climático,
este pareceria ser o
pior momento possível
para colocar novas
pressões sobre os
ecossistemas.*

O que está em jogo

Em jogo estão a alimentação, a energia e a segurança das nações. Como 24% da biomassa terrestre anual do mundo já é consumida para uso humano, a convergência das crises atuais é uma oportunidade para mercantilizar e monopolizar os 76% restantes (e ainda mais, se considerarmos a biomassa nos oceanos) que Wall Street ainda não atingiu. Os setores industriais com interesse em converter matérias-primas de carbono em biomassa incluem as indústrias de energia e química, plásticos, alimentos, têxtil, farmacêutica, de produtos de papel e materiais de construção – mais o comércio de carbono – um mercado combinado valendo pelo menos 17 trilhões de dólares.¹

Os atores

A mídia especializada fala de companhias *start-up* como Synthetic Genomics, Amyris Biotechnologies e LS9, mas, por trás das manchetes, o dinheiro para desenvolver a biologia sintética está vindo do Departamento de Energia dos Estados Unidos e das grandes empresas dos setores de energia, como BP, Shell e ExxonMobil, de química, como BASF e DuPont, e de florestamento e agronegócio, como Cargill, ADM, Weyerhaeuser e Syngenta. Enquanto as primeiras unidades experimentais estão sendo desenvolvidas sobretudo na Europa e nos Estados Unidos, no final das contas ‘a geografia é o destino’ para a economia de base biológica: os países com a maior parte das plantas vivas também acabarão tendo a maior parte das plantas de produção (usinas). A indústria já está fazendo fila no Brasil, México, África do Sul e Malásia como campos de testes para a nova tecnologia. Os governos da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), enquanto isso, estão injetando mais de 15 bilhões de dólares em subsídios na economia de biomassa.

Os fóruns

Até mesmo companhias líderes e cientistas envolvidos com biologia sintética concordam que é necessário algum tipo de controle, e eles reconhecem potenciais novos riscos à biossegurança decorrentes de novos micróbios e novas plantas. Apesar de que a biologia sintética e a economia de biomassa vão ter um impacto profundo sobre o uso da terra, a diversidade biológica, o ambiente e o bem-estar humano, essas implicações estão sendo ignoradas pela maioria dos governos e pesquisadores.

Dentro das Nações Unidas, somente a Convenção de Diversidade Biológica (CBD) está tratando do tema da biologia sintética. Apesar das implicações para a segurança alimentar, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e o Grupo Consultivo sobre Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR) parecem ignorar alegremente os desenvolvimentos recentes.

Nas negociações da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), os governos do Sul parecem não ter consciência de que a “transferência de tecnologia” será otimizada com o objetivo de estender o monopólio industrial sobre tecnologias de biomassa para os territórios e recursos do Sul. As implicações da “nova bioeconomia” são tão vastas que deveriam estar na agenda de todas as agências da ONU e devem, especialmente, ser tratadas na Cúpula Rio+20, a ser realizada no Brasil em 2012.

As políticas

Os anúncios em 2010 de que pesquisadores de biologia sintética podem manipular significativamente DNA para construir microrganismos artificiais autorreplicantes que nunca existiram antes na Terra têm implicações imediatas para a biodiversidade, a biossegurança e as economias nacionais.

As formas de vida sinteticamente construídas não deveriam ser liberadas no ambiente, e a ONU e os governos nacionais deveriam estabelecer – no mínimo – uma moratória para impedir tais liberações.



'Biomassacre' por Beehive Collective

E, como medida de similar urgência, é preciso realizar estudos para determinar as implicações, sobre a mudança climática, os ecossistemas mundiais, o abastecimento de alimentos e de energia, os meios de vida e os direitos sobre a terra, do que o governo dos EUA chama “a revolução de base biológica”.

A sociedade civil e os movimentos sociais organizados em torno dos temas da agricultura, direitos sobre a terra, proteção das florestas, assuntos marinhos, tecnologias emergentes, toxinas químicas, mudança climática, justiça energética e consumo necessitam, urgentemente, encontrar meios de compartilhar suas análises e coordenar a resistência para enfrentar as ameaças comuns resultantes da nova bioeconomia.

Conteúdo

Introdução - Cuidado: biomassa	1	Vendendo a mudança	13
Quadro: Quem são os novos senhores da biomassa?	2	1. Doces sonhos: a economia dos carboidratos	13
O que está sendo mudado?	3	2. Verdes sonhos: recursos ‘renováveis’ e a economia do hidrogênio	13
Não se trata apenas de biocombustíveis...		3. Sonhos refrescantes: a economia neutra em carbono	13
Combustíveis para o transporte	3	4. Sonhos patrióticos: independência energética	13
Eletricidade	3	5. Sonhos de saltar à frente: desenvolvimento limpo e o movimento pelos ‘empregos verdes’	14
Químicos e plásticos	3	6. Sonhos tecnológicos: tecnologias convergentes e ‘tecnologia limpa’	14
Fertilizantes	3	Quadro: Uma apropriação, não uma mudança	14
Primeira parte:	5	Contabilizando a economia da biomassa	14
Aí vem a bioeconomia		Onde está o dinheiro na economia da biomassa?	16
Quadro: Três bioeconomias	5	A biomassa de quem? Uma fábula de duas bioeconomias	17
O que é a biomassa?	6	Terras marginais para lucros estratosféricos	17
Quadro: A bioeconomia, também conhecida como...	7	Quadro: Uma fábula de duas bioeconomias	18
Celulose – O açúcar-maravilha	7	Uma grilagem legal de terras por biomassa	19
Simplificando – “Ainda é a economia do carbono, imbecil”	8	Um novo comércio na biomassa – embarcando cavacos	19
Geopoliticando – Está tudo no Sul	9	Cultivos para energia – mudanças no meio rural	20
A extração de biomassa – Um saqueio global	10	O mito do carbono neutro	21
Florestas naturais	10	Um grave “erro de contabilidade” global	23
Plantações	10	Comercializando carbono de biomassa	24
Ecossistemas agrícolas	10	Comercializando carbono de biomassa	25
Pastagens	11	Tomada II: grilagem legal REDDobrada	
Ecossistemas marinhos	12	A transferência de tecnologias da biomassa – A iniciativa sobre tecnologias climáticas	25
Desertos e áreas úmidas	12	A economia verde – um lar aconchegante para a bioeconomia	26
De volta para o futuro? Carboidratos versus hidrocarbonetos...	12	Quadro: InfraREDD - mapeando a biomassa	26
Do craqueamento do petróleo ao hackeamento de plantas	12	Estourando o orçamento de biomassa da Terra?	27
		Os ecossistemas vêm primeiro	28
		Quadro: A biomassa é realmente ‘renovável’?	29
		Limites planetários para a extração de biomassa?	30
		Não há biomassa suficiente?	30
		Vamos dar um gás nisso...	

Quadro: Biomassa ou biomassacre?	31	Os custos da eletricidade derivada de biomassa I: devoração de campos e florestas	47
Geoengenheirando o planeta com biomassa	32	Os custos da eletricidade derivada de biomassa II: ameaça à saúde humana	47
Depósito de biomassa	33	Quadro: Incineração disfarçada	48
Fertilização de oceanos (algas marinhas)	34	Mudança 2: BioCombustíveis líquidos – liquefação de biomassa para transportes	48
Energia de biomassa com sequestro de carbono	34	Tirando nota “F” – Fracassos dos biocombustíveis de primeira geração	48
A nova economia da biomassa: 10 mitos	35	“Sobreviventes” da geração F – açúcar e pinhão-manso	49
 		Substituindo combustíveis e matérias-primas	50
Segunda parte: As ferramentas e os atores	39	Combustíveis celulósicos	51
 		Do álcool aos hidrocarbonetos – Biogasolina, butanol, isopentanol, hexadecano, farneseno	52
A nova bioalquimia – Equipando-se para o assalto	39	Para além da celulose: biocombustíveis de algas	52
Combustão	39	Os novos fás das algas	55
Química	39	Mudança 3: Produtos químicos – bioplásticos e outros produtos químicos de base biológica	56
Biotecnologia / Engenharia Genética	39	Blocos de construção de base biológica	56
Nanotecnologia	40	O futuro é o (bio)plástico?	57
Biologia sintética – virando o jogo para a biomassa	40	Os bioplásticos se biodegradam?	58
Biologia sintética: imprevisível, não testada e pouco compreendida	41	Os bioplásticos podem ser reciclados?	58
Organismos sintéticos como biofábricas	42	Os bioplásticos são tóxicos?	59
Enzimas sintéticas para celulose	43	Os bioplásticos são obtidos de forma sustentável?	59
Plantas sintéticas – mudando as matérias-primas	43	Cultivos transgênicos, biologia sintética e nanotecnologia	60
Quadro: Devoradores de celulose e fermentadores de combustíveis à solta?	43	Os bioplásticos podem ser feitos corretamente?	60
Eletricidade a partir de organismos sintéticos?	44	Conclusões: um assalto à Terra!	61
O assalto da biologia sintética aos meios de subsistência – A substituição de matérias-primas	44	Recomendações: rumo a uma governança global	62
Quadro: Nanocelulose – encolhendo a biomassa para aumentar mercados	45	 	
O que está mudando?	46	Anexo: Quem produzirá os biocombustíveis da próxima geração	64
Mudança 1: Energia – queima de biomassa para aquecimento e bioeletricidade	46	 	
Presença fácil	46	Notas	73
Quadro: Queima de biomassa nos EUA	46		
Energia de biomassa no Sul	46		

Introdução - Cuidado: biomassa

Em todo o mundo, as estratégias das corporações e dos governos para tratar da mudança climática, energia, agricultura, tecnologia e produção de materiais estão convergindo, de forma crescente, em torno de um mesmo conceito: biomassa.

A biomassa engloba mais de 230 bilhões de toneladas de matéria viva² que a Terra produz a cada ano, como árvores, arbustos, pastos, algas, grãos, micróbios e outros. Essa riqueza anual, conhecida como “a produção primária” da Terra, é muito mais abundante no Sul global – nos oceanos, florestas e pradarias de crescimento rápido localizados nos trópicos – e sustenta os meios de vida, as culturas e as necessidades básicas da maior parte dos habitantes do planeta.

Por enquanto, os seres humanos utilizam apenas um quarto (24%) da biomassa terrestre para satisfazer suas necessidades básicas e a produção industrial³ e só consomem uma mínima quantidade da biomassa oceânica, deixando 86% de toda produção de biomassa do planeta (da terra e do mar) como ainda não mercantilizada.

Mas, graças às mudanças tecnológicas – particularmente nos campos da nanotecnologia e da biologia sintética – esses 86% da biomassa podem agora se converter em alvo da indústria como uma fonte de carbono ‘verde’ vivo para suplementar ou substituir parcialmente os carbonos fósseis ‘pretos’ provenientes de petróleo, carvão e gás que atualmente sustentam as economias industriais do Norte global. Da geração de eletricidade à produção de combustíveis, fertilizantes e químicos, as mudanças já estão em andamento para afirmar a biomassa como um componente crítico na economia industrial global. A Parte I deste relatório fornece uma visão geral da situação atual e o que o surgimento de uma assim chamada Nova Bioeconomia significa para as pessoas, os meios de vida e o ambiente. A Parte II fornece um retrato dos “Novos Senhores da Biomassa” – os atores industriais e as tecnologias que eles estão armando.



“Fazendo” biomassa Foto: Asea

Biomassa:

Coisa viva (ou que foi viva); literalmente, refere-se ao peso de matéria viva (plantas, animais, bactérias, fungos, etc.) encontrado em uma determinada área. Hoje, a indústria utiliza o termo biomassa para se referir à matéria biológica não fossilizada que pode ser usada como matéria-prima para a produção de combustíveis, químicos, calor e energia.

O que está sendo vendido como uma mudança benigna e benéfica do carbono preto para o carbono verde é, na verdade, uma forma quentíssima de apossar-se de recursos (do Sul pelo Norte) para assegurar uma nova fonte de riqueza. Se esse assalto se concretizar, o saque da biomassa do Sul para baratear o funcionamento das economias industriais do Norte será um ato de imperialismo em pleno século XXI que aprofundará a injustiça e agravará a pobreza e a fome. Mais do que isso, pilhar ecossistemas frágeis em busca de seus estoques de carbono e açúcar é um movimento assassino contra um planeta já superestressado. Ao invés de abraçar as promessas falsas de uma nova bioeconomia verde e limpa, a sociedade civil deveria rejeitar os novos senhores da biomassa e seu mais recente assalto à terra, aos meios de vida e ao nosso mundo vivo.



Ilustração: Beehive Collective

Quem são os novos senhores da biomassa?

As mesmas companhias transnacionais que promoveram a dependência do petróleo durante o século XX estão agora se estabelecendo como os novos senhores da biomassa. Quando completarem esse golpe, muitos atores corporativos já conhecidos continuarão sentados na cabeceira da ordem econômica mundial. Que seus carros sejam movidos a biocombustível, seus computadores funcionem com bioeletricidade, e seus cartões de crédito sejam feitos de bioplástico não é a questão principal; o problema é que eles terão um controle mais intenso, talvez até mesmo um controle mortal, sobre os sistemas naturais dos quais todos nós dependemos.

As gigantes florestais e do agronegócio que já controlam boa parte das terras e dos recursos biológicos em todo o mundo estão na linha de frente do desenvolvimento da bioeconomia e do novo mercado da biomassa. Nomes familiares incluem Cargill, ADM, Weyerhaeuser, Stora Enso, Tate & Lyle, Bunge e Cosan Ltd.

Companhias de alta tecnologia (biotecnologia, nanotecnologia e software) estão fornecendo as novas ferramentas para transformar, medir e explorar o mundo biológico, auxiliando a desenvolver a mercantilização da informação genética. Entre elas, Microsoft, Monsanto, Syngenta, Amryis Biotechnologies, Synthetic Genomics, Inc., Genencor e Novozymes.

As principais empresas farmacêuticas, químicas e de energia estão se associando com os novos bioempreendedores para mudar seus processos de produção e fontes de matéria-prima. Fique atento a movimentos da DuPont, BASF, DSM, Duke Energy, BP, Shell, Total Oil, Chevron e ExxonMobil.

As companhias de serviços financeiros e bancos de investimento estão desenvolvendo novas modalidades de títulos ambientais, mercados de intercâmbio e investimentos em terras, ainda que as modalidades anteriores de comércio de títulos estejam colapsando ao redor delas. Entre elas estão: Goldman Sachs, J.P. Morgan e Microsoft.

Companhias de bens de consumo e alimentos estão mudando para produtos, embalagens e ingredientes de base biológica para usar argumentos de marketing 'verdes': Procter & Gamble, Unilever e Coca-Cola.

O que está sendo mudado?

Não se trata apenas de biocombustíveis...

“Muitos pensam na biomassa principalmente como matéria-prima para combustíveis líquidos, como etanol e biodiesel. Mas a biomassa também pode ser convertida numa gama de produtos de uso cotidiano. Na verdade, há muito poucos produtos que hoje são fabricados a base de petróleo, como tintas de parede e de impressão, adesivos, plásticos, entre outros, que não podem ser produzidos a partir da biomassa.”

– David K. Garman, Subsecretário de Energia da Secretaria de Energia, Ciência e Meio Ambiente dos Estados Unidos na administração George W. Bush⁴

“Temos objetivos modestos de substituir toda a indústria petroquímica e tornar-nos uma das principais fontes de energia.”

– J. Craig Venter, fundador da Synthetic Genomics, Inc.⁵

Um jeito simples de entender a ambiciosa proposta da nova economia da biomassa é dando uma olhada na lista de produtos e serviços cuja fabricação atual depende dos combustíveis fósseis. A seguir, vamos imaginar cada setor desses mudando para a adoção de matéria vegetal viva como matéria-prima, em vez do petróleo, carvão e gás natural referentes a matéria vegetal fossilizada:

Combustíveis para o transporte

Atualmente, mais de 72% do petróleo⁶ acaba como combustíveis líquidos para carros, caminhões, aviões e aquecimento. Os agrocombustíveis (isto é, os biocombustíveis), tais como etanol e biodiesel, representam apenas o início da conversão do mercado de combustível líquido para a biomassa. Alguns agrocombustíveis da próxima geração são hidrocarbonetos que têm as mesmas propriedades químicas da gasolina e do combustível de aviação.

Eletricidade

O carvão, o gás natural e o petróleo são, atualmente, responsáveis por 67% da produção mundial de eletricidade.⁷ Contudo, a queima conjunta de carvão e biomassa está aumentando, e se registra uma tendência para queimar lascas de madeira, óleos vegetais e resíduos municipais como combustível para a produção de eletricidade. Enquanto isso, avançam as pesquisas em nanocelulose e bactérias sintéticas para produzir corrente elétrica a partir de células vivas, objetivando transformar a biomassa em eletricidade sem a necessidade de turbinas.

Químicos e plásticos

Atualmente, cerca de 10% das reservas globais de petróleo são convertidas em plásticos e substâncias petroquímicas.⁸ Entretanto, para compensar os preços crescentes do petróleo e esverdear sua imagem pública, as grandes companhias químicas, como a DuPont, estão estabelecendo objetivos ambiciosos para matérias-primas de biomassa, como cana-de-açúcar e milho, para a produção de bioplásticos, têxteis, produtos de química fina e de química pesada.

Fertilizantes

A produção global de fertilizantes consome intensivamente gás natural. Os promotores do biochar (biomassa carbonizada) afirmam que eles têm, para melhorar a fertilidade do solo, um substituto de base biológica que pode ser produzido em escala industrial.

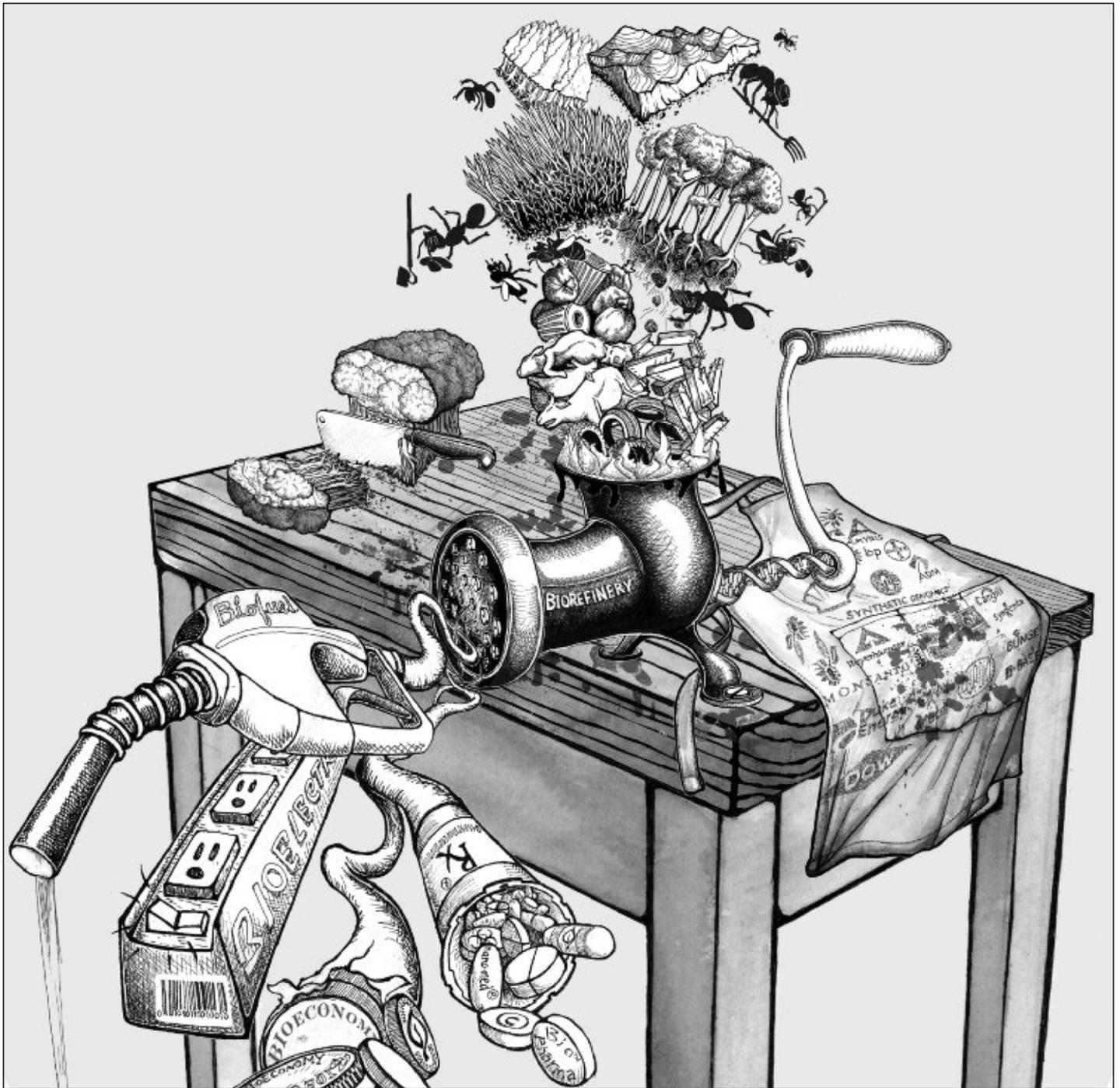


Ilustração: Beehive Collective

Primeira parte: Aí vem a bioeconomia

“As economias baseadas na caça e coleta dominaram por centenas de milhares de anos antes de serem ofuscadas pelas economias agrárias, as quais dominaram por cerca de 10.000 anos. A seguir, vieram as economias industriais. A primeira iniciou-se na Grã-Bretanha nos anos 1760, e a primeira a acabar começou a perder força nos Estados Unidos no início dos anos 1950. Estamos a meio caminho na economia da informação, e ela vai durar entre 75 e 80 anos, terminando no final dos anos 2020. Aí, estejam prontos para a próxima: a bioeconomia.”

– Futurólogos Stan Davis e Christopher Meyer, revista *Time*, maio de 2000⁹

Passaram-se mais de dois anos desde que um drástico aumento nos preços dos alimentos gerou uma crise que saiu nas manchetes ao redor do mundo. Subitamente, o desvio de grãos para produzir ‘biocombustíveis’ (apelidados de ‘agrocombustíveis’ pelos oponentes) tornou-se um tópico de intensa controvérsia e oposição entre comunidades rurais, particularmente no Sul global. Enquanto as manchetes enfocavam o entusiasmo da indústria por óleo de dendê e etanol de milho (a ‘febre do etanol’),¹⁰ isso era somente a ponta visível de uma transição e uma trajetória muito mais profundas na política industrial.

Essa trajetória – em direção à economia de base biológica – agora está ganhando velocidade, poder político e muitos bilhões de dólares em subsídios públicos e investimentos privados. Mesmo que a nova bioeconomia cumpra o que promete, seu preço carrega a mesma ameaça para os povos, a subsistência e o planeta que a febre do etanol – mas de forma ainda mais acentuada.

A retórica de uma ‘nova’ bioeconomia, ainda que imprecisa, está entremeada nas agendas e manchetes atuais e envolta nos clichês pós-milênio que permeiam as políticas ambientais, industriais e de desenvolvimento, como ‘sustentabilidade’, a ‘economia verde’, ‘tecnologia limpa’ e ‘desenvolvimento limpo’.

Três bioeconomias

Bioeconomia descreve a ideia de uma ordem industrial baseada em materiais, processos e “serviços” biológicos. Como muitos setores da economia global já são baseados neles (agricultura, pesca, silvicultura), seus proponentes frequentemente falam de uma ‘nova bioeconomia’ para descrever uma reinvenção específica da economia global, ou seja, uma que integre ainda mais a economia e mecanismos financeiros neoliberais com novas tecnologias biológicas e modos de produção.

Resulta que o termo ‘bioeconomia’ é utilizado para descrever pelo menos três conceitos distintos mas inter-relacionados e que se reforçam mutuamente, todos baseados na noção de que os sistemas e recursos biológicos podem ser manipulados para manter os atuais sistemas industriais de produção, consumo e acumulação de capital:

Insumos: A economia da biomassa – Também denominada, ocasionalmente, de economia de base biológica ou economia de carboidratos. O conceito chave é que a produção industrial muda do uso de recursos fósseis e minerais (carvão, petróleo e gás natural) para o uso de matérias-primas biológicas vivas, principalmente a ‘biomassa’ de matéria vegetal, como lascas de madeira, cultivos agrícolas e algas.

Processos: A economia da biotecnologia – À medida que o DNA encontrado em células vivas é decodificado em informação genética para uso em aplicações biotecnológicas, as sequências genéticas estão adquirindo um novo valor como peças para a construção de sistemas projetados de produção biológica. Com o sequestro de ‘instruções genéticas’ de células, plantas e animais para forçá-los a gerar produtos industriais, a indústria transforma organismos transgênicos e sintéticos em biofábricas que podem ser instaladas em qualquer lugar do mundo – em tanques privados ou em plantações. A natureza é alterada para atender a interesses comerciais.

Serviços: A economia dos bioserviços

– À proporção que os ecossistemas colapsam e a biodiversidade declina, novos mercados de “serviços” ecossistêmicos possibilitam o comércio de ‘créditos’ ecológicos inventados. O objetivo declarado é “incentivar a conservação” através da criação de um motivo de lucro para justificar intervenções em sistemas naturais de larga escala, como os ciclos hidrológicos, o ciclo do carbono ou o ciclo do nitrogênio.¹¹ Como os ‘serviços’ de um sistema de produção industrial, esses ‘serviços’ ecossistêmicos, criados para privatizar processos naturais, serão cada vez mais eficientes em servir aos interesses comerciais.



Ilustração: Beehive Collective

Toda esta retórica da bioeconomia esconde um assalto às ancestrais economias de base biológica representadas por bilhões de pessoas com direitos pré-existentes sobre a terra e as águas costeiras onde cresce a biomassa. Seus sistemas de saberes e modos de vida são interdependentes com uma complexa série de organismos que nos sustentam a todos: a chamada “biomassa” (florestas, solos, plantas e micróbios), da qual esses povos e comunidades têm cuidado por milênios.

Para aqueles que já sofrem as consequências de sucessivas ondas industriais, a história da bioeconomia que chega será familiar. Ela é mais um assalto sobre os bens comuns que destruirá os recursos e territórios e a soberania de agricultores em pequena escala, camponeses, pescadores, pastores e povos indígenas, ou seja, aqueles que vêm preservando a biodiversidade e produzindo nosso alimento sem contribuir para o aquecimento global.

Esta nova bioeconomia, da forma como a entendem as empresas florestais, do agronegócio, de biotecnologia, de energia e químicas, acentua o processo de confinamento e degradação do mundo natural se apropriando de matéria vegetal para transformá-la em commodities industriais, engenheirando células de maneira que funcionem como fábricas industriais, e redefinindo e reformando ecossistemas para que forneçam ‘serviços’ de apoio à indústria.

O que é a biomassa?

No sentido literal, biomassa é uma medida de peso utilizada na ciência da ecologia. Refere-se à massa total de todas as coisas vivas (matéria orgânica) encontradas em um determinado local.¹² Os peixes, árvores, animais, bactérias e até mesmo os humanos são todos biomassa. Entretanto, mais recentemente, o termo é usado para se referir a material biológico não fossilizado, particularmente material vegetal que pode ser utilizado como matéria-prima para combustíveis ou para a produção de químicos industriais.¹³

De acordo com a Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), “a biomassa inclui matéria orgânica disponível e renovável, como florestas e resíduos de moagem, cultivos e resíduos agrícolas, madeira e seus resíduos, resíduos animais, resíduos da produção industrial de animais, plantas aquáticas, árvores e plantas de crescimento rápido, e a porção orgânica de resíduos municipais e de resíduos industriais relevantes.”¹⁴

Em um exame mais detalhado, o que os governos e a indústria consideram como ‘biomassa’ inclui pneus, lodo de esgoto, plásticos, madeira tratada, materiais de construção pintados e escombros de demolição, estrume de animais industriais, vísceras de operações de abatedouros e vacas incineradas.¹⁵

A bioeconomia, também conhecida como...

Neste relatório utilizamos os termos bioeconomia ou economia da biomassa. Apresentamos, aqui, alguns dos termos utilizados por outras instituições para se referir à visão industrial de transformar material biológico vivo em bens e serviços:

A economia de base biológica – OECD

Bioeconomia baseada no conhecimento (KBBE, por sua sigla em inglês) – União Europeia

Indústria da biorrefinação industrial – Fórum Econômico Mundial

Biocologia branca ou biotecnologia industrial – Organização da Indústria de Biotecnologia

A economia verde e serviços da biodiversidade – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)

A economia dos carboidratos – Instituto para a Autonomia Local (ILSR)

A revolução bioeconômica – Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento em Biomassa do governo dos EUA

As plantas, em particular, foram uma fonte de combustível e produção material por milênios, mas o novo uso do termo ‘biomassa’ assinala uma mudança industrial específica na relação da humanidade com as plantas. Ao contrário do termo ‘planta’, que indica um mundo taxonômico diverso, de variadas espécies e múltiplas variedades, o termo biomassa trata toda a matéria orgânica como se fosse a mesma “coisa de planta” indiferenciada.

Reposicionadas como biomassa, as plantas são semanticamente reduzidas a seus denominadores comuns de tal forma que, por exemplo, pastagens e florestas são comercialmente redefinidas como fontes de celulose e de carbono. Desse modo, a biomassa opera como um termo reducionista e antiecológico, tratando a matéria vegetal como uma commodity abundante e homogênea. Assim como os outros ‘bios’ (os biocombustíveis e a biotecnologia), o uso do termo biomassa para descrever coisas vivas acende o alarme de que há interesses industriais em jogo.

Celulose – O açúcar-maravilha

“O robusto carvalho e a imponente palmeira, o gramado que cobre a boa Terra, os líquens que vestem as rochas, até mesmo a minúscula alga que floresce no mar, todos estão fabricando celulose. Ela é a grande substância primária de todo o reino vegetal.”

– Williams Haynes, *Celulose: The Chemical that Grows*, 1953¹⁶

Se a fina camada de material vivo que cobre o planeta Terra fosse removida e reduzida aos componentes que a constituem, a maior parte do que se obteria é um açúcar verde chamado celulose. Ela é encontrada em todas as plantas, como também em alguns micróbios, na forma de longas cadeias de glicose em uma estrutura fibrosa ou, ocasionalmente, cristalina.¹⁷ Esse componente molecular comum está rapidamente se tornando o queridinho da indústria por quatro razões:

Abundância: A Terra produz cerca de 163 bilhões de toneladas de celulose a cada ano.¹⁸ Isso a torna o composto orgânico mais abundante sobre o planeta.

Energia: A celulose é a fonte principal de energia para a nutrição animal e a geração de calor para humanos (quando materiais vegetais são queimados).

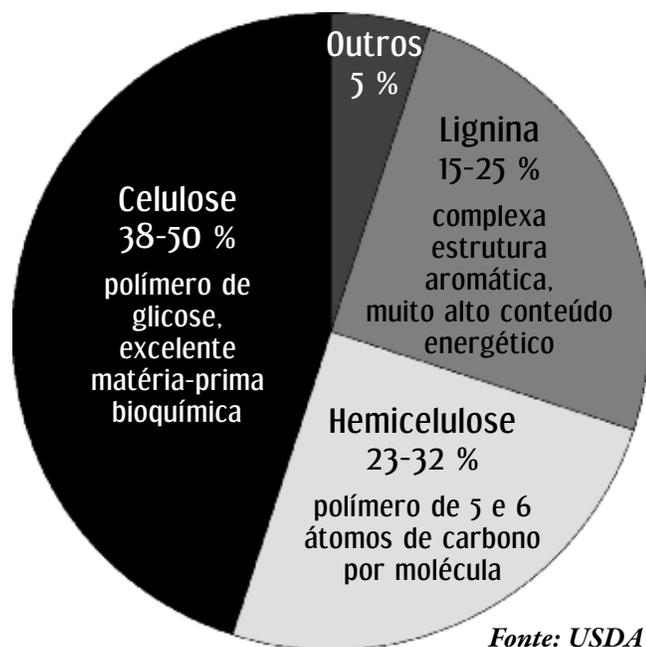
Flexibilidade: Muitos dos primeiros plásticos eram produzidos à base de celulose de plantas. A celulose pode ser modificada e funcionalizada quimicamente de diferentes formas para produzir novos polímeros, revestimentos, óleos e combustíveis.¹⁹ O trabalho recente também mostrou que nanofibras de celulose podem ser modificadas para apresentar propriedades inovadoras adicionais.²⁰

Celulose não é (necessariamente) alimento: Enquanto hortaliças e grãos têm um componente celulósico grande, os componentes não alimentares das plantas também o têm. Os defensores dos biocombustíveis argumentam que a celulose encontrada nos caules e folhas das plantas pode ser destinada ao uso industrial, enquanto as frutas ou grãos são deixados para o abastecimento alimentar.

Mas, apesar da celulose ser abundante, uma limitação significativa tem sido a dificuldade de separá-la de outros componentes das plantas (ver diagrama na página ao lado). Na maior parte das vezes, a celulose está ligada a uma matriz de compostos conhecidos como lignocelulose, a qual, por sua vez, é composta de lignina (uma substância dura, rica em carbono) e hemicelulose (uma mistura de outros açúcares).

Como os defensores da biomassa veem as plantas

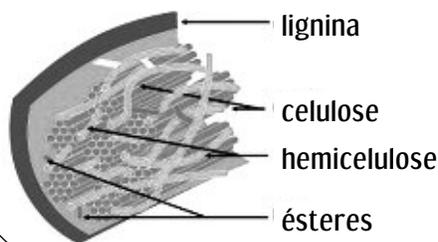
(a composição química típica da 'biomassa')



Para separar a celulose da lignina e reduzi-la a açúcares mais simples é necessário um processo de calor intenso ou a aplicação de químicos fortes ou enzimas, como as encontradas nos sistemas digestórios de vacas e cupins. A tarefa de separar industrialmente a celulose tornou-se agora uma das mais ativas áreas de pesquisa na ciência da energia e materiais.²¹

Lignocelulose:

Material lenhoso; uma emaranhada matriz de fibras de celulose, fibras de hemicelulose e lignina que é o principal componente da parte lenhosa das plantas.



Simplificando –

“Ainda é a economia do carbono, imbecil”

“É o conteúdo de carbono dessa biomassa e sua aplicabilidade para muitos usos que a torna a matéria-prima preciosa do futuro.”

– Energy Matters, Informativo do Programa de Tecnologias Industriais do Departamento de Energia dos EUA, Verão de 2010

“A base para uma bioeconomia é a geração de carbono utilizando recursos renováveis, como cultivos e outros tipos de biomassa, em vez de depender de carbono não renovável baseado em petróleo.”

– Georg Anderl, presidente da Associação para o Desenvolvimento BIOWA, 2004²²

Numa era de reservas de petróleo cada vez mais restritas, não é de surpreender a excitação comercial relativa à celulose como uma nova fonte “não convencional” de carbono. As companhias envolvidas com biocombustíveis e biomateriais geralmente se referem a plantas simplesmente como uma fonte de moléculas de carbono, deixando invisíveis seus outros componentes e funções. O balanço das reservas globais de carbono pelas companhias de energia revela que os bilhões de toneladas de carbono presos nos estoques globais de biomassa ultrapassam de longe as reservas conhecidas de petróleo e gás natural, equiparam-se com xisto e areias de alcatrão combinados, e só são superados pelos depósitos de carvão.

Em nível global, os estoques recuperáveis de carbono contidos em todos os combustíveis fósseis são estimados em 1,1 trilhão de toneladas,²³ enquanto a biomassa contém aproximadamente a metade dessa quantidade de carbono (503 bilhões de toneladas – ver o gráfico Quanto carbono?, na página seguinte). Como destaca a analista comercial de biocombustíveis Rosalie Lober, “os biocombustíveis são jazidas de petróleo na superfície, um tipo diferente de reservas verificadas.”²⁴

Geopoliticando – Está tudo no Sul

“Se olharmos uma foto do globo terrestre... é muito fácil ver onde estão as partes verdes, e esses são os lugares onde se poderiam, talvez idealmente, cultivar matérias-primas.”

– Steven Koonin, subsecretário para Ciência do Departamento de Energia dos EUA e ex-chefe de pesquisa na BP, 2009²⁵

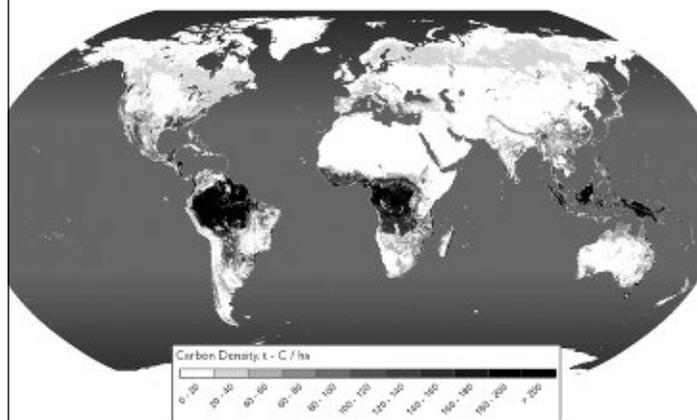
“É provável que surja uma nova divisão internacional do trabalho na agricultura, entre países com grandes áreas de terra arável – e, portanto, prováveis exportadores de biomassa ou seus derivados densificados – e aqueles países com áreas menores de terra arável (isto é, importadores de biomassa, como a Holanda). Há expectativas de que os maiores centros exportadores de biomassa sejam o Brasil, a África e a América do Norte.”

– Fórum Econômico Mundial²⁶

Apesar do planeta parecer verde e rico em biomassa quando visto do espaço, o segredinho sujo da economia da biomassa é que – assim como as reservas de carbono fossilizado (petróleo, carvão, gás natural) – as reservas de carbono vivo não estão equitativamente distribuídas. Em termos mundiais, estima-se que a vegetação terrestre armazene uns 500 bilhões de toneladas de carbono. Entretanto, 86% disso (430 bilhões de toneladas) está armazenado nos trópicos e subtropicais, enquanto as ecorregiões boreais e temperadas armazenam somente 34 bilhões de toneladas e 33 bilhões de toneladas respectivamente.²⁷

Onde está a biomassa?

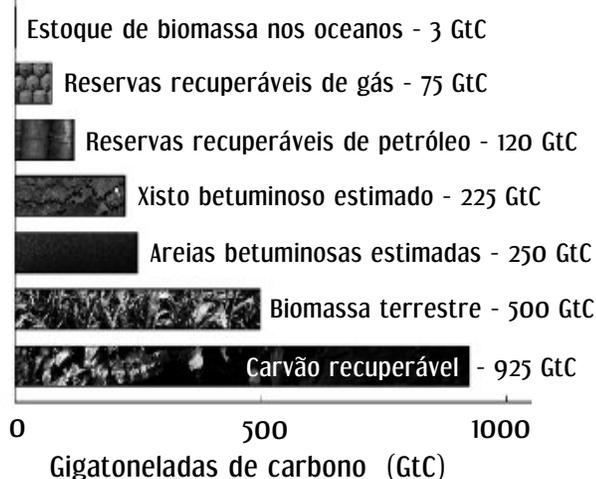
Densidade de carbono da biomassa superficial e subterrânea



Fonte: http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/global_carbon/FINAL_DATASETS.jpg

Quanto carbono?

Estoques globais estimados de carbono 'recuperável'



Fontes: Dr. Jeff Sirola (Instituto Americano de Engenheiros Químicos), Mark Maslin e IPCC

Os trópicos são também onde a biomassa se renova mais rapidamente e onde a biomassa marinha, principalmente o fitoplâncton, é mais produtiva.²⁸

Não por acaso, essas áreas do planeta onde há maior concentração de biomassa já estão atraindo o interesse de companhias que querem produzir biocombustíveis, químicos de base biológica e bioeletricidade. O Brasil, em particular, presenciou um aumento maciço em investimentos dirigidos à bioeconomia. De fato, o Fórum Econômico Mundial sugeriu que “deve surgir uma nova divisão internacional do trabalho na agricultura” entre países tropicais produtores de biomassa e países do Norte – embora não esteja claro o que há de tão novo nessa divisão do trabalho.²⁹

A indústria se deu conta de que “geografia é destino”, diz Mark Büniger, que acompanha a bioeconomia como diretor de pesquisa na Lux Research. Büniger explicou a Antonio Regalado, da publicação Technology Review, que “apenas poucos lugares no planeta têm a chuva, o sol e a extensão territorial necessários para produzir biocombustíveis na escala e preço que podem ter um impacto real”.³⁰ Assim, enquanto o Brasil está em primeiro lugar, a África Subsaariana é um segundo lugar bem próximo, o que se evidencia na corrida pela grilagem legalizada de terras e no crescente interesse em plantar cana-de-açúcar na região.³¹

A extração de biomassa

– Um saqueio global

Em curto prazo, as nações com áreas significativas de florestas remanescentes e áreas crescentes de monocultivos de árvores (Brasil, Estados Unidos, Indonésia, Canadá, Rússia e nações da África Central) competirão entre si para se estabelecer como “a Arábia Saudita da biomassa”.³³ Com o tempo, entretanto, os ecossistemas agrícolas, as pradarias, os desertos e os ecossistemas oceânicos também se converterão, de forma crescente, em alvos do assalto global sobre a biomassa. Cada um desses ecossistemas tem vantagens como uma fonte de biomassa. Apesar de os senhores da biomassa alegarem que um dia serão capazes de usar qualquer biomassa disponível, hoje eles estão visando as mesmas plantas que já são exploradas pela agricultura e silvicultura industriais – milho, cana-de-açúcar, soja e espécies de árvores de rápido crescimento, como eucalipto, álamo, dendê e pinus.

Florestas naturais

As florestas naturais, que constituem o maior repositório que existe de biomassa terrestre, estão sofrendo a maior parte da pressão imediata da nova extração de biomassa. Embora as florestas tenham sido reduzidas durante séculos por práticas insustentáveis de corte, elas ainda alojam milhões de indígenas, alguns dos mais diversificados ecossistemas do planeta, e têm um papel crucial na regulação do clima.

Com o passar do tempo, os custos políticos e sociais da remoção de biomassa das florestas naturais remanescentes no mundo podem se revelar demasiado elevados para sustentar uma indústria da biomassa que depende dela. A mudança climática já está criando uma enorme pressão sobre os ecossistemas florestais, de forma que qualquer volume de remoção de biomassa aumentará o risco de incêndios, de pragas e de saturação do solo, entre outras consequências negativas.³⁴

Plantações

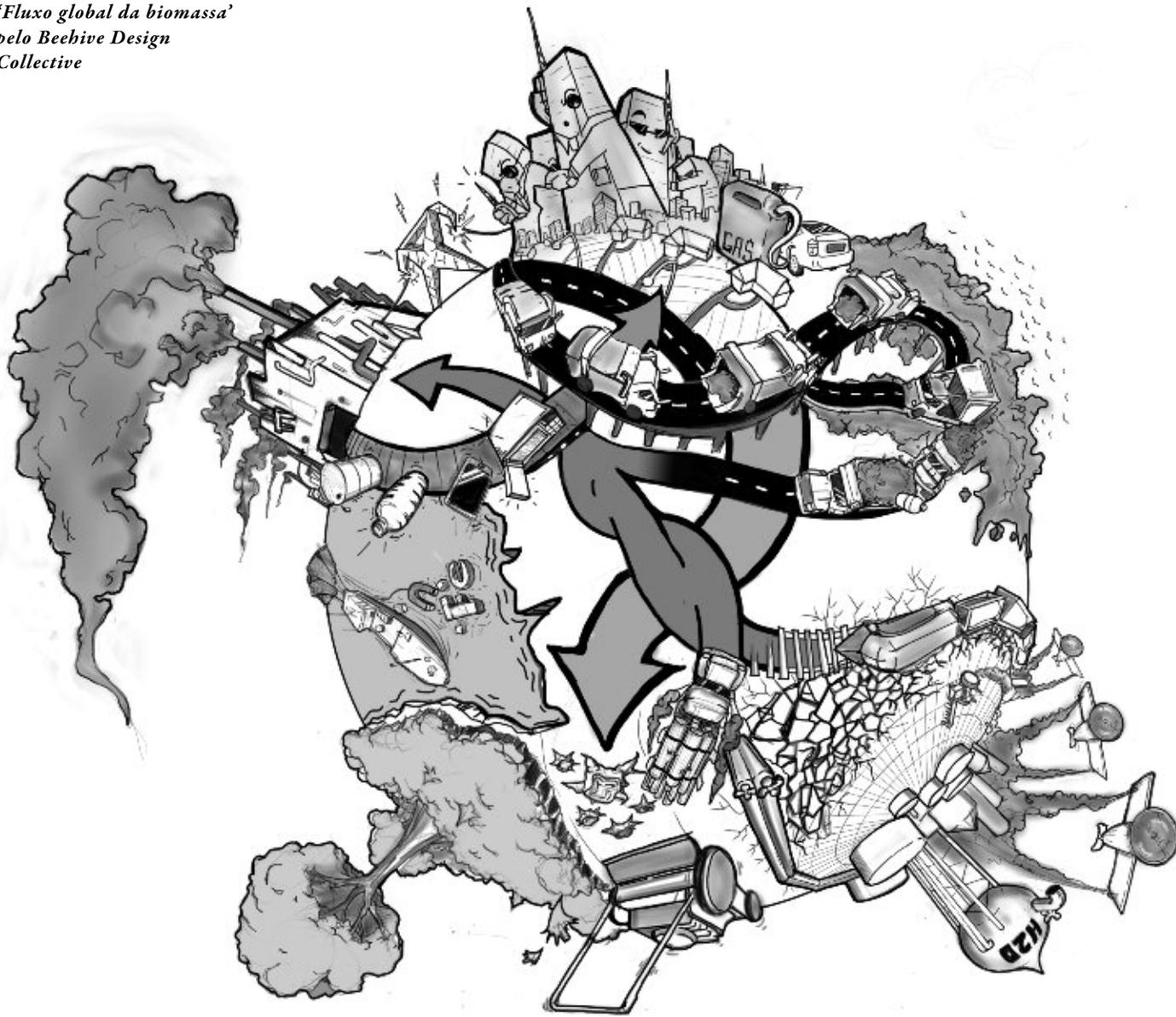
As plantações de monocultivos de árvores de rápido crescimento ricas em celulose, como eucalipto, álamo e pinus, ou de árvores produtoras de óleo, como o dendê e o pinhão manso, já estão proliferando, particularmente no Sul global, com frequência em terras onde antes havia florestas. Desde 1980, as plantações florestais tropicais se expandiram em quase cinco vezes,³⁵ e a procura por biomassa está acelerando essa tendência. Em grande parte privados, com valor mínimo em termos de biodiversidade e impactos negativos relevantes sobre a água e os solos, os monocultivos de árvores e agrícolas serão a principal fonte de biomassa para uso industrial nas próximas décadas, desmantelando comunidades e ecossistemas, alimentando lutas por terras e água e aumentando a iniquidade. A indústria florestal gosta de fingir que tais plantações deveriam ser classificadas como florestas; entretanto, plantações de árvores em monocultivo, em termos ecológicos, têm muito pouca semelhança com florestas naturais.

*“Enquanto
olhávamos para o mundo
e olhávamos onde estava a
biomassa de custos mais baixos e
maior escala, descobrimos que o Brasil
realmente era a Arábia Saudita dos
renováveis.”*

– John Melo, diretor executivo da
Amyris Biotechnologies,
Inc.³²

Ecossistemas agrícolas

O assalto mais organizado e eficiente sobre a biomassa do planeta é representado pelo 1,5 bilhão de hectares de cultivos de alimentos e fibras.³⁶ Existem razões óbvias de preocupação se o propósito primário da agricultura for deslocado da produção de alimentos para a produção de materiais e energia. Mas a indústria vê os ecossistemas agrícolas como atraentes fontes de biomassa, porque eles já são bem projetados para a colheita, armazenamento e transporte para o mercado. Na agricultura, o objetivo em curto prazo para os mercados de biomassa será a apropriação de “resíduos” dos cultivos comerciais, tais como palhada de milho e de arroz e casca de trigo e de algodão, bem como a introdução de gramíneas celulósicas de rápido crescimento, como bambu, *Switchgrass* e *Miscanthus*. Infelizmente, a remoção de resíduos vegetais das lavouras terá efeitos prejudiciais significativos sobre os solos agrícolas; as gramíneas de rápido crescimento poderiam aumentar o uso de água e se tornar invasoras. Enquanto isso, a pressão para submeter os solos nobres à produção de biomassa irá erodir ainda mais a soberania alimentar e as medidas de conservação.



Pastagens

Apesar do uso comercial de pradarias, pastagens e campos ter-se limitado principalmente a alimentar animais de pastoreio, a procura por biomassa está introduzindo um novo mercado para essas terras. O corte regular de pastagens diversificadas que normalmente requerem baixo uso de insumos para a produção de feno foi proposto como uma solução ecológica para a extração de biomassa que iria, supostamente, manter a biodiversidade nativa *in situ*.

Mas a suposição de que áreas de pradarias podem continuar biodiversas sob tais condições de manejo é contestada, assim como o é o potencial para gerar qualquer ganho real de energia.³⁷ Entretanto, à medida que se intensifica a busca por novas fontes de biomassa, as pastagens podem se tornar um fator de importância crescente na equação ou se converter cada vez mais em monocultivos agrícolas ou de árvores – com impactos sobre a produção de animais, os direitos de pastoreio e a biodiversidade.

Ecossistemas marinhos

As algas e a vegetação marinhas nos oceanos do mundo são responsáveis por quase a metade da produção global anual de biomassa (48,5%), que até agora foi difícil de acessar para usos industriais ou para a produção de alimentos.³⁸ Assim, os oceanos representam um enorme recurso inexplorado, e a procura por biomassa irá inevitavelmente ter um impacto sobre os ecossistemas marinhos.

O atual cultivo industrial de algas e vegetação marinhas é em pequena escala se comparado com a vastidão dos recursos disponíveis. É difícil operar nos oceanos, e eles estão amplamente sob regimes de governança comum, de forma que a extração de uma quantidade maior da biomassa oceânica existente ou a ampliação da maricultura de algas podem exigir novas tecnologias e, possivelmente, novos acordos jurídicos internacionais.

No curto prazo, o cultivo de algas muito provavelmente se expandirá em terra firme, particularmente em tanques no deserto. Entretanto, as companhias já estão experimentando com a colheita de algas silvestres nas baías e áreas costeiras para a produção de combustível e químicos (por exemplo, Blue Marble, Seattle, EUA).³⁹ Outras estão testando o cultivo de algas em fazendas ao largo da costa e o “corte” de algas no leito marinho.

Desertos e áreas úmidas

Apesar de não serem o alvo imediato para a extração de biomassa, os desertos, áreas úmidas e outras terras classificadas como ‘marginais’ se encontram sob pressão à medida que a necessidade de abastecimento de biomassa altera o uso da terra, e outras atividades humanas, como assentamentos, estão sendo movidas para esses ecossistemas mais remotos e mais frágeis. Os desertos e terras áridas, em virtude da ampla disponibilidade de luz solar, já estão sendo alvos para a produção em grande escala de algas em tanques e estufas e podem muito bem ser plantados com novas variedades de gramíneas e cultivos engenheirados para ser tolerantes à seca. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de variedades de cultivos tolerantes à salinidade pode também invadir ecossistemas úmidos.

De volta para o futuro? Carboidratos versus hidrocarbonetos. . .

Do craqueamento do petróleo ao hackeamento de plantas

Os promotores da economia da biomassa gostam de falar de uma mudança que está chegando, de uma economia de hidrocarbonetos (baseada em combustíveis fósseis) para uma economia de carboidratos (baseada em plantas).

Quimicamente falando, a diferença entre um hidrocarboneto e um carboidrato se reduz a alguns átomos de oxigênio. Os

carboidratos são açúcares compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio e são considerados matéria orgânica. Os hidrocarbonetos, diferentemente, são compostos somente de hidrogênio e carbono e são classificados como minerais.

Mas, em termos históricos (e, inclusive, na perspectiva atual das comunidades locais e indígenas), são os carboidratos das plantas que primam por assegurar a satisfação das necessidades humanas. Tão recentemente como na década de 1820, a população dos Estados Unidos consumia duas toneladas de vegetais para cada tonelada de minerais como matéria-prima para corantes, substâncias químicas,

tintas, solventes e inclusive energia. Pelos anos 1920, a relação tinha se invertido, e, em meados dos anos 1970, os norte-americanos consumiam 8 toneladas de minerais para cada tonelada de carboidratos de plantas.⁴¹ Dois fatores possibilitaram essa mudança mais recente:

- A maior densidade energética dos combustíveis fósseis: meia tonelada de carvão contém a mesma quantidade de energia que duas toneladas de madeira verde. O carvão e, mais tarde, o petróleo (o qual é ainda mais denso e mais fácil de transportar) assumiram o controle como os combustíveis preferidos para a revolução industrial.⁴²
- O sucesso da petroquímica: os pioneiros da química sintética aprenderam a transformar alcatrão de carvão em lucrativos corantes e, finalmente, a ‘craquear’ o petróleo em muitas moléculas que podiam ser refinadas em combustíveis, ceras, explosivos, agrotóxicos, plásticos, tintas, fármacos, cosméticos, têxteis, borracha, gasolina, asfalto e muito mais.⁴³

“Um terço da terra mundial não é arável; 11% são utilizados para o plantio de cereais e outros cultivos, e 55% são de pastagens, pradarias, savanas e florestas. Parece que há terra de sobra.”

– Steven Koonin, subsecretário para Ciência do Departamento de Energia dos EUA e ex-chefe de pesquisa da BP, sobre encontrar terras para os cultivos de biomassa, 2008⁴⁰

Hoje, contudo, os mercados voláteis, o potencial de lucro dos mercados de carbono, o desenvolvimento de novas tecnologias e as preocupações com o pico do petróleo [esgotamento] estão ajudando a estimular um retorno ao uso de biomassa viva. Em particular, assim como no século XIX os desenvolvimentos na química sintética tornaram possível a economia dos hidrocarbonetos, hoje a inovação na biologia sintética permite às companhias atualizar a economia dos hidrocarbonetos para incluir matérias-primas de carboidratos.

Vendendo a mudança

A análise do Grupo ETC indica que o que está realmente impulsionando o investimento na nova bioeconomia é o bom e velho oportunismo capitalista. Contudo, os proponentes estão cheios de novas roupagens para disfarçar seu velho estilo imperialista. A seguir se expõem apenas algumas das alegações comumente utilizadas para justificar a nova apropriação da biomassa.

1. Doces sonhos : a economia dos carboidratos

A expressão “economia dos carboidratos” foi originalmente cunhada por ativistas do Instituto para a Autonomia Local (ILSR, por sua sigla em inglês), os quais, no início dos anos 1990, descreveram uma visão sobre produzir químicos e materiais industriais com base em plantas em vez de petróleo.⁴⁴ Seu interesse em materiais vegetais (isto é, biomateriais) derivava da esperança de que tais materiais pudessem ser projetados para se degradar melhor no ambiente, ao contrário da maioria dos plásticos baseados em petróleo.

2. Verdes sonhos : recursos ‘renováveis’ e a economia do hidrogênio

A biomassa foi incluída de forma consistente nas descrições e definições do que constitui um recurso renovável, já que, teoricamente, plantas e árvores crescem novamente depois da colheita. A biomassa é também, ocasionalmente, descrita como uma forma de energia solar, uma vez que plantas tiram sua energia do sol (ver página 29, “A biomassa é realmente renovável?”). A biomassa também é vista como um recurso chave para desenvolver uma outra visão ‘verde’, a noção de uma ‘economia do hidrogênio’, já que o hidrogênio também pode ser extraído de plantas.

3. Sonhos refrescantes : a economia neutra em carbono

A atual urgência para tratar do problema da mudança climática induzida pelas atividades humanas colocou a biomassa no centro das políticas energéticas dos governos. Já que as plantas conseguem sequestrar dióxido de carbono da atmosfera, os formuladores de políticas consideraram a matéria vegetal como matéria-prima ‘neutra em carbono’ para a produção de energia, argumentando que qualquer emissão liberada na produção de bioenergia é ressequestrada com o replantio (ver página 21, “O mito do carbono neutro”). Em 2008, a Agência Internacional de Energia (IEA, por sua sigla em inglês) calculou que a energia derivada de biomassa representou 77% da produção global de energia “renovável”.⁴⁵

4. Sonhos patrióticos : independência energética

Pelo menos nos EUA, a ideia de uma bioeconomia nacional tem forte apelo popular como um baluarte patriótico contra o terrorismo e as guerras pelo petróleo. Através da “redução da dependência de petróleo estrangeiro”, prossegue a ladainha, os biocombustíveis e os bioplásticos reforçam a soberania nacional ao mesmo tempo que retiram os fundos dos estados petrolíferos extremistas. Essa noção atravessa todas as orientações políticas, penetrando o sentimento antibélico da esquerda e o ufanismo e temores relacionados com segurança da direita.

Definições:

Carboidratos: açúcares e amidos; moléculas orgânicas compostas principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio encontradas em material de plantas vivas. O carboidrato mais abundante é a celulose.

Hidrocarboneto: mineral rico em carbono; uma mistura de carbono e hidrogênio, o termo é frequentemente utilizado para descrever matérias-primas fósseis como carvão, petróleo e metano (embora haja hidrocarbonetos que não são combustíveis fósseis).

5. Sonhos de saltar à frente : desenvolvimento limpo e o movimento pelos ‘empregos verdes’

Como ajudar que as economias mais pobres se ‘desenvolvam’ e, ao mesmo tempo, evitar as indústrias sujas e o consumo de recursos típicos do mundo desenvolvido? Esse é o suposto dilema que os defensores de um ‘salto ambiental’ pretendem resolver através do uso de novas tecnologias para criar um desenvolvimento mais limpo, mais verde. No âmbito da ONU, essa ideia tomou forma na visão de ‘economia verde’ do PNUMA (ver página 26, “A economia verde”). Enquanto isso, um movimento emergente por ‘empregos verdes’ argumenta que as tecnologias verdes da bioeconomia podem resgatar a força de trabalho industrial estagnada da América do Norte e da Europa.

Uma apropriação, não uma mudança

Atribuir o aumento recente da bioeconomia e o interesse crescente na biomassa apenas a uma consciência de mentalidade verde ou nacionalista é supor erroneamente que os dirigentes das grandes corporações e das economias da OECD são movidos por tais preocupações. Assim como ocorreu nas transições industriais anteriores, o que está por trás da corrida pela biomassa não são altos ideais, mas o interesse calculado do lucro final corporativo. Longe de ser uma mudança para uma nova economia, a transição para a biomassa descreve a nova versão da mesma velha economia de produção, consumo, acumulação de capital e exploração – agora saqueando uma nova fonte de carbono para manter as máquinas industriais em movimento.

Em termos econômicos, o efeito de transformar celulose e outros açúcares em matérias-primas viáveis para combustíveis, substâncias químicas e eletricidade significa atribuir potencial de lucro a gramíneas, algas marinhas e ramas anteriormente não lucrativas. De forma ainda mais significativa, qualquer terreno ou corpo de água que possa sustentar plantas ricas em celulose adquire um maior valor por ser uma fonte potencial de biomassa, um fato que já está acelerando a grilagem legalizada de terras global que se iniciou originalmente com o propósito de assegurar o abastecimento de alimentos. Se o golpe da biomassa tiver sucesso, então as tecnologias de transformação da biomassa (especialmente a nanotecnologia, a biotecnologia e a biologia sintética) se tornam importantes chaves para extrair valor, e promover as indústrias que as controlam.

Não é coincidência nenhuma que os mais fiéis proponentes da economia da biomassa na década passada não tenham sido ONGs ambientalistas, mas grandes corporações da biotecnologia, química, florestamento e agronegócio.

6. Sonhos tecnológicos : tecnologias convergentes e ‘tecnologia limpa’

A expressão ‘tecnologias convergentes’ refere-se ao modo como campos tecnológicos aparentemente distintos como a nanotecnologia, a biotecnologia, a tecnologia da informação e a robótica podem se combinar para criar uma poderosa plataforma tecnológica híbrida. Nos círculos políticos científicos europeus, propõe-se que as tecnologias convergentes poderiam ser direcionadas principalmente para aplicações ‘sustentáveis’ como a bionergia e ‘tecnologias climáticas’ para impulsionar o crescimento econômico.⁴⁶

Os principais cientistas e capitalistas de risco nos Estados Unidos batizaram essa próxima onda de tecnologias ambientais de ‘tecnologias limpas’ – uma área multibilionária de investimentos que inclui biocombustíveis, bioenergia, bioplásticos e, em geral, a maior parte dos materiais de base biológica, bem como as tecnologias subjacentes que a possibilitam, como a biologia sintética e a nanotecnologia.

Contabilizando a economia da biomassa

A transformação de palha (e outras formas de celulose) em dinheiro não é algo novo. Um relatório de 2008 do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) indica que, em termos mundiais, anualmente já são produzidos derivados de biomassa no valor de mais de 400 bilhões de dólares, incluindo polpa e papel, madeira serrada, tintas, graxas e lubrificantes.⁴⁷ A única estimativa combinada disponível publicamente de quanto dinheiro se pode fazer com os novos mercados de base biológica (energia, químicos, plásticos, combustíveis e outros mercados associados) é do Fórum Econômico Mundial, que estima um mercado de 300 bilhões de dólares em 2020.⁴⁸ No entanto, os exemplos de previsões mostrados a seguir totalizam cerca de meio trilhão de dólares em 2020, e é possível que as cifras sejam ainda maiores.

Eletricidade de biomassa – De acordo com a Pike Research, o valor do mercado de eletricidade gerada a partir de biomassa nos Estados Unidos aumentará gradualmente para 53 bilhões de dólares até 2020, partindo de aproximadamente 45 bilhões de dólares em 2010.⁴⁹ O Fórum Econômico Mundial coloca o valor global combinado de aquecimento e energia de biomassa em 65 bilhões de dólares até 2020.⁵⁰

Combustíveis de biomassa – A Pike Research afirma que os mercados de biodiesel e etanol somam vendas de 76 bilhões de dólares em 2010, e que essa cifra deve subir para 247 bilhões de dólares até 2020. O mercado global total de biocombustíveis poderia ultrapassar 280 bilhões de dólares até 2022.⁵¹

Biomassa e produtos químicos de base biológica – Em 2005, a McKinsey & Company estimou que materiais e produtos de base biológica (por exemplo, bioplásticos, químicos bioderivados e químicos refinados por meio de biotecnologia) responderam por 7%, equivalentes a 77 bilhões de dólares, das vendas globais do setor químico.⁵² Até 2008, o valor tinha aumentado para 170 bilhões de dólares, e previa-se que alcançaria 513 bilhões até 2020.⁵³ Uma estimativa de 2008 do USDA (baseado nas cifras de 2006) previu que químicos de base biológica responderiam por 22% de todas as vendas da indústria química até 2025.⁵⁴ Essas cifras, entretanto, não fazem distinção entre as substâncias químicas derivadas da biomassa e a produção através de processos biotecnológicos. Um estudo de Frost & Sullivan, de março de 2009, identificou que o faturamento do mercado global de substâncias químicas biorrenováveis (isto é, químicos produzidos a partir de biomassa ao invés de petróleo) atingiu apenas 1,63 bilhões de dólares em 2008 (apenas 4% das vendas), mas pode alcançar 5,01 bilhões de dólares até 2015.⁵⁵

O Fórum Econômico Mundial relata que as substâncias químicas de base biológica devem aumentar sua participação na produção total de químicos para cerca de 9% de todos os químicos até 2020, citando uma cifra de 6 bilhões de dólares.⁵⁶ De acordo com uma análise otimista da Helmut Kaiser Consultancy, os bioplásticos já respondem por 10-15% do mercado total de plásticos e poderiam aumentar sua fatia de mercado para 25-30% até 2020.⁵⁷

O elefante branco da biomassa – Uma conclusão inevitável ao se analisar a economia da biomassa é que, nesta etapa, seus mais agressivos promotores são, em particular, governos que alocam bilhões de dólares para subsidiar a produção de biocombustíveis. Pesquisas do Banco Mundial e da Iniciativa Global sobre Subsídios (GSI, por sua sigla em inglês) sugerem que os subsídios governamentais anuais para biocombustíveis excedem, atualmente, os 15 bilhões de dólares e poderiam subir para mais de 50 bilhões de dólares até 2020.⁵⁸ “Para os próximos anos, parece que os governos sinalizaram que o céu é o limite”, explica Simon Upton, diretor da GSI. De acordo com o Banco Mundial, 24 países têm metas obrigatórias para a produção de biocombustíveis, enquanto 12 países e mais a União Europeia oferecem isenções fiscais e créditos para a produção e utilização de biocombustíveis.⁵⁹

Investimentos em (bio)massa – A emergente indústria da biomassa colocou a si própria numa posição privilegiada para investimentos de capital de risco – a chamada ‘tecnologia limpa’. Um estudo da Lux Research de mais de 100 investimentos de capital de risco no setor de biociências documentou um incremento significativo em acordos de investimento em bioenergia quando o governo dos EUA fixou metas obrigatórias para o etanol em 2005.⁶⁰

Entre 1998 e 2008, pelo menos 4,17 bilhões de dólares de capital de risco fluíram para esse setor. Muitas das principais empresas de capital de risco dos EUA que tinham financiado o boom das empresas da Internet mudaram para “tecnologias ambientalmente amigáveis”, principalmente a energia solar e biocombustíveis.⁶¹ A Draper Fisher Jurvetson, do Vale do Silício, que originalmente financiou o Skype e o Hotmail, estava entre os primeiros investidores em biologia sintética, provendo capital inicial para a Synthetic Genomics, Inc., de Craig Venter (dedicada principalmente aos biocombustíveis).

Dizem que outro investidor de risco do Vale do Silício, a Kleiner Perkins Caufield & Byers, cujos sucessos anteriores incluem o Google, AOL, Amazon.com e Sun Microsystems, tinha patrocinado cinco empresas diferentes de biocombustível celulósico até 2008,⁶² aconselhada pelos ilustres Al Gore e Bill Joy. Enquanto isso, o ex-parceiro comercial de Bill Joy, Vinod Khosla, da Khosla Ventures, é apelidado de “o barão dos biocombustíveis” por financiar mais de uma dúzia de companhias *start-up* de biocombustíveis, a maioria de produção de etanol, das quais pelo menos cinco são companhias de biologia sintética.

De acordo com dados da Rede sobre Políticas em Energias Renováveis para o Século XXI (REN21, por sua sigla em inglês), os biocombustíveis receberam 19,6 bilhões de dólares de ativos financeiros em 2007, mas o financiamento caiu para 15,4 bilhões de dólares em 2008 e despencou para apenas 5,6 bilhões de dólares em 2009. Entretanto, a REN21 vê uma reversão na tendência, com grandes investimentos hoje em andamento para biocombustíveis no Brasil. Ao mesmo tempo, investimentos privados em projetos de bioeletricidade subiram de 9 bilhões de dólares em 2008 para 10,4 bilhões de dólares em 2009.⁶³

Bioenergia: é energia produzida a partir da biomassa. Refere-se a qualquer processo que transforma material biológico em energia, incluindo a produção e uso de biocombustíveis, a geração de eletricidade a partir de biomassa e a biomassa usada para aquecimento e cozimento.

Onde está o dinheiro na economia da biomassa?

Projeção em 2010 de faturamentos globais na cadeia produtiva da biomassa

Fonte: O Fórum Econômico Mundial prevê que a economia da biomassa valerá 295 bilhões de dólares até 2020 (valores por setor, em bilhões de dólares).⁶⁴



“E se recolhêssemos a metade da palhada de milho das lavouras [do estado de Iowa, EUA], deixando a outra metade para o controle de erosão. Quanto teríamos a cada ano? O número chega a 22 milhões de toneladas. Se transformarmos 22 milhões de toneladas em 4,4 centavos de dólar por kg, isso é um bilhão de dólares. E se pudéssemos mover isso mais para cima na cadeia de valor e pegar esses 22 milhões de toneladas e fazê-las valer tanto quanto um agriplástico, de cerca de 3,3 dólares por kg? Então, estamos falando de adicionar 72 bilhões de dólares à economia do estado. Estamos, simplesmente, quase dobrando a economia do estado.”

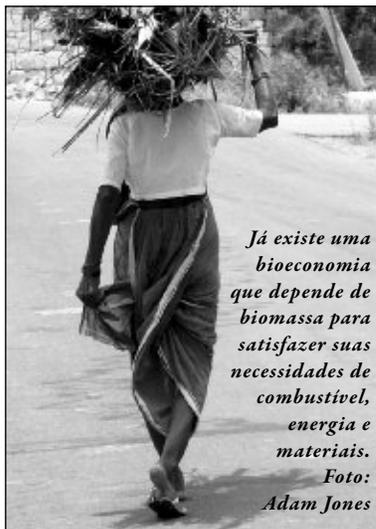
– Floyd Barwig, diretor do Iowa Energy Center, 2004⁶⁵

A biomassa de quem? Uma fábula de duas bioeconomias

Os pregadores da nova bioeconomia gostam de pintá-la como um retorno a uma economia antiga, sustentável, na qual a civilização humana contava com a generosidade natural do presente ao invés de roubar dos depósitos minerais do passado. Mas, enquanto a economia global como um todo pode ter feito um desvio de um século de duração daquela economia de base biológica, bilhões de pessoas não o fizeram. Elas – isto é, camponeses, povos indígenas, pastores, pescadores, habitantes das florestas e outras comunidades tradicionais – permaneceram independentes da economia dos hidrocarbonetos. Contudo, à medida que a mudança climática se acelera, elas estão pagando o preço disso...

- Dois séculos após a revolução industrial ter começado a queimar carvão, três bilhões de pessoas, dois terços das quais vivem no Sul global, ainda dependem da lenha como fonte primária de combustível para cozinhar e para aquecimento.⁶⁶
- Cento e trinta anos depois de Edison tornar possível a distribuição de energia, 1,6 bilhões de pessoas não têm acesso a eletricidade, seja ela produzida por carvão, vento, água ou lascas de madeira.⁶⁷
- Cento e quarenta anos depois de Siegfried Marcus acoplar pela primeira vez um motor de combustão a um veículo, 2 bilhões de pessoas ainda dependem de animais como sua fonte principal de energia para a agricultura e o transporte. Na realidade, a metade das terras agrícolas no Sul global é trabalhada exclusivamente por animais.⁶⁸

Essas economias baseadas na biodiversidade dependem exatamente dos mesmos recursos naturais (plantas, terra, água, produtos animais) que a nova bioeconomia pretende tomar para converter em produtos químicos industriais e energia. Além disso, a assim chamada ‘biomassa’ de que a indústria pretende se apossar não somente já é utilizada como um recurso por essas comunidades, mas também está profundamente interconectada com suas culturas e sistemas de conhecimento.



Já existe uma bioeconomia que depende de biomassa para satisfazer suas necessidades de combustível, energia e materiais.

Foto: Adam Jones

Terras marginais para lucros estratosféricos

Os promotores da biomassa referem-se a terras “marginais”, “improdutivas”, “ociosas”, “degradadas”, “abandonadas” e “baldias” como os alvos para extração de biomassa, argumentando que estão disponíveis, em todo o mundo, cerca de 500 milhões de hectares de terras abandonadas ou marginais nas quais se podem plantar cultivos para biomassa.⁶⁹ Tais argumentos parecem ser baseados em dados de satélites mostrando áreas que antes eram terras de cultivo. Entretanto, uma olhada mais de

perto, do nível do solo, nessas “terras marginais” revela que, frequentemente, é nelas onde subsistem populações marginalizadas. Longe de estarem ‘abandonadas’ ou ‘degradadas’, elas têm usos que são simplesmente invisíveis para um sistema que unicamente reconhece a propriedade privada e a agricultura industrial (e faz suas avaliações a partir do espaço sideral).

Como explica uma coalizão de organizações da sociedade civil numa investigação sobre o mito das terras marginais: “Existem comunidades que usam essas terras ricas em biodiversidade para produzir seus alimentos, obter renda, para pastoreio e medicina. Elas reclamam da negação de sua existência e nem sempre concordam que a conversão de suas terras para a produção de agrocombustíveis trará benefícios de ‘desenvolvimento.’”⁷⁰ Um estudo de Gören Berndes, que revisou 17 estudos de viabilidade de bioenergia, revelou que “terras identificadas como degradadas são, frequentemente, a base de subsistência para populações rurais.”⁷¹

Por exemplo, terras com cobertura de gramíneas são descritas como “ociosas” mesmo quando são fonte de subsistência para pastores e nômades que necessitam uma extensa área de pastoreio para manter um impacto leve sobre ecossistemas delicados. Jonathan Davies, coordenador global da World Initiative for Sustainable Pastoralism, com sede em Nairobi, Quênia, comenta, “Essas terras marginais não existem na escala que as pessoas acreditam.

“A terra mais apta para a geração de biomassa (América Latina e África Subsaariana) é a que está menos utilizada.”

– Apresentação de Steven Chu (atual Secretário de Estado para Energia dos EUA) na Asia Pacific Partnership Conference, Berkeley, EUA, 19 de abril de 2006

A grilagem legal de terras: é a atual corrida para comprar terras no Sul global. Os últimos anos testemunharam um enorme aumento no número de transações de compra ou arrendamento de terras agrícolas nos trópicos por investidores e países do Norte. O termo [*land grab*, em inglês, ou *acaparamiento de tierras*, em espanhol] foi cunhado pelo GRAIN, uma organização da sociedade civil.

Na África, a maior parte das terras em questão são ativamente manejadas por pastores, caçadores-coletores e, algumas vezes, agricultores que dependem do regime de chuvas.⁷² Davies continua: “Dada a atual arrogância com que se encara a apropriação de terras, ou o desrespeito aos direitos sobre a terra das populações rurais em muitos países, é inevitável que a produção de agrocombustíveis seja feita por grandes investidores à custa das comunidades locais.”

É perturbador que, longe de serem um descuido inocente, a negação dos direitos de pequenos agricultores e pastores e a grilagem legal de suas terras pareçam fazer parte do plano. Por exemplo, um relatório de 2004 de importantes pesquisadores europeus observou que o grosso do potencial de biocombustíveis vem de terras de pastoreio, e afirmou que, “um pré-requisito para o potencial de bionergia em todas as regiões é ... que os atuais sistemas de manejo agrícola ineficientes e pouco intensivos sejam substituídos em 2050 pelas melhores práticas de sistemas e tecnologias de manejo agrícola”.⁷³



Ilustração: Beehive Collective

Em outras palavras, “removam o campesinato”. De fato, o que fica evidente com essa ênfase em ter como alvo as terras de populações marginalizadas é que a assim chamada nova bioeconomia só consegue vingar deslocando bioeconomias pré-existentes.

Uma fábula de duas bioeconomias

Economias baseadas em biomassa

Homogêneas – Definem a vida vegetal e outras vidas orgânicas pelos denominadores comuns mais básicos: como fornecedores indiferenciados de ‘matérias-primas’ – açúcares, amido, celulose, óleo, etc.

Promovem a monocultura – Organizam o abastecimento em larga escala a partir de monocultivos agrícolas e florestais, destruição de florestas e desmatamento.

O objetivo é o mercado – Baseiam-se na transformação industrial de biomassa para a produção em larga escala de commodities para abastecer o mercado global (por exemplo, eletricidade, biocombustíveis, produtos de química pesada, fármacos, têxteis).

Requerem alta tecnologia – Para transformar biomassa, utilizam tecnologias patenteadas, de capital intensivo (por exemplo, biotecnologia, biologia sintética, química sintética). A inovação ocorre rapidamente e se difunde aceleradamente em larga escala – muitas vezes de maneira prematura.

Reducionistas – A natureza é vista em termos de seu valor comercial e potencial de lucro.

Economias baseadas em biodiversidade

Heterogêneas – Definem a vida vegetal e outras vidas orgânicas de forma heterogênea, diferenciando espécies individuais e partes de plantas e animais com propriedades e usos específicos.

Promovem a diversificação – Organizam a produção em pequena escala de cultivos diversificados e a coleta de produtos silvestres. Quando ocorre, a derrubada é com base em rotação ou pousio.

O objetivo é a subsistência – Baseiam-se na transformação comunitária ou individual de materiais vegetais e animais para uso pessoal ou comunitário (por exemplo, como medicamentos, alimento, usos culturais e espirituais).

Têm tecnologias adequadas – Utilizam tecnologias em escala humana, centradas na comunidade, para transformar as plantas (por exemplo, secando, fermentando, cozinhando). A inovação pode ocorrer rapidamente, mas em pequena escala, e se difunde lentamente para escalas maiores.

Holísticas – A natureza está imbuída de valores culturais e espirituais e frequentemente é vista como sagrada.

Uma grilagem legal de terras por biomassa

“A visão que temos é de que há uma oportunidade fantástica para auxiliar alguns dos países africanos a desenvolver uma nova indústria mediante uma verdadeira... hum... er... exploração de parte das terras agrícolas que eles têm e criação de oportunidades de emprego fantásticas. Eu vejo isso como a melhor oportunidade para os trópicos se beneficiarem da demanda de muitos dos países em desenvolvimento e do mundo desenvolvido.”

– John Melo, diretor executivo da Amyris, Inc.⁷⁴

Em 2008, a organização da sociedade civil GRAIN expôs uma intensificação maciça das aquisições de terras agrícolas em todo o Sul global por parte de estados ricos e de investidores privados estrangeiros.⁷⁵ Dois anos depois, um relatório do Banco Mundial, baseado na pesquisa do GRAIN, contabilizou 464 projetos cobrindo pelo menos 46,6 milhões de hectares de terra, a maior parte na África Subsaariana.⁷⁶ De acordo com o GRAIN, os que estão à frente da grilagem legal de terras – em grande parte investidores buscando um porto seguro para seu dinheiro em meio à quebra de mercados financeiros – buscam comprar terra a preços baixos e torná-la economicamente produtiva num curto período de tempo, o que lhes permite obter algo como 400% de retorno do investimento ao término de apenas 10 anos.⁷⁷

A emergente economia da biomassa, com sua promessa de transformar açúcares, celulose e cultivos oleaginosos abundantes em commodities de alto valor, oferece claro incentivo para a grilagem legal de terras. De fato, uma análise de 2010 da organização Amigos da Terra sobre apropriações de terras em 11 países africanos encontrou que pelo menos cinco milhões de hectares de terra – uma área do tamanho da Dinamarca – já está sendo adquirida por companhias estrangeiras para produzir biocombustíveis, principalmente para mercados do Norte.⁷⁸



O *Miscanthus giganteus*, uma gramínea de porte alto, é uma das mais populares ‘gramíneas energéticas’ agora promovidas junto aos agricultores como um cultivo para biomassa. Foto: Bruce M Walker

O Banco Mundial calcula que 21% dos projetos de grilagem legal de terras são motivados por biocombustíveis⁷⁹ e reconhece explicitamente que as políticas do Norte, tais como metas obrigatórias de biocombustíveis, tiveram um papel chave: “A obrigatoriedade do uso de biocombustíveis pode ter grandes efeitos indiretos na mudança de uso da terra, particularmente convertendo terras de pastoreio e florestas”. Estima-se que a conversão global de terras para a produção de matérias-primas para biocombustíveis atinja entre 18 e 44 milhões de hectares até 2030.⁸⁰

Um novo comércio na biomassa – embarcando cavacos

“A madeira está muito rapidamente se tornando uma parte muito importante do mix energético e em poucos anos será uma commodity global um tanto parecida com o petróleo.”

– Heinrich Unland, diretor executivo da Novus Energy GmbH, Alemanha⁸²

A grilagem legal de terras para biocombustíveis é somente uma parte da apropriação de terras e recursos do Sul por parte das corporações.

Isso já está ocorrendo à medida que a celulose (e a biomassa lenhosa em particular) adquire um valor industrial crescente. Talvez o exemplo mais claro seja o surgimento de um comércio global de lascas de madeira, pellets de madeira e serragem como uma matéria-prima comercializada para queimadores de biomassa para produzir eletricidade.

Atualmente, esse comércio é relativamente pequeno e ocorre principalmente na Europa (70% em países bálticos); entretanto, um relatório recente da indústria prevê um aumento de 80 a 150 vezes nos próximos anos,⁸³ e a indústria admite que provavelmente haverá um movimento para produzir pellets (serragem compactada) a partir de cultivos energéticos de rápido crescimento, o que, no final das contas, promoverá o desmatamento.

De acordo com estimativas da indústria, a produção de pellets de madeira, que praticamente não existia há 15 anos, alcançou aproximadamente 9 milhões de toneladas em 2008. Há expectativa que essa quantia dobre nos próximos 4-5 anos, e alguns especialistas da indústria preveem um crescimento anual mundial de 25-30% durante os próximos dez anos.⁸⁴

As metas obrigatórias exigidas pela Europa para aumentar o uso de combustível de biomassa, em particular, estão estimulando a procura por lascas de madeira mais baratas no Sul global bem como sua aquisição nos Estados Unidos.

- A MagForest, uma companhia canadense que opera na República Democrática do Congo, estaria embarcando anualmente 500.000 toneladas de lascas de madeira para a Europa.
- A IBIC Ghana Limited afirma que pode exportar mensalmente, de Gana, 100 mil toneladas de madeira tropical dura e mole como matéria-prima de biomassa.
- A Sky Trading, com sede nos EUA, oferece o fornecimento de até 600 mil toneladas de lascas de madeira como biomassa proveniente dos Estados Unidos ou do Brasil.
- De acordo com documentos revisados pela The Global Forest Coalition, o Brasil está se preparando para atender à demanda europeia de lascas de madeira expandindo plantações de árvores em 27 milhões de hectares, a maior parte com espécies exóticas como o eucalipto.⁸⁵

Cultivos para energia – mudanças no meio rural

Embora os defensores da bioeconomia aleguem que a mudança para biocombustíveis derivados de celulose não prejudicará a produção de alimentos, algumas mudanças drásticas estão programadas para o meio rural. A intenção de remover mais palha e restolho bem como de aumentar a quantidade de terra destinada a cultivos energéticos, como mais uma commodity agrícola viável, mudará significativamente os padrões de uso da terra e os sistemas de plantio e introduzirá novas tensões nas paisagens rurais.

De acordo com Jack Huttner, anteriormente da DuPont Danisco Cellulosic Ethanol e atual vice-presidente executivo para assuntos comerciais e públicos da Gevo, com sede nos EUA, a qual está desenvolvendo biocombustíveis da próxima geração, tornar os biocombustíveis celulósicos viáveis requer não só construir centenas de biorrefinarias, mas também cercar cada uma delas de milhares de hectares de terra plantada com cultivos para energia, como, por exemplo, a gramínea *switchgrass*. “Estamos falando de uma transformação bastante substancial do cenário econômico rural”, declarou Huttner à *BusinessWeek* em 2009. As companhias de biocombustíveis terão que organizar agricultores para plantar milhões de hectares de um cultivo energético como a gramínea *switchgrass*.

“Minha preocupação é com organizar uma economia basicamente nova”, ele disse, explicando que são os grandes atores, e não pequenas companhias, os únicos que têm a capacidade para fazer isso.⁸⁷

Colher, enfardar, secar e armazenar enormes quantidades de gramíneas celulósicas e de palhada de milho também apresenta novos desafios. Parte dos lucros iniciais da nova bioeconomia parecem estar destinados aos fabricantes de equipamentos, como a fabricante de equipamentos agrícolas John Deere, que assinou recentemente um acordo de colaboração em pesquisa com a Monsanto e a Archer Daniels Midland para obter resíduos de cultivos.

Acondicionar a palhada de maneira mais compacta para que seu transporte até a usina de processamento seja economicamente viável, por exemplo, acaba sendo um importante obstáculo, assim como assegurar que a biomassa coletada seque o suficiente para ser armazenada sem mofo e não contenha terra, que poderia interferir com os processos de fermentação. Sam Acker, diretor de colheita e comercialização da agricultura de precisão da Case IH North America, disse ao *Corn and Soybean Digest*, em novembro de 2008, que “pode ser difícil que a palhada se torne uma importante matéria-prima para etanol, devido aos desafios quanto à umidade e à densificação.”⁸⁸

Também não está claro se as novas gramíneas para energia, como *miscanthus* e *switchgrass*, são benéficas para ecossistemas agrícolas. Em setembro de 2006, uma equipe de pesquisadores escrevendo na *Science* apontou que tais gramíneas têm alta probabilidade de se tornar espécies invasoras. “A maior parte das características que são recomendadas como excelentes para cultivos para biocombustíveis – ausência de pragas ou doenças conhecidas, rápido crescimento, alta eficiência no uso de água – são alertas para biólogos que estudam invasões de espécies”, disse Robert N. Wiedenmann, professor de entomologia da Universidade de Arkansas, que aponta para o *Sorghum halepense* como um exemplo de uma espécie “aparentemente inofensiva” introduzida na agricultura dos EUA que se tornou invasora e agora causa prejuízos de mais de 30 milhões de dólares ao ano à indústria de algodão e de soja em apenas três estados.⁸⁹

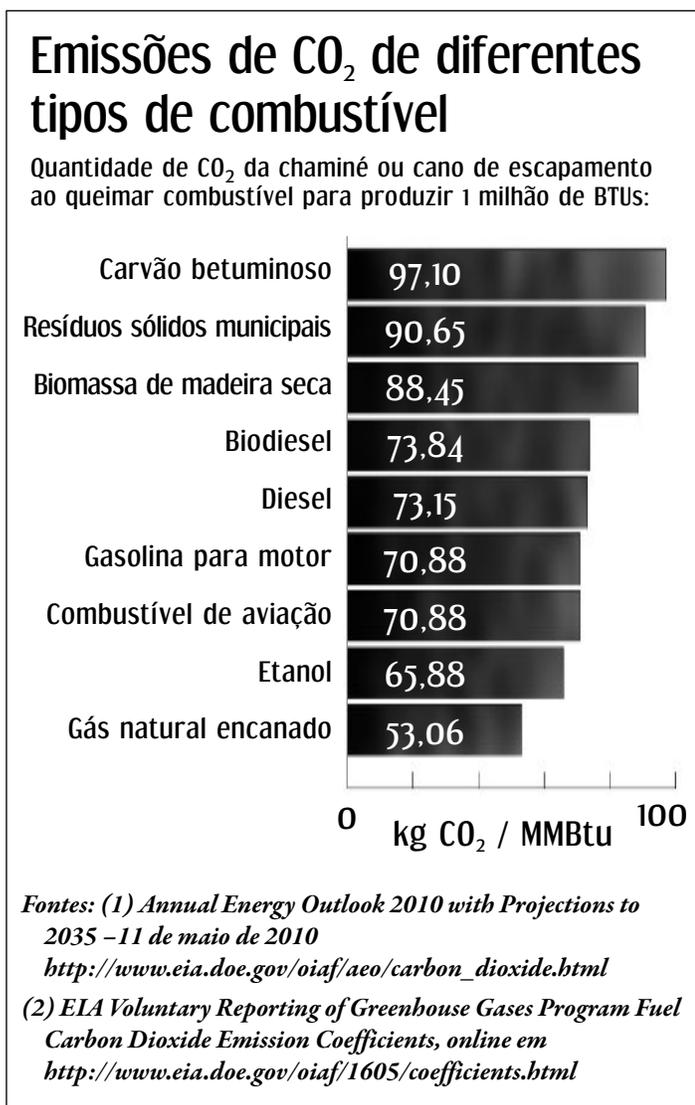
“Eu acho que o maior problema para todos é como vamos cultivar, coletar, armazenar e tratar a biomassa.”

– Brent Erickson, lobista da Biotechnology Industry Organization.⁸⁶

Em agosto de 2009, o conselho assessor federal sobre espécies invasoras dos EUA fez soar seu próprio alarme. “Na ausência de esforços estratégicos de mitigação, há risco substancial de que alguns cultivos para biocombustíveis escapem das áreas de plantio e causem danos socioeconômicos e/ou ecológicos, alertou o Comitê Assessor sobre Espécies Invasivas [Invasive Species Advisory Committee] no relatório especial “Cultivating Energy Not Invasive Species” [Cultivando Energia e não Espécies Invasoras].⁹⁰ O documento aponta que “determinadas espécies de plantas propostas para produção de biocombustível (por exemplo, falaris [*Phalaris arundinacea*], cana-da-índia [*Arundo donax*] e *miscanthus* [*Miscanthus sinensis*]) já são invasivas em regiões dos EUA e/ou em outros lugares do mundo”.

“Nós nos agarramos às palhas (e outras biomassas) em nosso desespero de acreditar que há uma saída fácil.”
 – George Monbiot, The Guardian, 2009⁹²

O mais preocupante é que o comitê repentinamente parou de advertir contra o uso de cultivos invasores para energia, recomendando, em vez disso, que os melhoristas de tais cultivos incorporem “características desejáveis” para evitar invasões, tais como “esterilidade ou produção reduzida de sementes e incapacidade de regenerar-se a partir de fragmentos de caule.”⁹¹ Enquanto isso se refere essencialmente ao desenvolvimento de cultivares estéreis de *miscanthus* através de hibridização, essa linguagem pode também revelar um convite perigoso para dotar cultivos para biocombustíveis com as chamadas ‘tecnologias genéticas de restrição de uso’ (GURTS, por sua sigla em inglês), como a tecnologia Terminator.



O mito do carbono neutro

Numerosos reguladores e negociadores que participam das reuniões internacionais sobre as políticas climáticas se guiam hoje pela falsa hipótese de que a energia de biomassa não contribui para o aquecimento global porque todo o carbono liberado da biomassa pode, teoricamente, ser refixado pelas plantas novas que substituem as anteriores. É uma bela teoria que se desmorona perante um exame mais rigoroso. Consideremos o seguinte:

A queima de biomassa pode liberar mais CO₂ do que os combustíveis fósseis. Isso decorre do fato de ser necessário queimar muito mais biomassa para alcançar a mesma geração de energia. Segundo o Departamento de Informação sobre Energia [Energy Information Administration] do governo dos EUA, a queima de madeira dura produz um pouco menos de CO₂ por unidade de energia do que a combustão do carvão, mas muito mais do que o petróleo ou o gás. Alguns analistas afirmam que as emissões de chaminés da queima de biomassa são até mais elevadas do que as da combustão de carvão quando a umidade (a quantidade de água ainda contida na biomassa) é alta.⁹³

Carbono neutro: total líquido de emissões de dióxido de carbono igual a zero. Também chamado de carbono zero, refere-se a processos que no geral não adicionam dióxido de carbono extra à atmosfera. Os defensores da biomassa alegam que o uso industrial de biomassa é carbono neutro porque as plantas em crescimento fixam dióxido de carbono de tal forma que os processos baseados em biomassa absorvem a quantidade de dióxido de carbono que geram. Isso é enganoso e geralmente impreciso.

O dióxido de carbono da biomassa é liberado rapidamente, mas pode levar décadas para ser ressequestrado. Quando queimada para energia, uma árvore madura (com 80-100 anos de idade) leva minutos para liberar toda a sua carga de carbono para a atmosfera, mas a árvore que vai substituí-la, se cultivada, leva um século inteiro para ressequstrar essa quantidade de carbono. Durante esses 100 anos, o CO₂ ainda está na atmosfera ajudando a empurrar o clima para o ponto de uma mudança perigosa. No entanto, as regras de contabilização de carbono o tratam como se já não existisse (ver a seguir, “Um grave ‘erro de contabilidade’ global”). Os defensores da bioeconomia propõem substituir árvores maduras por variedades de rápido crescimento, como álamo e eucalipto, alegando que essas são sumidouros de carbono mais eficientes do que as florestas antigas. Tais alegações têm sido categoricamente rejeitadas nos últimos anos, e a nova doutrina é que as antigas florestas são melhores do que as novas em armazenar carbono da atmosfera.⁹⁴

Perturbar solos e mudar o uso da terra para cultivar ou colher biomassa provoca grandes emissões de gases de efeito estufa. Acredita-se que só os 100 cm superiores de solo da crosta terrestre armazenem cerca de 1.555 bilhões de toneladas de carbono, contido em micróbios, raízes de plantas, compostos orgânicos presentes em agregados do solo, insetos e demais fauna do solo.⁹⁵ Isso é mais do que o dobro (2,5 vezes) da quantidade armazenada em todas as plantas da superfície terrestre mundial e aproximadamente da mesma magnitude da quantidade já existente na atmosfera.

A perturbação desses solos para exploração agrícola industrial, desmatamento e monocultivos energéticos com uso intensivo de químicos, bem como para outras mudanças no uso da terra, é uma das maiores fontes de emissões de carbono. Até mesmo o bem conservador relatório Stern de 2006 sobre custos econômicos da mudança climática estimou que em 2000 a mudança no uso da terra foi a segunda maior fonte de emissões de gases de efeito estufa, depois do setor de energia.⁹⁶

De acordo com o relatório Stern, 18% das emissões de gases de efeito estufa foram resultantes de mudanças no uso da terra, sendo o desmatamento o maior contribuinte, responsável por mais de 8 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano.⁹⁷ A remoção de material celulósico das áreas cultivadas é responsável por maior degradação dos solos, reduzindo sua capacidade de armazenar carbono.

Estudos mostraram que solos agrícolas nos EUA, por exemplo, já perderam entre 30% e 50% de seu carbono orgânico desde que se iniciou o manejo agrícola (em muitos casos, há pouco mais de um século). Um estudo de 2009 mostra que a remoção de qualquer nível de palhada (talos não colhidos) que usualmente é incorporada de volta aos solos agrícolas reduziria ainda mais os níveis de carbono no solo bem como sua produtividade nos anos seguintes.⁹⁸

A produção agrícola e o transporte de matérias-primas de biomassa têm emissões elevadas de gases de efeito estufa.

De acordo com análises da organização da sociedade civil GRAIN, o sistema industrial de alimentação e agricultura é a principal causa da mudança climática, gerando 44-57% do total das emissões globais de gases de efeito estufa.⁹⁹ Essa estimativa inclui o desmatamento, a energia usada para a produção de sementes, maquinaria para plantar, colher e transportar a produção, a irrigação, as emissões dos animais e a perturbação dos solos com a produção agrícola e uso de agrotóxicos e fertilizantes. A destruição de florestas e o manejo das monoculturas de árvores também estão associados com emissões significativas de gases de efeito estufa, incluindo as do transporte e do uso de equipamentos de corte e carregamento. Transportar biomassa com caminhões gasta mais energia do que transportar carvão, petróleo ou gás em função do baixo conteúdo energético da própria biomassa. Isso ocorre especialmente com a biomassa destinada à produção de biocombustíveis e de produtos químicos de base biológica, mais do que com a destinada a bioeletricidade. A obtenção desses produtos finais tem uma taxa de conversão de energia mais pobre do que a combustão, e geralmente há resíduos que têm que ser levados embora – o que se soma ao custo energético total.

Retirar material celulósico das áreas agrícolas para biomassa exigirá mais fertilizantes para manter a fertilidade do solo. Os fertilizantes a base de nitrogênio e fosfato liberam óxido nitroso – um gás de efeito estufa 298 vezes mais potente do que o CO₂.¹⁰⁰ O uso mundial de fertilizantes já cresceu 31% entre 1996 e 2008, devido, em parte, ao cultivo de agrocombustíveis.¹⁰¹ Além do impacto de suas próprias emissões diretas, os fertilizantes, antes de mais nada, necessitam grandes quantidades de energia (e, portanto, de carbono) tanto quando são produzidos como quando são aplicados. Um estudo de 1998¹⁰² estimou que a produção de fertilizantes é responsável por aproximadamente 1,2% do total das emissões de gases de efeito estufa – o equivalente a todas as emissões de gases de efeito estufa da Indonésia ou do Brasil. Só nos Estados Unidos, o uso e a produção de fertilizantes respondem por 30% do uso de energia na agricultura.

Os fertilizantes também podem ter um impacto posterior (indireto) sobre as concentrações de gases de efeito estufa, quando os nitratos que lixiviam de lavouras fertilizadas formam zonas oceânicas mortas que também podem estar liberando enormes quantidades de CO₂, metano e óxido nítrico.

A remoção de vegetação para biomassa pode também agravar a mudança climática por alterar a quantidade de calor que é mantida na atmosfera. Na Austrália, por exemplo, cientistas estimam que a perda da vegetação nativa reduziu a formação de nuvens e implicou que menos calor fosse refletido de volta para o espaço. Isso exacerbou os impactos de recentes secas relacionadas com o clima, elevando a temperatura em mais 2-3° C. Na Austrália, essas alterações contribuíram para o colapso da produtividade agrícola da região.¹⁰³



Um grave “erro de contabilidade” global

Muitos instrumentos de política nacional e internacional para lidar com a mudança climática estão baseados na falsa hipótese de que a energia derivada de biomassa é intrinsecamente ‘carbono neutro’. A raiz desse erro comum está nas práticas de contabilização de carbono consagradas na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC).

Em 2001, o órgão científico assessor da CQNUMC, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, por sua sigla em inglês), descreveu, pela primeira vez, o uso de biomassa para energia como “sistemas de suprimento de energia de baixo carbono” e, sem rodeios, estabeleceu que “os biocombustíveis líquidos que substituírem os combustíveis fósseis reduzirão diretamente as emissões de CO₂. Portanto, uma combinação de produção de bioenergia com opções de sumidouros de carbono pode resultar num benefício máximo das estratégias de mitigação”.¹⁰⁴

Até 2007, o entusiasmo do IPCC tinha se aplacado um pouco: “Os biocombustíveis podem desempenhar um papel importante para resolver as emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes, dependendo de sua forma de produção.”¹⁰⁵

Apesar disso, nas mentes dos formuladores de política, tinha ficado bem sedimentada a impressão de que promover o uso de energia de biomassa nas estratégias nacionais era um caminho legítimo, e relativamente fácil, para cumprir com os compromissos relacionados à mudança climática.

De fato, as regras para calcular emissões de carbono sob o Protocolo de Kioto atualmente chegam a isentar totalmente a energia de biomassa como uma fonte de emissões, independentemente de como a biomassa é obtida e de quanto carbono adicional é liberado nesse processo de produção. Isso foi o resultado de uma decisão tomada pelo IPCC de contabilizar as emissões de carbono associadas à produção de bioenergia como relativas a mudanças no uso da terra, ao invés de contabilizá-las como relativas a usos de energia (para evitar dupla contabilização). Contudo, o Protocolo de Kioto somente considerou as emissões do uso de energia e, assim, a energia derivada de biomassa ganhou um passe livre. Essa exceção estabelece um incentivo econômico poderoso para que as nações mudem para as fontes de energia de biomassa mais baratas disponíveis, como forma de atingir as metas de emissões de dióxido de carbono e ganhar créditos de carbono. De acordo com um recente estudo de modelação, a política de excluir a energia derivada da biomassa da conta das emissões poderia levar as nações a substituir praticamente todas as florestas e savanas do mundo por cultivos para bioenergia. Tal substituição maciça de florestas teria o potencial de liberar centenas de bilhões de toneladas de carbono durante um curto espaço de tempo (menos de 20 anos) – um cenário que provocaria uma perda catastrófica de biodiversidade e uma perigosa mudança climática em menos de um século.¹⁰⁶

Essa perspectiva alarmou tanto, inclusive os defensores da energia de biomassa, que, em outubro de 2009, treze cientistas e especialistas em políticas, alguns deles bem identificados com os protocolos de contabilização de Kioto originais, alertaram de que a exclusão da biomassa dos protocolos de contabilização de carbono foi uma falha “grave” e “de amplo alcance” no acordo global sobre o clima.¹⁰⁷ Eles propuseram que esse “erro de contabilização” poderia ser consertado se as emissões da energia de biomassa fossem medidas no cano de escapamento ou na chaminé, da mesma forma que se medem as emissões de combustíveis fósseis, e que quaisquer benefícios decorrentes de sequestro de carbono deveriam ser medidos e creditados separadamente, contabilizando as reais práticas de manejo do solo e de produção para as diferentes tecnologias de biocombustíveis e biomassa.

Traçando um paralelo com as recentes crises financeiras, os autores – a maior parte defensores de biocombustíveis celulósicos – insinuaram que essa questão de falsa contabilização pode eventualmente desacreditar toda a agenda da biomassa. “Assim como ocorre com as auditorias financeiras, é importante que as auditorias de carbono sejam corretas desde o início”, disse Philip Robertson, coautor e professor na Universidade do Estado de Michigan. “A promessa dos combustíveis celulósicos é enorme para nosso clima e economia. Não queremos descobrir depois que construímos uma nova indústria em um castelo de cartas.”¹⁰⁸

Comercializando carbono de biomassa

A CQNUMC não somente abençoou falsamente a biomassa como carbono neutro na hora de contabilizar suas emissões, a Convenção também estabeleceu mecanismos institucionais para premiar financeiramente o crescimento da nova economia de biomassa. Apesar de a redução das emissões nacionais de gases de efeito estufa (principalmente dióxido de carbono) ter sido o ponto central do Protocolo de Kioto, nas negociações finais os delegados concordaram com propostas dos Estados Unidos para introduzir os chamados mecanismos de flexibilização (*flex mex*, em inglês), que permitiriam o comércio de direitos de emissão dentro de um teto estabelecido e limitado, bem como opções para monetizar ‘sumidouros’ biológicos e geológicos de carbono dentro desses mecanismos.¹⁰⁹

O artigo 3.3 da Convenção permite ainda aos estados receber créditos ou débitos sobre suas reduções de emissões dependendo de como eles manejaram seus próprios sumidouros de carbono. Por ‘sumidouros’, os entusiastas do *flex mex* tinham em mente que as plantas, solos e oceanos naturalmente sequestram dióxido de carbono da atmosfera, e, portanto, argumentaram que as medidas para proteger e melhorar os sumidouros, tais como plantar mais árvores ou reduzir a erosão do solo, deveriam receber créditos comercializáveis. Esses créditos poderiam ser tratados, por exemplo, sob o novo ‘Mecanismo de Desenvolvimento Limpo’ (MDL) do Protocolo ou sob o que é conhecido como projetos de ‘implementação conjunta’. Em particular, o MDL incentiva investimentos de companhias e estados do Norte em projetos de sequestro ou mitigação climática localizados no Sul global.



*‘Recortando o céu’,
Beehive Collective*

Embora projetos agrícolas e florestais fossem inicialmente restritos a satisfazer somente uma pequena parte dos projetos de MDL, em 2001 foram abertas mais brechas no *flex mex*, permitindo que a biomassa em florestas existentes pudesse ser creditada e monetizada mais facilmente. Desde então, as companhias de bioenergia e de químicos derivados de biomassa têm sido diligentes em fazer *lobby* para que o MDL estenda seu financiamento a todas as partes da economia da biomassa. A partir de 2005, foram aprovadas metodologias para financiamento da produção de eletricidade derivada da queima de resíduos de plantações, como cana-de-açúcar, bagaços, casca de arroz e restos dos cachos de dendê. A partir de setembro de 2006, o MDL aceitou o uso de biomassa para aquecimento de água. A partir de 2009, os projetos que produziam biodiesel nas chamadas terras degradadas também se tornaram elegíveis para créditos do MDL. Em fevereiro de 2010, a direção do MDL aprovou também a concessão de créditos a usinas de geração de energia elétrica por queimarem biomassa, incluindo centrais elétricas alimentadas por carvão que façam queima conjunta de biomassa.¹¹⁰

Em outubro de 2010, 705 projetos de biomassa tinham sido aprovados ou aguardavam aprovação para 45 milhões de créditos de carbono certificados sob o MDL, com Índia (318 projetos), China (101 projetos) e Brasil (94 projetos) tendo a maior fatia. Esses projetos somam 12,75% de todos os projetos do MDL, sendo superados apenas por projetos eólicos e hidrelétricos.¹¹¹ A preços atuais, esses créditos valeriam cerca de meio bilhão de dólares somando para o valor total da economia da biomassa.¹¹²

Enquanto isso, uma indústria de créditos de carbono ‘voluntária’ e desregulamentada surgiu paralela ao âmbito de Kioto com companhias empreendedoras, como a Future Forests, que vinculam projetos de biomassa e de bioenergia a novos créditos de carbono que poderiam ser vendidos a consumidores individuais para ‘compensar’ estilos de vida com altos níveis de emissão de carbono. O Banco Mundial estima que o comércio de carbono vale atualmente 114 bilhões de dólares, com transações comerciais de carbono, tanto nacionais quanto regionais, em pleno andamento na Europa, Ásia e América do Norte.¹¹³

Comercializando carbono de biomassa Tomada II: grilagem legal REDD-obra

A combinação dos métodos falhos de contabilização de carbono com o financiamento de projetos de bioenergia da CQNUMC já pode ser vista como um assalto mais do que suficiente à biodiversidade. Mas esse mesmo fórum internacional está para somar insulto à injúria com a introdução de um terceiro mecanismo para mercantilizar a biomassa. O REDD (“Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação de Florestas”), atualmente em negociação na CQNUMC, pretende dar à biomassa florestal um valor financeiro com base no carbono armazenado nela. A ideia por trás do REDD é apoiar o carbono vivo armazenado na biomassa florestal com títulos financeiros que podem ser convertidos em dinheiro e comercializados como qualquer commodity financeira existente.

Os que respaldam o REDD argumentam que isso fornecerá um incentivo comercial para prevenir o corte de madeira e o desmatamento. Mas, à medida que transforma a biomassa em dinheiro, o REDD intensifica a redução da biodiversidade a estoques de carbono comercializável. Se a indústria de florestamento foi antes acusada de não ver a floresta pelas árvores, o REDD não consegue ver sequer as árvores, porque só enxerga o carbono armazenado nelas. O resultado de tal reducionismo é que a implementação do REDD provavelmente irá prejudicar tanto a biodiversidade natural como as comunidades que dependem dela.

Especificamente, o plano de Ação de Bali da CQNUMC pede por “políticas e incentivos positivos sobre temas relacionados com a redução de emissões por desmatamento e degradação de florestas em países em desenvolvimento; e pelo papel da conservação, do manejo sustentável das florestas, e do aumento dos estoques de carbono florestal em países em desenvolvimento”. Quando decodificado, esse parágrafo do chamado “REDD+” autoriza a expulsão de povos tradicionais de suas florestas, com o propósito de ‘conservação’, e subsidia operações madeireiras comerciais que cumpram com critérios de “manejo sustentável” previamente acordados. Além disso, ao falar de ‘aumento de estoques de carbono florestal’, o REDD+ parece disposto a recompensar financeiramente a conversão de áreas florestais em plantações industriais de árvores com a justificativa de que essas plantações armazenam mais carbono do que as florestas conseguem armazenar. Isso tem sérias implicações para a biodiversidade e para as comunidades locais.

Mesmo antes do REDD ser acordado e implementado, governos, corporações, grandes ONGs e instituições globais estão fazendo experiências com essa forma de financiamento do carbono baseado em biomassa e tentando estabelecer esquemas tipo REDD. De acordo com o REDD Monitor, de vigilância cidadã do processo REDD, o Banco Mundial aprovou 25 projetos em seu Fundo Cooperativo para o Carbono nas Florestas (FCPF, por sua sigla em inglês) e 3 através de seu Fundo BioCarbono, enquanto o ONU-REDD (PNUD, PNUMA e FAO) está executando projetos piloto na Bolívia, República Democrática



*“Não ao mercado de carbono para florestas”
Foto: Orin Langelle, Global Justice Ecology Project*

do Congo, Indonésia, Panamá, Papua Nova Guiné, Paraguai, Tanzânia, Vietnã e Zâmbia, com promessas de mais de 18 milhões de dólares. Governos como os da Noruega, Austrália e Alemanha têm prometido dinheiro para projetos REDD no Sul da mesma forma que um número crescente de corporações privadas. Organizações como a Conservation International, WWF, The Nature Conservancy e Environmental Defense Fund estão se associando com corporações que incluem a BP, Pacificorp, Merrill Lynch e Marriott Hotels. Já estão surgindo padrões voluntários para definir o que é ‘sustentável’ para REDD, e comerciantes de carbono como a EcoSecurities e Caisse de dépôt estão se preparando para iniciar a

mercantilização e a obtenção de lucros de toda a biomassa florestal do mundo sobre a qual possam pôr as mãos.¹¹⁴

A transferência de tecnologias da biomassa – A iniciativa sobre tecnologias climáticas

A economia da biomassa está recebendo mais outro estímulo financeiro da CQNUMC através das atividades estipuladas sobre transferência de tecnologias. Em 1995, a Agência de Energia Internacional e a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OECD, por sua sigla em inglês) criaram a denominada Iniciativa de Tecnologia do Clima (CTI, por sua sigla em inglês) para facilitar a transferência de tecnologias “amigáveis ao clima” do Norte para o Sul. Sem surpresas, a biomassa desempenhou um papel destacado nas atividades da CTI. Seu braço privado, conhecido como Rede Consultiva de Financiamento do Setor Privado (PFAN, por sua sigla em inglês), atua como uma agência mediadora, conectando investidores e corporações tecnológicas do Norte com projetos do Sul, e negocia transações comerciais de “energia limpa”. Mais de um terço dos 60 projetos tramitando na PFAN – que representam 823 milhões de dólares – são projetos de energia de biomassa, como geração de eletricidade de biomassa, produção de *pellets* de madeira para queima industrial ou produção de biodiesel.¹¹⁵

InfraREDD – mapeando a biomassa

Satélites e aeronaves de asa fixa atualmente podem ser combinados para mapear e monitorar (em três dimensões) a biomassa e as terras a serem identificadas, manejadas e exploradas na nova economia da biomassa. Câmeras montadas em aeronaves leves, incluindo helicópteros, podem utilizar imagem hiperespectral para analisar comprimentos de ondas visíveis e infravermelhas que revelam variações na vegetação. As medições precisas da luz expõem nutrientes do solo, identificando não somente o tipo de vegetação da superfície, mas o que se oculta debaixo e, portanto, o que poderia crescer lá. A tecnologia foi desenvolvida originalmente para encontrar locais de sepultamento, mas se diversificou para servir a uma batelada de interesses, desde arqueológicos até da CIA.

Para os investidores em grilagem legal de terras, que buscam ‘melhorar’ economicamente as chamadas terras marginais, o valor desse mapeamento biológico é considerável. As possibilidades em curto prazo incluem a identificação aérea de cultivos patenteados e a oportunidade de catalogar solos, insetos e plantas que ofereçam usos industriais. Depois da biodiversidade ser localizada e embolsada, a terra pode ser utilizada para outros fins.

Os biomapeadores buscam, particularmente, carbono. Em setembro de 2010, o Carnegie Institute da Universidade de Stanford anunciou que, com o WWF e o governo peruano como parceiros, tinha mapeado mais de 4 milhões de hectares de floresta amazônica (quase a área da Suíça).



Enquanto satélites mapeavam a vegetação e registravam perturbações, as imagens satelitais foram complementadas por uma aeronave que, dispondo da tecnologia LiDAR [*light detection and ranging*, por sua sigla em inglês - detecção de luz e suas variações], patenteada pela Carnegie, criava mapas 3-D (tridimensionais) da estrutura da vegetação da área. Cientistas converteram os dados estruturais em dados sobre densidade de carbono, auxiliados por uma modesta rede de parcelas piloto no solo. O novo sistema da Carnegie combina os dados geológicos, de uso da terra, e de emissões para informar ao governo do Peru – e a qualquer outro com acesso aos dados – que o estoque total de carbono florestal da região pesa cerca de 395 milhões de toneladas. A estimativa do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática [IPCC, por sua sigla em inglês] para o estoque de carbono em toda a área mapeada foi de 587 milhões de toneladas. Sob programas do tipo REDD, o enfoque de alta resolução do Carnegie poderia gerar mais créditos por tonelada de carbono.¹¹⁶ Para aqueles que procuram por matérias-primas de biomassa, ele lhes diz o que está disponível para comprar. O sistema é também barato. O mapa do Peru custou 8 centavos de dólar por hectare, e um mapa similar, em Madagascar, custou somente 6 centavos de dólar por hectare.¹¹⁷ É claro, no mundo das matérias-primas de biomassa e do comércio de carbono, a questão é: quanta biomassa a terra pode produzir?

A economia verde – um lar aconchegante para a bioeconomia

As múltiplas crises que devastaram o mundo em 2007-2008 pegaram o sistema multilateral de surpresa. Na luta por uma recuperação, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) lançou em 2008 sua Iniciativa para uma Economia Verde (Green Economy Initiative), projetada para auxiliar os governos a reestruturar e reorientar políticas, investimentos e gastos para “negócios e infraestrutura que deem melhores retornos sobre investimentos de capital natural, humano e econômico, e que, ao mesmo tempo, reduzam as emissões de gases de efeito estufa, com menor extração e uso de recursos naturais, gerando menos resíduos e reduzindo as disparidades sociais”.¹¹⁸

A “economia verde” recebeu um selo oficial da ONU com o lançamento de seu documento “Nova Política Mundial Verde em prol do Desenvolvimento Sustentável” em 2009. O acordo pretende atingir gastos com incentivos de 1% do PIB mundial (totalizando cerca de 750 milhões de dólares) e estabelece alterações em políticas domésticas e internacionais para apoiar a economia verde. Um relatório de 2009 do HSBC Global Research mostrou que os governos do G-20 já alocaram mais de 430 bilhões de dólares em incentivos fiscais – valor equivalente a cerca de 15% do total de 2,8 trilhões de dólares – em projetos nas áreas de mudança climática e outros temas “verdes”.¹¹⁹ Muitos dos projetos podem não ser novos, mas, sim, ser projetos antigos rerrotulados para atender aos critérios “verdes”.

A economia verde recebeu amplo apoio em toda a ONU. O Grupo de Gestão Ambiental das Nações Unidas, que coordena a direção de todas as agências especializadas relacionadas com o ambiente, adotou a Iniciativa para uma Economia Verde em seu programa de trabalho bienal para avaliar como o sistema da ONU pode apoiar com mais coerência os países na transição para uma economia verde. Não é de surpreender que o empurrão para a economia verde tenha sido recebido com entusiasmo por governos que querem parecer estar tomando medidas em relação à mudança climática e recuperar suas economias. A nova adoção do “verde” pelo sistema ONU assegurará uma acolhida calorosa para a bioeconomia. Junto com governança ambiental internacional, a economia verde é um dos dois principais temas da Conferência sobre Desenvolvimento Sustentável da ONU (Rio+20) em 2012.

Já há pontos de convergência entre a bioeconomia e a economia verde. Os arquitetos chave da Iniciativa para uma Economia Verde são também os principais autores de A Economia dos Serviços Ecossistêmicos e da Biodiversidade (TEEB, por sua sigla em inglês), que oferece a base conceitual para a REDD (e REDD+ e outras mutações) e o conceito incipiente de “compensações da biodiversidade”, constituindo uma faceta da bioeconomia: a economia dos serviços da biodiversidade. As biorrefinarias e a produção de base biológica estão entre os modelos de “inovação verde” explicitamente apoiados pela Iniciativa. Com quase meio bilhão de dólares arrecadados num curto espaço de tempo de programas de incentivos fiscais estendidos por governos ricos, a economia verde é a matéria-prima perfeita para alimentar os motores da bioeconomia.

Watts, megawatts (MW), gigawatts (GW) e terawatts (TW): são unidades de potência; um **watt** descreve a taxa de uso de energia. Megawatts são milhões de watts; gigawatts são bilhões de watts, e terawatts são trilhões de watts. Normalmente, uma lâmpada doméstica usa continuamente 25-100 watts; um edifício comercial grande, como um shopping ou fábrica, consome energia na faixa de megawatts; as maiores usinas de produção de energia, como as usinas nucleares, podem produzir gigawatts de energia. Terawatts geralmente só são utilizados para descrever o uso mundial ou regional total de energia.

Estourando o orçamento de biomassa da Terra?

Ao se promover a biomassa como a nova matéria-prima de uma economia mundial pós-petróleo, é essencial fazer a pergunta: A biomassa existente no planeta é suficiente para alcançar essa transição histórica?

“Seria necessário cobrir quase toda a terra arável do planeta com os cultivos energéticos de crescimento mais rápido que se conhecem, como switchgrass, para produzir a quantidade de energia derivada de combustíveis fósseis que se consome atualmente a cada ano.”

– Departamento de Energia dos EUA¹²⁰

Para comparação, no último momento em que a sociedade global contou com matéria vegetal como fonte primária para satisfazer suas necessidades de energia, no final dos anos 1890, estima-se que o consumo mundial de energia era de 600 gigawatts.¹²¹ Hoje o consumo mundial de energia fica entre 12 e 16 terawatts – demanda pelo menos 20 vezes maior do que na “economia da biomassa” anterior. Essa geração de energia é alcançada quase que inteiramente a partir de combustíveis fósseis, com apenas uma pequena parte oriunda de energia nuclear, hidrelétrica e de biomassa (cerca de 1,5 terawatts).¹²² De acordo com Daniel Nocera, economista em energia do MIT, estima-se que o uso global de energia aumentará em pelo menos mais 19 terawatts até 2050.¹²³ Teoricamente, esse uso de energia global poderia ser alcançado com biomassa. A cada ano, mais de 100 bilhões de toneladas de carbono, armazenado em 230 bilhões de toneladas de nova biomassa, são adicionados ao planeta, equivalendo a cerca de 100 TW de energia do Sol.¹²⁴ Isso é aproximadamente 6 vezes o atual consumo global de energia, ou 3-4 vezes o consumo global de energia projetado para 2050.¹²⁵

Entretanto, essa biomassa global não está tão facilmente disponível:

- Quase a metade (100 bilhões de toneladas) dessa biomassa está no oceano, a maior parte dela presa em micróbios e algas que não são facilmente acessíveis (por exemplo, em oceanos e sedimentos profundos).
- Os restantes 130 bilhões de toneladas crescem na terra, e as sociedades humanas já consomem 24% (31,2 bilhões de toneladas) desse crescimento anual de biomassa para alimento, madeira, lenha e outras necessidades humanas - isso é conhecido como Apropriação Humana da Produtividade Primária Líquida (HANPP, por sua sigla em inglês).¹²⁶
- Os 98,8 bilhões de toneladas restantes de biomassa anual estão enfrentando demandas concorrentes. As Nações Unidas preveem que a população humana crescerá para estimados 9 bilhões de pessoas até 2050. Isso significa mais demanda por alimentos para humanos e animais, por fibras e por terra.

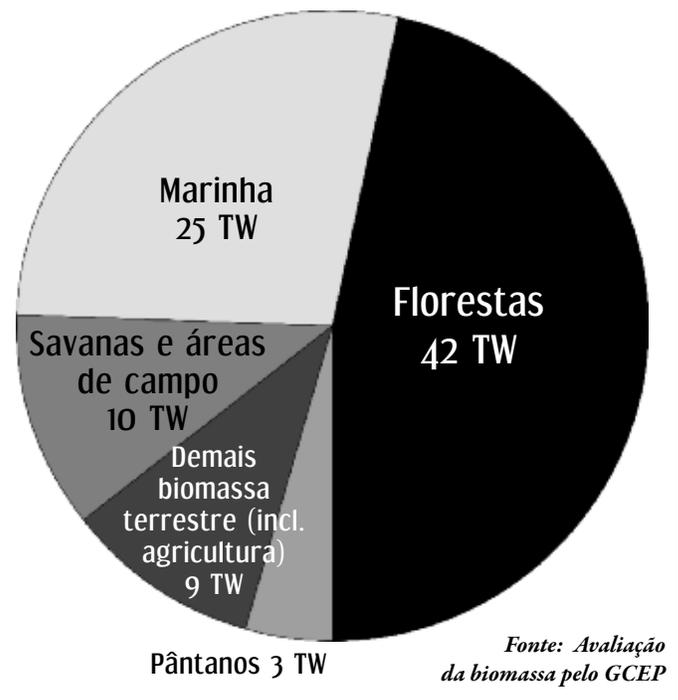
Os economistas preveem, por exemplo, que o uso de madeira (por exemplo, para tábuas) provavelmente cresça 50-75% até 2050.¹²⁷ A indústria de polpa está planejando um aumento total de mais de 25 milhões de toneladas de capacidade nova de produção de polpa, numa média de 5 milhões de toneladas extras por ano.¹²⁸ Enquanto isso, a FAO prevê que o uso de lenha aumentará, só na África, 34% até 2020.¹²⁹

- Além disso, como a mudança climática continua a fazer seu estrago, estresses adicionais sobre ecossistemas florestais e agrícolas podem reduzir severamente sua produtividade, enquanto temperaturas globais mais elevadas e eventos como o El Niño mais frequentes colocarão a biomassa florestal frente a um maior risco de incêndios. Enquanto isso, surtos de doenças e pragas em cultivos, relacionados à mudança climática, e o impacto do nível elevado de CO₂ no crescimento de plantas e nas inundações podem reduzir ainda mais a produção real de biomassa.
- Os estudos que medem a apropriação humana da biomassa global concluem que, na média, para cada tonelada de biomassa que é diretamente usada pela sociedade humana, outras 5 toneladas são perdidas antes no processo a “montante”, devido a mudanças no uso da terra, ao processamento e ao desperdício.¹³⁰ Uma implicação séria é que os cálculos da matéria-prima de biomassa necessária para novos desenvolvimentos com base biológica podem ter que ser multiplicados por seis ou mais para fornecer um panorama real de seus impactos sobre a biosfera. Uma vez que a energia armazenada na produção global anual de biomassa equivale a mais ou menos sexto das atuais necessidades globais de energia, isso sugere que os impactos prévios derivados de se mudar totalmente para bioenergia poderiam consumir integralmente a produção anual de biomassa da Terra.

Um estudo feito a partir da revisão de 16 avaliações globais de disponibilidade de biomassa indica que: “Nos cenários mais otimistas, a bioenergia poderia fornecer mais de duas vezes a demanda global atual de energia, sem competir com a produção de alimentos, com os esforços de proteção de florestas e com a biodiversidade. Nos cenários menos favoráveis, entretanto, a bioenergia poderia suprir apenas uma fração do uso atual de energia, talvez até menos do que ela fornece hoje.”¹³¹

Produção Primária Líquida: volume anual de biomassa; a quantidade total de crescimento de biomassa nova (principalmente vida vegetal, mas também animais, bactérias e outros) produzida pelo planeta em um ano; equivale a cerca de 230 bilhões de toneladas de matéria viva.

Produtividade líquida de diferentes tipos de biomassa, expressa como energia (terawatts)



Os ecossistemas vêm primeiro

Por que existe uma gama tão ampla de estimativas quanto ao potencial da biomassa para atender às necessidades de energia? A resposta resumida é que alguns economistas de energia simplesmente falharam em ver a floresta, fixando-se só nas árvores. Os estoques de biomassa viva não podem ser contados da mesma maneira que as reservas fossilizadas de petróleo e de carvão. O valor econômico das plantas colhidas, como matérias-primas industriais para alimento humano e animal, fibras, produtos químicos e combustível, deve ser pesado contra o valor ecológico vital das plantas vivas.

Estudos de sistemas da Terra que tentam medir a saúde e resiliência atuais de ecossistemas e da biodiversidade oferecem duras advertências. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio, de 2005, concluiu que 60% dos ecossistemas do mundo já estão em declínio.¹³² Por sua vez, o “Índice Planeta Vivo”, uma medida de tendências na biodiversidade, baseado no monitoramento de 1.313 espécies terrestres, marinhas e de água doce, relata que, entre 1970 e 2003, o índice caiu 30%, o que significa que os ecossistemas estão, em geral, em declínio acentuado.¹³³ A União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, por sua sigla em inglês) relatou que, no total, cerca de 40% das espécies avaliadas estão ameaçadas de extinção.¹³⁴

As taxas atuais de extinção são mais de 1.000 vezes maiores do que as taxas típicas presentes ao longo da história da Terra, e as mudanças no uso da terra, incluindo o desmatamento e a expansão agrícola, são consideradas a causa principal.

Enquanto isso, estima-se que pelo menos mais 10-20% das florestas e campos remanescentes serão convertidos para usos humanos até 2050.¹³⁵ A ONU também estima que dois terços dos países do mundo estão afetados por desertificação do solo, impactando mais de 4 bilhões de hectares de terras agrícolas, as quais sustentam mais de um bilhão de pessoas.¹³⁶

São especialmente reveladoras as métricas de outras medidas, por exemplo, a Pegada Ecológica desenvolvida pela Global Footprint Network.¹³⁷ A pegada ecológica mede

o (sobre)uso humano da capacidade biológica da Terra. O termo

'biocapacidade' refere-se à produção natural de biomassa derivada das terras cultivadas, campos, florestas ou locais de pesca ou criação de peixes e à capacidade de

absorver os resíduos humanos. O sobreuso da biocapacidade causa danos aos ecossistemas e os leva ao declínio. Resulta que, desde o final dos anos 1980, estivemos "excedendo o limite da Terra",¹³⁸ com uma pegada industrial maior do que a

biocapacidade do planeta. De fato, desde mais ou menos 2003, ultrapassamos o limite em chocantes 25%, "transformando recursos em lixo mais rápido do que a natureza consegue transformar o lixo de volta em recursos".¹³⁹

Se continuarmos na trajetória atual, estaremos utilizando duas vezes a biocapacidade da Terra até 2050 – uma proposta insustentável.

"Propostas recentes de esquemas maciços de bioenergia estão entre os exemplos mais lastimáveis de pensamento idealista e de ignorância das realidades e necessidades ecossistêmicas. Quem os promove ou desconhece ou deliberadamente ignora algumas das descobertas fundamentais dos estudos biosféricos modernos."

– Professor Vaclav Smil, eminente professor do Meio Ambiente, Universidade de Manitoba¹⁴⁰

A biomassa é realmente 'renovável'?

Como as metas globais de energia renovável acabam sendo quase completamente preenchidas com palha (e outras formas de biomassa), grupos ambientalistas e comunidades afetadas por novas usinas de processamento de biomassa começaram a pressionar para que a biomassa seja removida da definição de energia renovável, por razões pertinentes. Usar plantas como fonte de energia é diferente de usar energia solar, eólica e das marés, as quais podem ser melhor denominadas de 'fontes perpétuas de energia', uma vez que sua utilização não diminui os estoques totais. As

árvores, cultivos e outras formas de vida vegetal,

ao contrário, podem se esgotar devido ao excesso de apoderamento. E, o que é

ainda mais importante, o mesmo pode ocorrer com os solos nos quais elas crescem e com os ecossistemas dos quais elas provêm.

Numerosos estudos mostraram que as mudanças no uso da terra e as práticas de manejo da terra associadas com a extração de biomassa podem enfraquecer e destruir ecossistemas e aquíferos,

tornando-os não renováveis. Tirar a cobertura vegetal da terra acelera a erosão do solo e priva o solo de nutrientes,

enquanto as plantações de árvores de crescimento rápido ou monocultivos agrícolas podem reduzir os aquíferos.

Em abril de 2009, uma aliança de 25 grupos ambientalistas e conservacionistas dos EUA escreveu ao Congresso afirmando que a "biomassa não deveria ser considerada renovável, porque a remoção da biomassa, até mesmo de 'restos e resíduos' de florestas, campos ou solos, esgota os nutrientes e resulta em declínio da fertilidade e da biodiversidade. Apesar de ser possível replantar árvores e outras espécies vegetais, não é possível recriar ecossistemas saudáveis."¹⁴¹

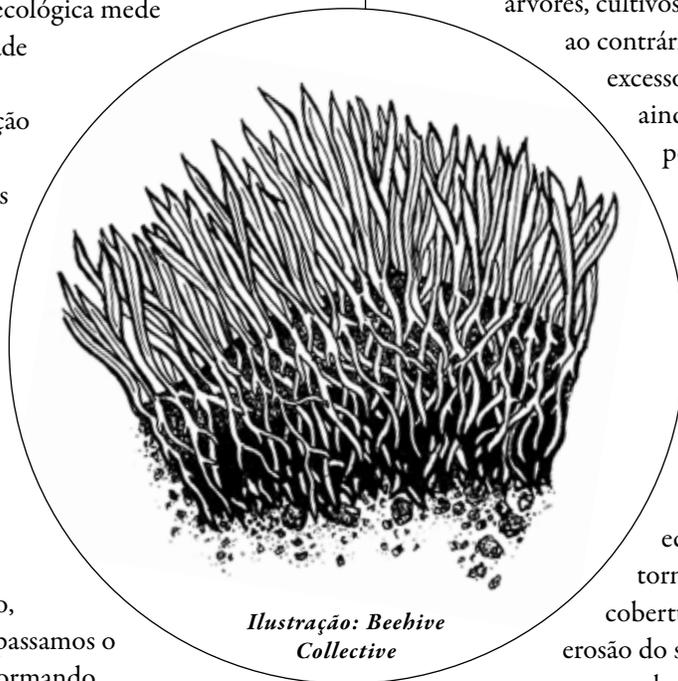


Ilustração: Beehive Collective

Limites planetários para a extração de biomassa?

À medida que avançam as políticas industriais associadas à economia da biomassa, os conservacionistas temem um desastre. Por exemplo, na Bacia Amazônica, a expansão da cana-de-açúcar e da soja (em parte para biocombustíveis) está levando o desmatamento a um ponto em que se considera provável que ocorra um “definhamento” maciço da floresta (a morte progressiva de árvores em escala regional).¹⁴² O impacto potencial de tal morte progressiva da floresta Amazônica seria uma catástrofe global, devido ao seu papel regulador do regime de chuvas e do clima sobre a maior parte da América do Sul, atingindo até o Meio Oeste dos EUA e mesmo tão longe como a África do Sul.¹⁴³

O que um impacto tão dramático nos ensina é que as medidas de funções dos ecossistemas e de biocapacidade, apesar de úteis, fornecem um retrato incompleto dos limites reais para a extração de biomassa e uma visão irrealisticamente linear de como funcionam os ecossistemas e de como eles podem colapsar. Da mesma forma que a ameaça de uma morte progressiva da Amazônia não pode ser medida a partir de um índice de ‘biocapacidade’ mundial, provavelmente há muitos outros ‘limites ecológicos’ que, uma vez ultrapassados, poderiam levar os ecossistemas ao colapso, causando devastadores efeitos não lineares. Pode ser que nunca enxerguemos esses limites chegando até que seja tarde demais.

Numa tentativa de despertar a consciência sobre os limiares catastróficos, um grupo de cientistas ambientais e do sistema Terra, liderados por Johan Rockström, do Centro de Resiliência de Estocolmo, publicou um documento na revista *Nature*, em setembro de 2009, propondo o estabelecimento de nove “limites planetários”.¹⁴⁴ Trata-se de um conjunto de limiares ou pontos de ruptura para além dos quais as mudanças nos processos biofísicos poderiam empurrar o planeta inteiro para uma “mudança ambiental inaceitável”. Os autores descreveram esses limites como as bordas de um “espaço de operação seguro para a humanidade”, afirmando que a interferência humana na biosfera precisa ficar dentro desses limites se quisermos manter o planeta mais ou menos no mesmo estado estável e familiar em que ele esteve durante os últimos 10.000 anos.

De acordo com suas estimativas, pelo menos três dos nove limites planetários que eles identificaram já foram ultrapassados. Apesar do documento Rockström não estabelecer nenhum limite planetário explícito para a apropriação humana de biomassa, manter-se dentro de vários dos limites identificados (como os de mudança no uso da terra e uso excessivo de nitrogênio) parece cada vez mais insustentável dadas as projeções futuras de produção e coleta de biomassa.

Não há biomassa suficiente? Vamos dar um gás nisso...

O fato de o planeta Terra não ter suficiente biomassa contabilizada para uma transição segura para uma economia da biomassa não passa despercebido para os novos senhores da biomassa. Alguns respondem que mudar para a biomassa é apenas uma medida temporária a caminho de um futuro com energia solar ou com energia mais efetivamente renovável. Em outras palavras, entrar no vermelho no banco da biomassa é o mesmo que se endividar em um empréstimo-ponte. Outros estão propondo algo que se parece mais com a inflação – aumentar as quantidades de biomassa global, e especialmente de biomassa celulósica, por meios tecnológicos. Fazer isso trará novos riscos, e não faz sentido acreditar que produzir quantidades industriais de biomassa “extra” poderia, de alguma forma, reverter o declínio da biodiversidade. Como apontam Almuth Ernting e Deepak Rughani, da Biofuelwatch, a contradição permanece: “apesar da evidência esmagadora de que a agricultura industrial e os monocultivos de árvores estão rapidamente esgotando a biosfera, os solos e a água doce em todo o mundo, em um ritmo cada vez mais rápido, propõe-se que ambos podem ser expandidos ainda mais para, de alguma forma, tornar a biosfera muito mais produtiva do que jamais foi até agora.”¹⁴⁵

À medida que se intensifica a busca por biomassa, seguramente veremos mais das seguintes estratégias para ‘aumentá-la’:

Árvores geneticamente engenheiradas – Companhias de biotecnologia como a Arborgen, com sede nos EUA, estão avançando com a bioengenharia de árvores de rápido crescimento para os novos mercados de biomassa. Em maio de 2010, a Arborgen recebeu permissão para liberar no ambiente 260 mil mudas de eucalipto tolerante ao frio em 9 estados norte-americanos, trazendo as espécies de crescimento rápido para latitudes mais ao norte de onde eram possíveis anteriormente. Enquanto isso, cientistas na Universidade de Purdue desenvolveram um álamo de crescimento rápido com menor conteúdo de lignina que, dizem eles, será perfeito para a produção de biocombustível celulósico. Argumentam que alterar a composição de lignina das árvores poderia aumentar a produtividade anual de etanol celulósico obtido de álamo de 1.700 galões para 2.500 galões por hectare.¹⁴⁶ Ironicamente, reduzir lignina das árvores também parece reduzir sua capacidade de sequestrar carbono. De acordo com um estudo, árvores com baixo nível de lignina acumularam 30% menos carbono na planta e 70% menos carbono no solo do que as árvores não geneticamente modificadas.¹⁴⁷

Cultivos para biomassa geneticamente manipulados – Os melhoristas de plantas estiveram buscando, por séculos, melhorar a produtividade, focando sempre no aumento das sementes e dos frutos de cultivos alimentares.

Agora, com a biomassa celulósica ganhando valor, o agronegócio está trabalhando para aumentar a quantidade de talos, folhas, cascas e outros componentes celulósicos de cultivos agrícolas comuns. Por exemplo, um conjunto de patentes depositadas pela BASF revela métodos de manipulação genética do milho e de outros cultivos para aumentar o rendimento de biomassa.¹⁴⁸ Essas patentes também reivindicam a propriedade sobre a própria biomassa obtida quando produzida em milho, soja, algodão, canola, arroz, trigo ou cana-de-açúcar.

Reprogramando a fotossíntese – De acordo com alguns cientistas, o processo natural que transforma luz solar e CO₂ em biomassa é lento e ineficiente na maioria das plantas e pode ser acelerado com um pequeno ajuste genético. Surpreendentemente, reduzir a quantidade de clorofila nas folhas é um método, já que mais luz solar passa através das folhas mais altas para alcançar as folhas mais baixas. De acordo com a *New Scientist*, experimentos com sojas mutantes que continham somente a metade da clorofila produziram 30% mais biomassa.¹⁵⁰



Ilustração: Beehive Collective

Outros truques, que ainda precisam ser aperfeiçoados, incluem alterar o tipo de fotossíntese para um processo que converte carbono em açúcar de forma mais eficiente. Experimentos recentes com arroz pareciam funcionar no

laboratório, mas não no campo. Apesar disso, o Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI, por sua sigla em inglês), em 2008, lançou uma nova iniciativa, financiada pela Fundação Bill & Melinda Gates, para alterar o mecanismo de fotossíntese do arroz. Em novembro de 2009, o Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT, por sua sigla em inglês) lançou seu Consórcio para Elevar o Potencial de Rendimento de Trigo para fazer o mesmo com trigo.¹⁵¹ Outros estão

alterando fotossíntese de outras formas. Por exemplo, cientistas no J. Craig Venter Institute estiveram desenvolvendo cepas sintéticas de algas e bactérias que usam fotossíntese para produzir hidrogênio ao invés de oxigênio. Apesar dessa abordagem não produzir muita biomassa, se tivesse sucesso, ela poderia resultar num combustível altamente apreciado (e precificado) que, quando queimado, somente produz água.¹⁵²

Plantas Terminator – De acordo com o especialista em gramíneas transgênicas Albert Kausch, da Universidade de Rhode Island, conseguir esterilizar as plantas é um tiro certo para aumentar sua biomassa. Plantas estéreis que não utilizam sua energia para produzir flores podem utilizá-la, em vez disso, para produzir mais biomassa.

Biomassa ou biomassacre?

Repetindo a questão: Existe biomassa suficiente no planeta para mudar para uma economia de base biológica? A resposta é claramente ‘Não’.

A ideia alarmante de “ultrapassar o limite da Terra”, o rápido declínio dos ecossistemas globais e a iminente ameaça de limiares catastróficos nos dizem que tentar estabelecer um ‘nível aceitável’ de extração de biomassa é tão inapropriado quanto obrigar um paciente com hemorragia a doar sangue. Já lutando para manter o suporte à vida, o planeta simplesmente não tem nenhuma sobra de biomassa. Até que a civilização industrial reduza substancialmente sua pegada ecológica atual, estamos criticamente no vermelho no banco da biomassa e nos enterrando ainda mais na bancarrota ecológica e possível colapso dos quais não há resgate possível.

Esse pelo menos é o argumento usado numa solicitação de patente de plantas estéreis para biocombustível apresentada pelo professor Kausch e um colega.¹⁵³ A solicitação da patente reivindica propriedade não só dos métodos para aumentar biomassa através de esterilização, mas também sobre qualquer planta produzida, apropriando-se assim diretamente da própria biomassa. Kausch, que está trabalhando com a Vekon Energies da Alemanha, também recebeu 1,5 milhão de dólares da Agência de Proteção Ambiental dos EUA para financiar seu trabalho no que ele chama de projeto 'switchgrass dourado'.¹⁵⁴

Cultivos climáticos – Outra opção para aumentar a biomassa global é equipar geneticamente os cultivos para crescerem em condições inóspitas – por exemplo, em solos salinos, áreas pantanosas ou desertos. As gigantes do agronegócio estão desenvolvendo e comercializando cultivos 'resistentes a estresse abiótico', que podem sobreviver a sal, solos encharcados, seca ou disponibilidade reduzida de nitrogênio e são vendidos como cultivos 'prontos para o clima', pois poderiam, teoricamente, adaptar-se a mudanças climáticas rápidas. Entretanto, esses cultivos também podem ser considerados como prontos para a biomassa, uma vez que podem tornar produtivas terras antes consideradas "marginais", entregando a terra tradicionalmente usada por populações pobres e camponeses para o lucro das corporações. A análise do Grupo ETC descobriu, por enquanto, 262 famílias de patentes de cultivos climáticos, dominadas por seis corporações (DuPont, BASF, Monsanto, Syngenta, Bayer e Dow) e suas parceiras (principalmente Mendel Biotechnology e Evogene). Mais uma vez, as solicitações de patentes estendem-se mais além dos métodos para abarcar a biomassa em si.¹⁵⁵



Ilustração: Beehive Collective

Algas – Enquanto uma árvore pode levar décadas para crescer, e gramíneas e cultivos, alguns meses, as algas duplicam sua massa diariamente, o que significa que aumentar a produção de algas é muitíssimo mais rápido do que tratar de aumentar outras matérias-primas de biomassa. As algas também podem crescer em oceanos, tanques, desertos e banhados, e, por isso, os promotores da bioeconomia alegam que matérias-primas de algas não competem com a produção de alimentos. Isso não é bem verdade, uma vez que a atual produção de algas compete por água, nutrientes e até mesmo por terra (ver mais adiante uma discussão detalhada sobre algas).

“O nome do jogo não é otimização da produção de combustível de biomassa, mas otimização do uso de biomassa para remover carbono da atmosfera.”

– Stuart Strand, pesquisador na Universidade de Washington¹⁵⁶

Geoengenheirando o planeta com biomassa

O papo de incrementar a biomassa global ou “melhorar” a fotossíntese para absorver mais carbono representa tentativas de reengenheirar a produção primária global para além das restrições determinados pela natureza. As tecnologias para alterar o planeta nessa escala são conhecidas como geoengenharia e estão ganhando destaque, especialmente no contexto da crise climática. Enquanto os esquemas de geoengenharia mais difundidos propõem reduzir a quantidade de luz solar na atmosfera para esfriar o planeta, governos e cientistas estão considerando, com entusiasmo, uma segunda categoria de projetos, apelidada de biogeoengenharia, que tenta capturar ou aumentar a produção de biomassa terrestre para sequestrar dióxido de carbono (CO₂).

Geoengenharia: engenharia em escala planetária; manipulação intencional de sistemas da Terra, particularmente, mas não necessariamente, numa tentativa de combater os efeitos da mudança climática.

Ironicamente, o próprio planeta provavelmente já respondeu à elevação do carbono atmosférico aumentando a biomassa. “Entre 1982 e 1999, 25% das áreas da Terra com vegetação apresentaram aumento da produtividade das plantas – de cerca de 6% no total”,¹⁵⁷ explica Ramakrishna Nemani, um cientista de biosfera do Ames Research Center, da NASA. Entretanto, é provável que existam limites para a produção de biomassa, impostos pela nutrição do solo e oceânica, disponibilidade de água, calor e luz do sol. Apesar disso, os biogeoengenheiros estão propondo esquemas para acelerar o ciclo do carbono, o crescimento de biomassa e o sequestro, não para produção de energia ou de materiais, mas com objetivos de manipular o clima.

Exemplos de biogeoengenharia incluem:

Depósito de biomassa

Dois geoengenheiros sediados nos EUA propõem depositar biomassa continuamente no oceano profundo como a forma mais eficiente de “limpar” CO₂ da atmosfera. Os professores Stuart Strand, da Universidade de Washington, e Gregory Benford, da Universidade da Califórnia-Irvine, apelidaram seu projeto de biogeoengenharia de CROPS (sigla em inglês para *Crop Residue Oceanic Permanent Sequestration* – sequestro permanente no oceano por resíduos de cultivos) e calculam que, se 30% dos resíduos dos cultivos agrícolas do mundo (palhas, folhas e restolhos) fossem transportados para o mar e despejados no oceano profundo, 600 milhões de toneladas de carbono seriam removidas anualmente da atmosfera, reduzindo o carbono atmosférico em 15%.

Uma proposta envolve depositar 30% dos resíduos agrícolas dos EUA a 4 metros de profundidade numa área de 260 km² do leito marinho no Golfo do México. “O que for colocado lá ficará lá por milhares de anos”, afirma Strand, argumentando que o leito do mar é demasiado inóspito para a biomassa se decompor.¹⁵⁸ Alguns ecologistas marinhos discordam: “O mar profundo não é um local vazio, escuro, frio e sem vida – ele está cheio de animais que evoluíram para aproveitar qualquer alimento que derive de cima para baixo, terrestre ou não. Por exemplo, a madeira que cai no mar profundo acaba sendo comida”,¹⁵⁹ explica Miriam Goldstein, da Instituição Scripps de Oceanografia. Ensaio de campo de depósitos de biomassa já começaram na costa de Monterey, Califórnia, EUA.¹⁶⁰ Strand e Benford alegam não haver restrições legais que impeçam depositar material agrícola orgânico no mar.

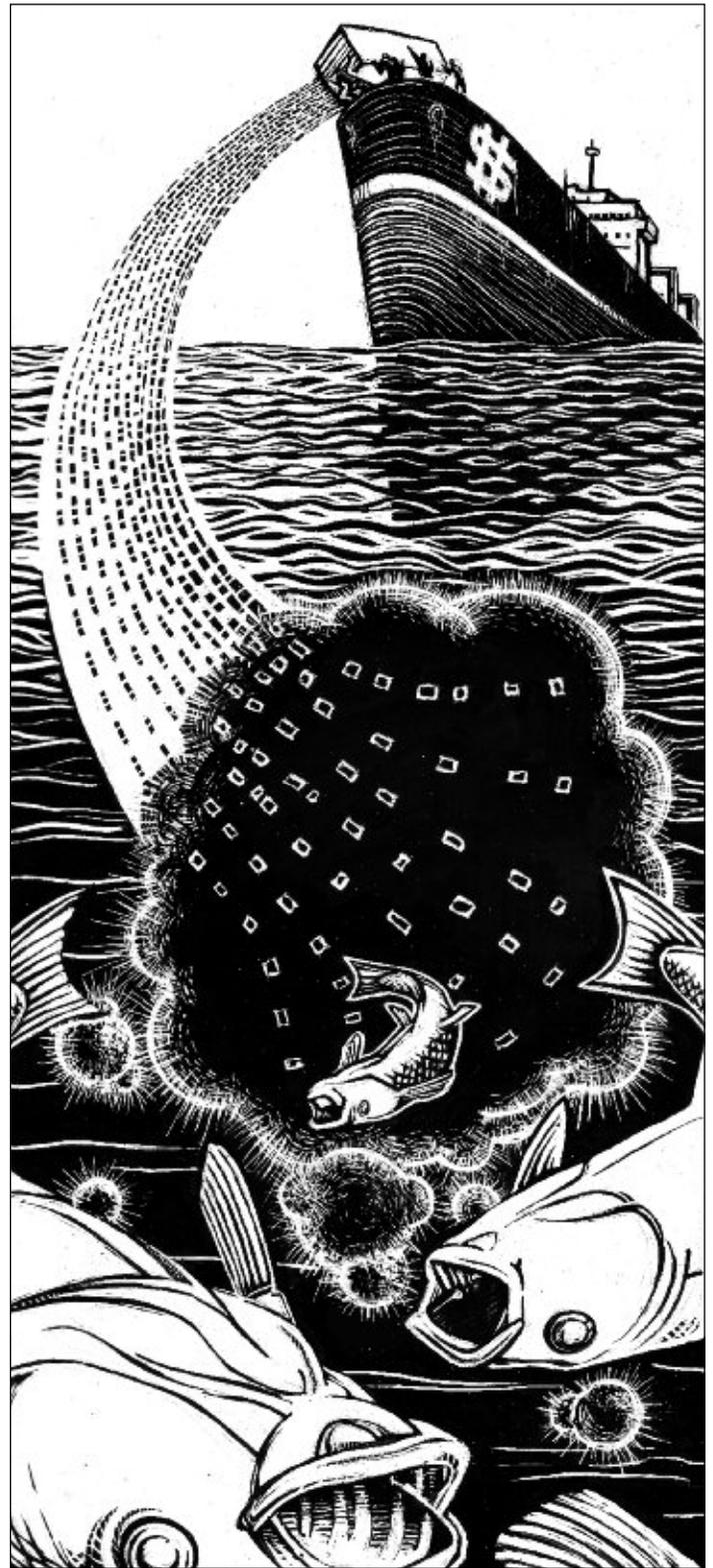


Ilustração: Liz Snook

Fertilização de oceanos (algas marinhas)

Uma forma diferente de depositar material no oceano com fins de geoengenharia propõe jogar ferro, ureia e outros nutrientes na água para estimular o rápido crescimento de plâncton (algas). A teoria da fertilização de oceanos argumenta que a adição de nutrientes nos mares provocará florescimentos maciços de plâncton, que vai rapidamente absorver CO₂ e depois afundar para o leito do oceano, sequestrando o carbono.¹⁶¹

Que a adição de ferro, fosfato ou ureia a oceanos promove o florescimento de algas está bem provado, tanto por experimentos internacionais de fertilização de oceanos como pela existência de vastas zonas mortas oceânicas onde o escoamento superficial de insumos agrícolas dá origem a algas. Que os florescimentos produzidos artificialmente irão sequestrar dióxido de carbono de forma permanente é muito mais controverso.

Os florescimentos artificiais de plâncton parecem ter uma estrutura ecológica diferente da dos naturais, podem dar origem a espécies perigosas e provocar a liberação de potentes gases de efeito estufa, como metano e óxido nitroso.¹⁶² Eles também podem provocar a desoxigenação da água, sufocando a diversidade biológica. Embora a Convenção sobre Diversidade Biológica tenha declarado, em 2008, uma moratória de fato para as atividades de fertilização de oceanos, companhias privadas como a Climos, Ocean Nourishment Corporation (ONC) e Planktos Science ainda esperam lucrar com essa atividade. Tanto a ONC quanto a Planktos Science também estão interessadas em utilizar a biomassa resultante para outros fins (aumento dos estoques de peixes e biocombustíveis).

Energia de biomassa com sequestro de carbono

Ainda que a queima de biomassa para eletricidade seja, em geral, apresentada (erroneamente) como ‘carbono neutro’, alguns defensores da biomassa alegam que o processo, com algum ajuste tecnológico adicional, poderia até mesmo se tornar ‘carbono negativo’. Para conseguir isso, eles sugerem juntar tecnologia de ‘captura e armazenamento de carbono’ (CCS, por sua sigla em inglês) a queimadores de biomassa ou a usinas de produção de biocombustível.¹⁶³

Enquanto a tecnologia CCS ainda não existe e talvez nunca exista como uma tecnologia viável comercialmente devido aos grandes riscos ambientais que implica, a ideia de limpar quimicamente o CO₂ de chaminés e, então, enterrá-lo na forma líquida ou sólida está à frente e no centro das respostas da OECD para a mudança climática. Para pretensos geoengenheiros, os argumentos de que a Bioenergia com Armazenamento de Carbono (BECS, por sua sigla em inglês) limpa carbono duas vezes (uma vez quando a biomassa cresce e a segunda vez quando o CO₂ é armazenado) são muito atraentes.

Numa série de ensaios sobre “gestão do estoque de carbono da biosfera”, Peter Read, da Universidade Massey da Nova Zelândia, propôs plantar 1 bilhão de hectares de árvores de rápido crescimento para a geração de eletricidade e sequestro de carbono como um esquema de geoengenharia que poderia restaurar a atmosfera baixando os níveis de carbono.¹⁶⁴ Ele e outros proponentes da obtenção de energia a partir da biomassa com sequestro de carbono (BECS) sugeriram ainda que converter a biomassa em carvão para depois enterrar no subsolo (biochar) também poderia esfriar o planeta se efetuado numa escala grande o suficiente.

A nova economia da biomassa: 10 mitos

1. Basear nossa economia na biomassa é natural: fizemos isso antes e está na hora de fazer de novo.

O argumento: no passado, nossas economias usaram biomassa como sua matéria-prima principal, e, na realidade, as economias de muitas sociedades tradicionais ainda subsistem em grande parte em função da biomassa. Basear nossas economias em materiais orgânicos, naturais, providos pelos ecossistemas é uma opção que está em harmonia com os limites da generosidade da natureza.

A realidade: é hipócrita, ou ingênuo, argumentar que economias em pequena escala baseadas na biodiversidade são exemplos a seguir para a transformação em escala industrial de grandes quantidades de biomassa indiferenciada visando ao mercado global. Nos últimos momentos em que a economia mundial funcionou principalmente a base de matéria vegetal (nos anos 1890), ela precisava de um vigésimo da energia que consome hoje. Mesmo naquela época, economistas contemporâneos se preocupavam com as consequências sobre o uso da terra devidas ao fato de se ter que manter um abastecimento suficiente de biomassa. Não há nada natural ou sustentável na extração de madeira em escala industrial ou nos modernos monocultivos industriais agrícolas ou de árvores. A história ambiental nos ensina que, quando os recursos naturais são sobre-explorados, o resultado é frequentemente o colapso da civilização.

2. A biomassa é uma fonte de energia carbono neutro e uma solução para a mudança climática.

O argumento: uma vez que o carbono liberado pela queima de biomassa pode ser sequestrado pelas novas plantas, de reposição, o uso de biomassa para energia tem um total líquido de emissões de carbono para a atmosfera igual a zero e, assim, não contribui para o aquecimento global antropogênico.

A realidade: a queima de biomassa pode liberar quantidades de dióxido de carbono ainda maiores nas chaminés ou canos de descarga do que a queima de recursos fósseis, uma vez que o material vegetal tem uma menor densidade energética. Os gases de efeito estufa liberados não serão absorvidos pelas novas plantas de reposição num prazo curto. No caso de espécies de vida longa, especialmente árvores, a quantidade de carbono liberada provavelmente não será absorvida de forma suficientemente rápida para evitar um aumento perigoso das temperaturas globais. Além do mais, a produção de energia ou produtos a partir da biomassa envolve aumentar outras fontes de emissões de carbono, que podem ser consideráveis, em particular as emissões do solo em consequência de mudanças no uso da terra, as emissões de práticas agrícolas - incluindo o uso de fertilizantes e agrotóxicos baseados em combustível fóssil - e as emissões derivadas de colheita, processamento e transporte da biomassa.

3. A biomassa é um recurso renovável.

O argumento: a biomassa é composta por organismos vivos (ou que já foram vivos), principalmente plantas, que podem crescer num curto período de tempo, ao contrário de recursos minerais, que só podem ser substituídos em eras geológicas. A economia da biomassa é, portanto, uma economia em “regime permanente”.

A realidade: apesar das plantas poderem ser renováveis num curto período de tempo, pode não ocorrer o mesmo com os solos e os ecossistemas dos quais elas dependem. A agricultura industrial e a extração de biomassa florestal roubam nutrientes, matéria orgânica, água e estrutura dos solos, reduzindo sua fertilidade e tornando os ecossistemas mais vulneráveis ou, inclusive, propensos ao colapso. O uso de químicos industriais associado a um manejo deficiente do solo pode piorar as coisas ainda mais. Na prática, portanto, em geral a biomassa só é verdadeiramente renovável quando extraída em quantidades tão pequenas que não são interessantes para a indústria.

4. Há biomassa suficiente, especialmente biomassa celulósica, para substituir o carbono fossilizado.

O argumento: nosso planeta tem abundante produção anual de árvores, plantas, algas, gramíneas e outras fontes celulósicas, que geralmente crescem em terras improdutivas e marginais e estão disponíveis para serem transformadas em combustíveis, produtos químicos e outros materiais celulósicos. A produção primária líquida do planeta é 5 a 6 vezes maior do que seria necessário para alimentar toda a economia com base em energia derivada de biomassa.

A realidade: longe de ter biomassa suficiente para abastecer uma economia baseada nela, já estamos muito afundados no vermelho no banco da biomassa. Os seres humanos já usam um quarto da produção primária líquida da terra para alimento, aquecimento e abrigo. As tentativas de definir um limite para o uso humano dos recursos naturais, para além do qual os ecossistemas perdem resiliência e começam a colapsar, revelam que há vinte anos consumimos além desses limites e agora estamos severamente ‘excedendo o limite da Terra’.

5. Com o tempo podemos aumentar a produção de biomassa.

O argumento: ao contrário dos depósitos fósseis e minerais, os quais são finitos, é possível aumentar a produção total de biomassa, através do manejo cuidadoso de terras improdutivas, do aumento do uso de fertilizantes, ou através da reengenharia de plantas e algas para aumentar a produtividade. Dessa forma, uma economia baseada em biomassa não tem as mesmas restrições de escassez que economias baseadas em combustíveis fósseis.

A realidade: a produção global de biomassa já está em níveis historicamente altos, e há limites quanto à quantidade de biomassa de que o planeta pode abrir mão. Esses limites são ditados pela disponibilidade de água, de determinados minerais e fertilizantes e pela saúde dos ecossistemas. A escassez mundial de fosfato, por exemplo, pode não receber tanta atenção quanto o pico do petróleo, mas irá exercer um impacto significativamente negativo nas tentativas de aumentar artificialmente a produtividade. Também não há tanta terra ‘improdutiva’ disponível. Num exame mais minucioso, em geral tais terras são a base dos meios de subsistência que alimentam a maioria dos pobres do mundo. Tentativas de forçar a terra a produzir mais podem destruir completamente a fertilidade do solo.



Origami: Elkosi

6. Os combustíveis e produtos químicos celulósicos resolvem o dilema “alimento versus combustível”

O argumento: enquanto a utilização de açúcares e óleos de cultivos alimentícios como milho, canola e dendê como matérias-primas de biomassa pode competir diretamente com os usos para fins alimentares e provocar um aumento nos preços dos alimentos, isso não ocorre quando se usa a parte celulósica dos cultivos, transformando materiais residuais (como cascas e palhadas) em uma valiosa segunda fonte de ganhos para os agricultores. Além disso, lascas de madeira, gramíneas celulósicas e outros cultivos para energia podem ser obtidos de terras que não são utilizadas para a produção de alimentos, favorecendo a economia rural e, ao mesmo tempo, protegendo a segurança alimentar.

A realidade: apesar de não podermos comer diretamente as partes celulósicas das plantas, elas fornecem um serviço de muito valor devolvendo nutrientes, estrutura e fertilidade aos solos agrícolas. A remoção desses ‘resíduos agrícolas’ na escala prevista provavelmente levará a um declínio na produtividade, a um drástico aumento no uso de fertilizantes sintéticos, ou a ambos. Também não é verdade que os cultivos e plantações para celulose não competem com os cultivos alimentares pelo uso da terra. Estamos vendo terras que atualmente fornecem alimentos para populações pobres e marginalizadas sendo convertidas para cultivos bioenergéticos. É de se esperar que essa tendência se intensifique à medida que cultivos celulósicos ganham maior valor econômico. Cultivos celulósicos também competem com cultivos alimentares por água e nutrientes.

7. Plásticos e produtos químicos de base biológica são mais amigáveis para o ambiente do que químicos baseados em combustível fóssil.

O argumento: como os componentes básicos dos produtos químicos e plásticos derivados da biomassa são amidos e açúcares ao invés de minerais fósseis, é mais fácil projetar químicos e bioplásticos verdes que se decomponham completamente em suas partes constituintes e não tenham a toxicidade dos produtos químicos e polímeros derivados de combustíveis fósseis.

A realidade: enquanto pode ser verdade que, em alguns casos, os plásticos e químicos derivados de biomassa podem ser projetados para ser menos tóxicos e persistentes no ambiente, no geral, isso não é verdade. O polímero propanediol (Sorona), da DuPont, um dos principais bioplásticos comerciais, transforma anualmente 150 mil toneladas de alimento biodegradável (milho) em 45 mil toneladas de plásticos não degradáveis. De forma crescente, as companhias químicas estão concebendo formas de produzir compostos extremamente tóxicos como o PVC a partir de açúcares de biomassa ao invés de hidrocarbonetos. À medida que a indústria química for se movendo para a produção de base biológica, veremos muitos dos mesmos compostos tóxicos no mercado serem produzidos a partir de carbono novo (plantas) ao invés de carbono fossilizado (petróleo).



Fotomontagem: Karl Adam

8. A biomassa é boa para a economia global, ajudando o desenvolvimento econômico no Sul e criando “empregos verdes” no Norte.

O argumento: à medida que as indústrias de “energia limpa” forem criando raízes em todo o mundo, elas disponibilizarão empregos qualificados, de alta tecnologia, que também são amigáveis ao ambiente. Novos empregos em fábricas que utilizam processos de base biológica são qualificados como ‘trabalhos verdes’, oferecendo oportunidades de emprego ao mesmo tempo que melhoram as indústrias poluidoras. O processo de produção com biomassa também oferece a possibilidade de estímulo econômico às economias rurais e do Sul, que podem alocar terras para plantar cultivos e plantações para biomassa lucrativos e podem construir instalações para a biomanufatura perto de grandes fontes de celulose ou de outra biomassa. A bioenergia pode também receber dinheiro extra para desenvolvimento sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kioto.

A realidade: as tecnologias da biomassa estão em grande medida sujeitas a patentes e a outras reivindicações de propriedade, e as tentativas de países para desenvolver indústrias manufatureiras de base biológica estarão sujeitas a royalties e/ou taxas de licenciamento. A agricultura e as plantações industriais já são controladas por um punhado de companhias transnacionais. Além disso, não há razão para supor que as biorrefinarias e os monocultivos para energia sejam de alguma forma ‘verdes’ ou seguros para os trabalhadores. Somando-se aos efeitos nocivos dos insumos químicos e das técnicas de produção de monoculturas a humanos e ao ambiente, os organismos sintéticos também podem se revelar tanto danosos ambientalmente quanto perigosos para a saúde dos trabalhadores. O Brasil oferece um exemplo da vida real que serve de alerta: as condições dos cortadores de cana-de-açúcar para bioenergia (atualmente etanol) envolvem a exposição a altos níveis de agrotóxicos e a perigosa poluição do ar. Longe de auxiliar comunidades marginais, as novas plantações para bioenergia, acreditadas pelo MDL ou por outros mecanismos, podem invadir diretamente as terras de camponeses e produtores em pequena escala, roubando deles o controle da produção de alimentos, da água e da saúde dos ecossistemas nos quais eles vivem.

9. Uma economia da biomassa reduz a instabilidade política/guerras/terrorismo associados com os petrodólares.

O argumento: as guerras por petróleo, gás natural e outros recursos fósseis foram uma característica dominante no final do século XX e início do século XXI. Os lucros inflacionados da extração de petróleo no Oriente Médio e em outros lugares reforçaram indiretamente grupos extremistas e alimentaram tensões geopolíticas. Em sua corrida para controlar os bolsões remanescentes de petróleo e gás, as companhias de petróleo têm desprezado os direitos humanos e as reivindicações territoriais de comunidades indígenas e tradicionais. Diferentemente de recursos fósseis, a biomassa se distribui de maneira mais uniforme por todo o planeta e permitiria às economias industriais alcançar independência energética, cortando o fluxo de caixa para regiões instáveis do globo.

A realidade: eliminar os hidrocarbonetos fósseis da matriz energética global (ainda que isso fosse possível ou provável) não iria dissolver magicamente as tensões geopolíticas. Da mesma forma que os recursos fósseis, a biomassa se distribui de maneira desigual ao redor do globo, e já há uma corrida para assegurar e controlar a terra, a água e os minerais estratégicos, bem como a propriedade intelectual, que possibilitarão a nova economia da biomassa. As lutas pelos escassos recursos de água doce e pelos oceanos e desertos podem se tornar mais comuns, especialmente à medida que amadureçam as tecnologias de biomassa de algas. O agronegócio, as companhias de florestamento e a indústria do açúcar não são mais respeitosos com direitos humanos e reivindicações de soberania do que as grandes petroleiras tem sido: para as comunidades que lutam contra as plantações celulósicas, a grilagem legal de terras, o roubo de água ou o corte ilegal de árvores, as guerras pela biomassa já começaram.

10. As tecnologias de biomassa precisam de apoio como um passo de transição para uma nova matriz energética, que inclui a energia nuclear, eólica, “carvão limpo”, etc.

O argumento: diante dos enormes desafios energéticos, a sociedade global deve mudar a forma como produzimos energia. Entretanto, ainda é muito cedo para saber qual será a nova matriz energética, pois as tecnologias relevantes ainda não estão prontas. Enquanto a biomassa pode acabar tendo apenas um pequeno papel na nova economia da energia, sua vantagem é que ela pode ser rapidamente implementada agora, como uma fonte de energia tapa-buraco enquanto a sociedade se move para soluções de mais longo prazo que ainda não estão completamente desenvolvidas ou que necessitam mais tempo para ganhar escala, como a energia de hidrogênio, a fusão nuclear e o ‘carvão limpo’. A enormidade do desafio da transição de energia significa que as tecnologias de biomassa devem ser exploradas e desenvolvidas como forma de aumentar o espectro de opções disponíveis.

A realidade: no fundo, a sociedade global está diante não apenas de uma crise de energia, mas de uma crise de produção e consumo excessivos. Comparar o valor de uma economia abastecida por biomassa com outros modelos de produção injustos, como a energia nuclear ou o sequestro e armazenamento de carbono, é entender tudo errado. A redução em toda a demanda de energia é politicamente mais difícil de engolir, mas é ecologicamente imprescindível. Aumentar o apoio à agricultura camponesa descentralizada, a qual não alimenta a mudança climática e assegura a soberania alimentar, é um outro jeito de resolver nossas crises globais.

Segunda parte: As ferramentas e os atores



Numa fábula apropriada à bioeconomia de hoje, o anão Rumpelstiltskin cobrou um preço com alto custo humano (o primogênito da fiandeira) por sua tecnologia de transformar palha em ouro com uma roca. Ilustração de Rumpelstiltskin da Household Stories dos Irmãos Grimm, 1886

A nova bioalquimia Equipando-se para o assalto

Sonhos de transformar biomassa barata em commodities valiosas não são nenhuma novidade. Em um conto popular alemão recolhido no século XIX, um anão chamado Rumpelstiltskin transforma palha em ouro usando uma roca. Rumpelstiltskin era, em parte, uma caricatura dos alquimistas da época (alquimia significa ‘transformação’), que buscavam maneiras de transformar materiais naturais comuns em produtos altamente valiosos. De fato, todo um ramo da alquimia, a espagíria, dedicava-se a transformar a matéria vegetal para fins mais elevados.¹⁶⁵ Algumas das buscas centrais da alquimia, como a de desenvolver panaceias e de criar um solvente universal que reduziria toda matéria a suas partes constituintes, têm eco nos esforços de hoje para desenvolver celulases (enzimas que quebram a celulose) de plantas e transformar palha em combustíveis e materiais celulósicos. Há quatro plataformas abrangentes para transformar a biomassa.



Combustão

A maneira mais fácil de obter valor de um monte de biomassa é jogar um fósforo aceso: a queima extrai a máxima produção de energia da biomassa. Alguns exemplos de técnicas de combustão incluem a combustão aberta (queima com oxigênio), a pirólise (queima sem oxigênio), a gaseificação de biomassa (queima em temperaturas muito altas com quantidade controlada de oxigênio) e a gaseificação por arco de plasma (aquecimento da biomassa com uma corrente elétrica de alta voltagem).



Química

Assim como os químicos do petróleo aperfeiçoaram o ‘craqueamento’ de moléculas complexas de hidrocarbonetos em moléculas mais simples utilizando calor, pressão e catalisadores ácidos, é possível usar técnicas similares para quebrar carboidratos na biomassa para transformá-los em produtos de química fina, polímeros e outros materiais. Técnicas termoquímicas (como o processo Fischer-Tropsch) transformam material lignocelulósico em hidrocarbonetos. A extração de proteínas e aminoácidos rende compostos valiosos. Técnicas de fermentação, às vezes combinadas com engenharia genética e biologia sintética (ver nas páginas seguintes), também podem produzir proteínas que podem ser refinadas ainda mais em plásticos, combustíveis e produtos químicos.



Biotecnologia / Engenharia Genética

Tanto a fermentação de açúcares de plantas em alcoóis quanto o melhoramento tradicional de plantas foram utilizados durante milhares de anos. Agora, foram introduzidas novas tecnologias genéticas, que estão estimulando muito do entusiasmo industrial em torno da biomassa. Elas incluem novos enfoques da engenharia genética (DNA recombinante) para modificar plantas para que expressem mais celulose ou quebrem mais rapidamente para a fermentação ou cresçam em solos e condições climáticas menos favoráveis. Mais recentemente, a biologia sintética (ver nas páginas seguintes) permite o desenvolvimento de novos organismos que são mais eficientes em captar a luz solar ou o nitrogênio ou que podem gerar enzimas totalmente novas (proteínas biologicamente ativas). Essas enzimas são utilizadas para realizar reações químicas ou para produzir novos compostos a partir de matéria vegetal.

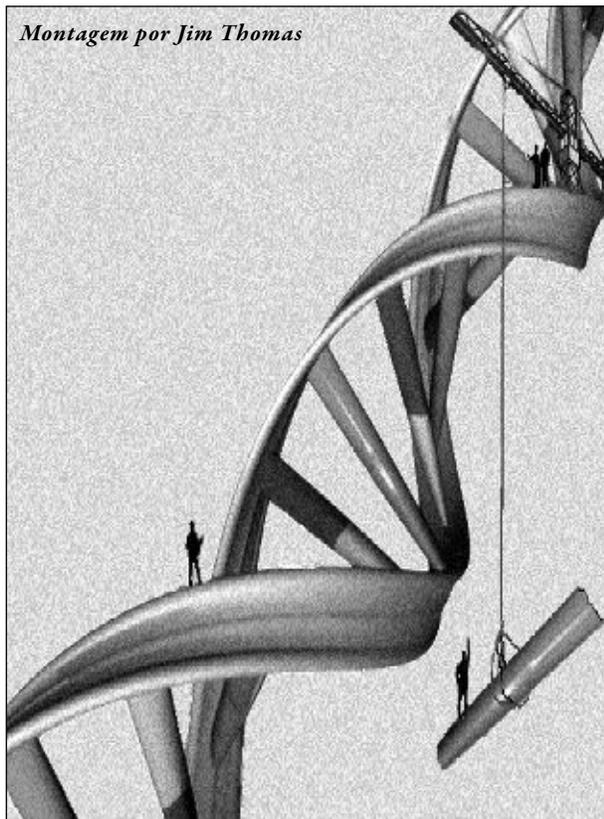


Nanotecnologia

A nanotecnologia refere-se a um conjunto de técnicas que usam e manipulam

as propriedades incomuns que as substâncias exibem quando elas estão na escala de átomos e moléculas (mais ou menos abaixo de 300 nm). Há interesse crescente por parte da indústria em transformar estruturas em nanoescala encontradas na biomassa para novos usos industriais. Os pesquisadores estão interessados na nanocelulose como uma nova matéria-prima, beneficiando-se da longa estrutura fibrosa da celulose para construir novos polímeros, materiais “inteligentes”, nanossensores ou mesmo produtos eletrônicos. A pesquisa em nanobiotecnologia visa modificar as propriedades em nanoescala de madeira viva e de outras matérias-primas de biomassa para alterar suas propriedades materiais ou de produção de energia.

Montagem por Jim Thomas



A ideia é que microrganismos em tanques de fermentação transformarão a biomassa numa ampla gama de produtos químicos, plásticos, combustíveis, fármacos e outros compostos de alto valor. A biologia sintética refere-se a um conjunto de técnicas de ‘engenharia genética extrema’ que envolvem a construção de sistemas genéticos inovadores utilizando princípios de engenharia e DNA sintético.¹⁶⁷ A biologia sintética difere das técnicas ‘transgênicas’, que ‘cortam e colam’ sequências de DNA (existentes na natureza) de um organismo para outro

com o objetivo de alterar o comportamento de um organismo (por exemplo, inserindo genes de bactéria em milho ou genes humanos em arroz).¹⁶⁸ Em vez disso, os biólogos sintéticos constroem DNA do zero, utilizando uma máquina chamada sintetizador de DNA, a qual pode

‘imprimir’ o DNA sob encomenda. Dessa maneira, eles são capazes de alterar radicalmente a informação codificada no DNA, criando instruções genéticas totalmente novas e desencadeando uma série de reações químicas complexas dentro da célula, conhecidas como uma via metabólica. Na prática, a nova fita de DNA, sintético, ‘sequestra’ a maquinaria da célula para produzir substâncias que não são produzidas naturalmente.

Ao fazer isso, os biólogos sintéticos alegam que estão se tornando especialistas em reprogramar células simples como leveduras e bactérias para se comportarem como fábricas. Nos últimos cinco anos, a biologia sintética passou de uma ciência ‘marginal’ – um híbrido de engenharia e programação de computadores, distante da biologia – para uma área de intenso interesse e investimento industrial.

Biologia sintética – virando o jogo para a biomassa

Enquanto as áreas de rápido crescimento para a biomassa comercial, ao longo dos próximos anos, são relativamente de baixa tecnologia – por exemplo, queimar biomassa para produzir eletricidade – no longo prazo, a biologia sintética promete expandir as possibilidades comerciais, acelerando a apropriação da biomassa global.

A biologia sintética é uma indústria que cria ‘organismos projetados’ para atuar como ‘fábricas vivas’.

“Nos próximos 20 anos, a genômica sintética vai se tornar o padrão para fazer qualquer coisa. A indústria química vai depender dela. Com um pouco de sorte, uma grande parte da indústria de energia vai depender dela.”

– J. Craig Venter, fundador da Synthetic Genomics, Inc.¹⁶⁶

Organismo sintético: forma de vida fabricada por uma máquina; um organismo vivo (geralmente levedura ou bactéria) ao qual foram adicionados filamentos de DNA construídos por uma máquina chamada sintetizador de DNA empregando as técnicas da biologia sintética.

Biologia sintética: imprevisível, não testada e pouco compreendida

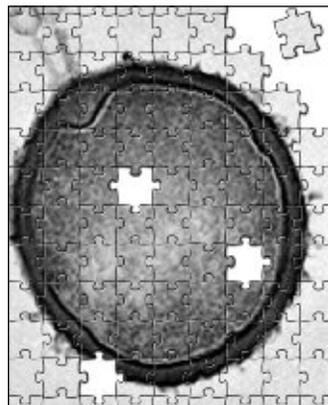
“Se um microrganismo sintético é construído combinando-se... elementos genéticos em uma nova forma, faltará a ele uma linhagem genética clara, e poderiam surgir ‘propriedades novas’ resultantes das interações complexas de seus genes constituintes. Assim, os riscos decorrentes da liberação acidental de um organismo desse tipo do laboratório seriam extremamente difíceis de avaliar antecipadamente, incluindo sua possível dispersão para nichos ecológicos novos e a evolução de características novas e potencialmente perigosas.”

– Jonathan B. Tucker e Raymond Zilinskas, “The Promise and Perils of Synthetic Biology”¹⁶⁹

Para observadores da sociedade civil, o que é mais surpreendente em relação à biologia sintética não é tanto sua pretensão de refazer as partes da vida, mas a rapidez com que está entrando em uso comercial – sem qualquer supervisão. Organismos construídos sinteticamente já são empregados na produção de milhares de toneladas de biocombustíveis e de produtos químicos de base biológica, muito antes de pesquisa ou debate sobre sua segurança e eficácia ou sobre os pressupostos subjacentes às técnicas envolvidas.

Por exemplo, os biólogos sintéticos atuam sob o pressuposto de que o DNA – uma molécula de açúcar associada a quatro tipos de compostos químicos organizados em uma sequência particular – forma um código que instrui um organismo vivo em como crescer, funcionar e se comportar. Ao reescrever esse código, os biólogos sintéticos afirmam que são capazes de programar formas de vida quase como se programa um computador. Esses pressupostos são baseados num modelo de sistemas genéticos que tem mais de 50 anos, conhecido como o ‘dogma central’ da genética. Entretanto, a exatidão desse dogma está se tornando cada vez menos garantida.

Novas pesquisas na ciência genética, particularmente nos campos da teoria dos sistemas de desenvolvimento e da epigenética, questionam a importância dada ao código do DNA. Os teóricos de sistemas de desenvolvimento destacam que elementos complexos de todo tipo, tanto dentro como fora de uma célula viva, influenciam na maneira como um organismo vivo se desenvolve, e isso não pode ser determinado *a priori* enfocando somente o código de DNA.¹⁷⁰ Os geneticistas especializados em epigenética (que estuda os fatores não genéticos no desenvolvimento de organismos) argumentam que componentes mais sutis, como as substâncias químicas orgânicas que envolvem o DNA (conhecidas como grupos metila), podem ter um efeito tão grande na forma como um organismo se desenvolve quanto tem o DNA. E que fatores ambientais como estresse e clima também podem interferir na mesma dimensão.



Montagem: Jim Thomas, a partir de uma foto de A. J. Can

De fato, os biólogos sintéticos frequentemente relatam que seus programas de DNA cuidadosamente projetados, que funcionam perfeitamente num computador (*in silico*), não funcionam em organismos vivos sinteticamente engenheirados ou apresentam efeitos colaterais inesperados sobre o comportamento de um organismo.¹⁷¹ Acontece que a biologia é desordenada.

Aplicar a padronização e o rigor da engenharia ao mundo biológico é teoricamente interessante, mas pode não ser compatível com sistemas vivos. “Os engenheiros podem vir e reconectar isso e aquilo. Mas os sistemas biológicos não são simples”, explica Eckard Wimmer, um biólogo sintético na Universidade Estatal de Nova Iorque em Stonybrook, e acrescenta, “Os engenheiros vão descobrir que as bactérias estão simplesmente rindo deles.”¹⁷² Como admite o biólogo sintético James Collins, da Universidade de Boston, “Se você tem um conhecimento incompleto, então é bem provável que você esteja a fim de algumas surpresas.”¹⁷³

A probabilidade de que apareçam comportamentos inesperados torna ainda mais surpreendente o fato de não existir uma metodologia para testar as implicações de segurança de um organismo sintético novo sobre a saúde e o ambiente. Os mecanismos de regulamentação existentes para avaliar a segurança de organismos transgênicos ‘convencionais’ baseiam-se numa ideia controversa conhecida como ‘equivalência substancial’,¹⁷⁴ a qual dá um palpite aproximado de como pode se comportar a combinação dos genes inseridos com o organismo receptor. No entanto, a equivalência substancial é totalmente inapropriada para avaliar organismos construídos sinteticamente: os biólogos sintéticos não estão simplesmente movendo sequências genéticas distintas entre espécies – eles rotineiramente inserem sequências construídas de DNA retirado de vários organismos diferentes. Eles podem também incluir seções de DNA que nunca existiram antes na natureza, as quais resultam de mutações provocadas por uma técnica de laboratório chamada ‘evolução direta’ ou foram desenhadas usando um programa de computador e, posteriormente, construídas do zero por uma máquina de síntese de DNA. Por exemplo, a levedura sintética desenhada pela Amyris Biotechnologies, que está para ser utilizada comercialmente em larga escala no Brasil, tem DNA adicional construído a partir de 12 genes sintéticos, tirados em sua maior parte de plantas, mas todos levemente alterados para funcionar num determinado micróbio.¹⁷⁵

No futuro, esses organismos podem ser construídos a partir de centenas de fontes diferentes. Como observou um grupo de biólogos sintéticos em 2007, “como avaliar tais construções quanto à segurança biológica permanece obscuro.”¹⁷⁶

Mesmo organismos sintéticos aparentemente mais simples apresentam perspectivas “obscuras” quanto à avaliação de segurança. “Em função da falta de evidência empírica, o inventor de um microrganismo sintético não conseguiria prever, com nenhum grau de confiança, os efeitos de sua liberação sobre a saúde humana e o ambiente”, dizem os biocientistas Jonathan Tucker e Raymon Zilinskas, do Instituto Monterey de Estudos Internacionais. “Mesmo se as fontes de todas as partes de um microrganismo sintético fossem conhecidas, e cada novo circuito genético fosse entendido, seria difícil prever antecipadamente se o organismo teria quaisquer ‘propriedades emergentes’ inesperadas.”¹⁷⁷ Por exemplo, mesmo se as sequências genéticas adicionadas a um organismo sintético não forem consideradas patogênicas (causadoras de doenças), ainda há a possibilidade delas se tornarem patogênicas no interior do organismo sintético. O ex-controlador ambiental dos EUA Michael Rodemeyer destacou, em uma resenha sobre questões de segurança em biologia sintética, que a engenharia genética resultou em riscos inesperados à saúde no passado, por exemplo, quando um vírus da varíola murina que se destinava a esterilizar camundongos, pelo contrário, criou uma cepa supervirulenta da varíola murina.¹⁷⁸ Os riscos ecológicos da biologia sintética também são significativos, tanto no caso de liberação ambiental intencional de organismos sintéticos (por exemplo, cultivos e algas) quanto no escape acidental das biorrefinarias. Uma vez que as espécies que geralmente estão sendo modificadas (como algas, *E. coli* e leveduras) são muito comuns no ambiente, existe a possibilidade de cruzamento com espécies naturais e de contaminação de comunidades microbianas no solo, mares e animais, incluindo os humanos. Os micróbios se propagam e mutam rapidamente e também se movem através do solo, cursos de água e outras rotas, então, pode ser especialmente difícil rastrear os escapes. Os biólogos sintéticos sustentam que suas criações feitas em laboratório provavelmente são muito fracas para sobreviver fora das condições otimizadas nas quais elas foram desenvolvidas; contudo, essa hipótese provou-se errada antes.



Quando, nos anos 1990, aprovou-se pela primeira vez a liberação de cultivos transgênicos como milho, algodão e soja, as companhias de biotecnologia asseguraram aos reguladores que eles também seriam muito frágeis para cruzar com os cultivos convencionais. Duas décadas depois, grande parte dos cultivos de milho, canola e algodão do mundo foram contaminados com os genes engenheirados devido à mistura de sementes e à polinização cruzada.

Organismos sintéticos como biofábricas

A indústria já aproveita rotineiramente as leveduras naturais para atuarem como diminutas biofábricas. Por exemplo, elas transformam açúcar de cana em etanol ou trigo em cerveja. Contudo, ao se alterar a levedura (ou outros micróbios), a mesma matéria-prima de açúcar pode ser transformada flexivelmente em produtos que são novidades, dependendo de como a informação genética da levedura foi “programada”.

Bilhões de micróbios sintéticos contidos num único tanque industrial podem ingerir matérias-primas de açúcar e excretar combustíveis de hidrocarboneto com as propriedades da gasolina (em vez do usual etanol). Os mesmos micróbios, se programados de forma diferente, podem excretar um polímero, um produto químico para fazer borracha sintética ou um produto farmacêutico. Na prática, o micróbio se tornou uma plataforma de produção de diferentes compostos químicos.

“Os engenheiros químicos são bons em juntar montes de peças ao mesmo tempo para fazer uma fábrica química de grande escala, e isso é o que estamos fazendo na engenharia biológica moderna. Estamos pegando montes de pequenas peças genéticas e colocando elas juntas para construir um sistema completo”, explica o pioneiro da biologia sintética Jay Keasling, do Instituto Misto de BioEnergia do Departamento de Energia dos EUA. “Realmente, estamos desenhando a célula para ser uma fábrica química. Estamos construindo as fábricas químicas modernas do futuro.”¹⁸⁰ O escritor da *Grist*, David Robert, explica a visão da biologia sintética de forma mais sucinta: “... micróbios geneticamente engenheirados vão comer açúcar e cagar petróleo.”¹⁸¹

“A biologia sintética produzirá organismos com múltiplas características de múltiplos organismos, e, portanto, pode ser difícil prever suas propriedades.”

– Opinião da Comissão Europeia sobre a ética da biologia sintética¹⁷⁹

Enzimas sintéticas para celulose

Os biólogos sintéticos também estão criando as ferramentas que farão da celulose um açúcar acessível industrialmente. Companhias de enzimas como DSM, Verenium, Genencor, Codexis e Novozymes desenvolvem micróbios alterados sinteticamente para produzir novas enzimas poderosas (proteínas quimicamente reativas), conhecidas como celulases, que quebram o emaranhado molecular da lignocelulose em açúcares de celulose mais simples.¹⁸² Até recentemente, eram necessários processos que usavam muita energia, envolvendo aquecimento elevado, para liberar a celulose na biomassa para sua posterior fermentação.

Outras companhias, como a Mascoma e LS9, estão tentando construir microrganismos de “dupla função”, que quebrem a biomassa em açúcares disponíveis e então fermentem esses açúcares em combustíveis (no caso da Mascoma, o combustível é etanol; para a LS9, sua *E. coli* sintética pode transformar celulose numa variedade de produtos químicos, entre eles óleo diesel).¹⁸³ Christopher Voigt, um biólogo sintético na Universidade da Califórnia – São Francisco, foi além, desenvolvendo um método de ‘matéria-prima flexível’, apelidado de Bio-MeX, no qual os micróbios sintéticos (contendo 89 partes genéticas novas) podem quebrar *switchgrass*, palhada de milho, bagaço de cana-de-açúcar ou lascas de madeira de álamo não processados e fermentá-los diretamente numa gama de produtos químicos conhecidos como haletos de metila. Os haletos de metila são geralmente usados como fumigantes agrícolas, mas também são moléculas precursoras que podem ser convertidas em outros produtos químicos e combustíveis como a gasolina.¹⁸⁴

“Uma característica da indústria atual é que, se você constrói uma usina de milho para etanol, o milho é sua única matéria-prima, e o etanol, seu único produto”, explica Voigt. “Você não pode mudar de uma hora para a outra. Nós tratamos as questões matéria-prima e produto separadamente.”¹⁸⁵

Plantas sintéticas – mudando as matérias-primas

Um punhado de companhias também estão começando a adicionar sequências de DNA sintético para engenheirar plantas de maneira que tenham um desempenho mais eficiente como matérias-primas para a bioeconomia. Um exemplo é o milho alfa amilase da Syngenta, o qual incorpora sequências sintéticas engenheiradas pela Verenium (atualmente de propriedade da BP). Essas sequências fazem o milho produzir uma enzima que quebra rapidamente os colmos do milho em celulose para produzir biocombustíveis celulósicos.¹⁸⁸

Devoradores de celulose e fermentadores de combustíveis à solta?

Grande parte do atual trabalho comercial em biologia sintética inclui desenvolver micróbios sintéticos que sejam capazes de digerir biomassa celulósica em açúcares mais simples ou converter celulose e outros açúcares em plásticos, combustíveis e produtos químicos. Se esses organismos escaparem dos tanques de fermentação e conseguirem sobreviver no ambiente natural, pode haver grandes motivos de preocupação. Se as cepas que escaparem forem capazes de quebrar a celulose e outros açúcares que já se encontram no ambiente e fermentá-los em produtos industriais *in situ*, os resultados podem se revelar um risco ecológico e de saúde.

Tal cenário tem precedente. Em 1999, a cientista de solo Elaine Ingham, da Universidade Estadual do Oregon, e o estudante de graduação Michael Holmes relataram experimentos com uma bactéria de solo geneticamente engenheirada chamada *Klebsiella planticola*. Uma companhia de biotecnologia europeia tinha alterado a bactéria para fermentar palha de trigo celulósica em etanol e estava preparando seu uso comercial. Ingham e Holmes adicionaram a bactéria engenheirada a diferentes amostras de solo e descobriram que a bactéria se alimentava de resíduos celulósicos no solo para produzir etanol, o qual, por sua vez, envenenou e matou plantas que cresciam naqueles solos. Nessa época, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA estava considerando permitir a adição, em lavouras, de resíduos de lodo do uso de *Klebsiella planticola* engenheirada.¹⁸⁶

O caso é relevante para o uso de organismos sintéticos em biorrefinarias comerciais, as quais também irão produzir resíduos para descarte. Além do mais, atualmente não se espera que tais biorrefinarias estabeleçam medidas de biossegurança muito rigorosas, agindo mais como instalações de fermentação industrial do que como laboratórios de alta tecnologia. De fato, as evidências da indústria de fabricação de cerveja, que utiliza leveduras para fermentação, da mesma forma como fazem as refinarias comerciais de biologia sintética existentes, sugerem que o escape de organismos pode, na realidade, ser bem comum. De acordo com o especialista em fabricação de cerveja Hugh Dunn, um estudo envolvendo seis cervejarias investigadas durante três anos descobriu que cepas comerciais de leveduras cultivadas escapam para o ambiente. Vinhedos biodinâmicos já levantaram a preocupação de que mesmo cepas não engenheiradas que escapem poderiam afetar o sabor e o caráter de seus vinhos.¹⁸⁷

A companhia de agrobiotecnologia Agrivida, em conjunto com biólogos sintéticos da Codon Devices¹⁸⁹ (atualmente extinta), desenvolveu um milho similar, enquanto a Chromatin Inc., em conjunto com a Monsanto e a Syngenta, também está utilizando biologia sintética para ‘reprogramar’ cultivos industriais como milho, algodão e canola para serem matérias-primas mais eficientes para a produção de biocombustíveis.¹⁹⁰



*A Amyris Biotech está mudando a produção de artemisinina das mãos dos agricultores para tanques de micróbios sintéticos de empresas privadas.
Foto: Birgit Betzelt/action medeor*

Eletricidade a partir de organismos sintéticos?

Por fim, os organismos sintéticos que crescem em tanques de açúcares de biomassa podem também ser empregados para produzir eletricidade. Em 2006, Yuri Gorby, então com o Pacific Northwest National Laboratory do Departamento de Energia dos EUA, demonstrou que muitas cepas de bactérias produzem naturalmente pequenas quantidades de eletricidade, conduzida por nanofios naturais.¹⁹¹ Gorby atualmente trabalha com eletricidade bacteriana no Instituto dirigido pelo magnata da biologia sintética J.Craig Venter.¹⁹² Em 2008, uma equipe de estudantes de Harvard se baseou no trabalho de Gorby para participar de uma competição internacional de biologia sintética chamada iGEM (a competição internacional de máquinas geneticamente engenheiradas). A equipe para o iGEM desenvolveu o que eles chamaram de “Bactricidade” [Bactricity], alterando sinteticamente a bactéria *Shewanella oneidensis* para se unir em forma de fios e transmitir eletricidade. Os pesquisadores dizem que essa tecnologia poderia ser a base de futuras células de combustível ou sensores bacterianos.¹⁹³

O assalto da biologia sintética aos meios de subsistência – A substituição de matérias-primas

Para entender como a contribuição da biologia sintética para a economia da biomassa vai afetar os meios de subsistência do Sul, vejamos o plano de negócios da Amyris Biotechnologies, fundada pelo pioneiro da biologia sintética Jay Keasling.

A Amyris se vangloria de que eles “atualmente estão preparados para comercializar fármacos e outros produtos químicos finos de alto valor tirados das florestas e oceanos do mundo fazendo esses compostos em micróbios sintéticos.”¹⁹⁵ O projeto de maior destaque da Amyris, financiado na ordem de 42,5 milhões de dólares pela Fundação Bill & Melinda Gates, foi a reengenharia de levedura industrial para produzir o precursor da artemisinina, um valioso composto antimalária normalmente extraído da erva-de-são-joão, *Artemisia*

annua, atualmente cultivada por milhares de pequenos agricultores da África Oriental, do Sudeste da Ásia e do Sul da Ásia.¹⁹⁶ Até mesmo os apoiadores do projeto admitem que

mudar a produção da artemisinina dos campos dos agricultores para os tanques de micróbios sob

regime de patentes e controlados pela

Amyris e por sua parceira comercial,

Sanofi-Aventis, poderia impactar a

renda e os meios de sustento dos

agricultores que cultivam a erva-de-

são-joão.¹⁹⁷ De fato, um relatório do

instituto The Netherlands Royal

Tropical, em 2006, destacou a

perspectiva da artemisinina sintética

como uma das principais ameaças aos

produtores de erva-de-são-joão.¹⁹⁸ Os

promotores da artemisinina sintética

sustentam que o benefício à saúde pública de se

produzir artemisinina barata compensa a perda dos

meios de subsistência por alguns milhares de agricultores.¹⁹⁹

Os plantadores de erva-de-são-joão da África e da Ásia que

podem perder seus mercados são simplesmente o sinal de

advertência de uma substituição muito maior dos meios de

subsistência pelas companhias de biologia sintética e pela nova

bioeconomia. Além de compostos medicinais, os biólogos

sintéticos estão de olho em produzir muitas das matérias-

primas abundantes e estratégicas das quais as nações do Sul

dependem hoje para ter renda:

Borracha – Em 2007, o Grupo ETC informou sobre

tentativas, do laboratório de Jay Keasling, de produzir

micróbios que sintetizassem borracha natural,²⁰⁰ um projeto

que o Departamento de Agricultura dos EUA esperava que

pudesse ajudar a substituir os 2 bilhões de dólares de borracha

que os EUA importam dos países do Sul.

Em setembro de 2008, uma das maiores produtoras mundiais de pneus para carros, a Goodyear, anunciou uma iniciativa conjunta com a Genencor para aumentar a produção microbiana de isopreno, o produto químico utilizado para fazer borracha de pneu sintética, utilizando organismos sintéticos que se alimentam com açúcares de biomassa.²⁰¹ A produção comercial dessa borracha foi programada para começar até 2013. Em seu anúncio, a Goodyear deixou claro que a disponibilidade de isopreno sintético forneceria uma alternativa à borracha natural utilizada para pneus.²⁰² Parece razoável, então, que esse produto poderia impactar o preço da borracha e, portanto, os meios de sustento de produtores de borracha em pequena escala e de trabalhadores em plantações de seringueira. Em março de 2010, foi relatado que a Goodyear já tinha usado o “bioisopreno” da Genencor para fazer borracha sintética, que empregou, então, para fazer diversos protótipos de pneus, e ia tomar suas próximas decisões sobre a construção de uma planta piloto de produção.²⁰³

Saborizantes – A glicirrizina é o composto doce encontrado na raiz do alcaçuz, que é 15-300 vezes mais doce do que a sacarose (açúcar comum) e é amplamente utilizado como um adoçante natural e também como um medicamento natural tradicional. A raiz de alcaçuz está em alta demanda, e seu abastecimento é quase que exclusivamente limitado a espécies nativas silvestres da planta de alcaçuz encontradas em regiões áridas da China, do Oriente Médio e do Oriente Próximo. Em 2009, pesquisadores no instituto RIKEN do Japão identificaram e sintetizaram todos os genes responsáveis pela produção de glicirrizina.²⁰⁴ De acordo com os pesquisadores, agora deveria ser possível utilizar a biologia sintética para induzir uma planta de soja ou um micróbio como a levedura a produzir glicirrizina. Se eles tiverem sucesso, será possível mover a produção de alcaçuz do Extremo Oriente e Oriente Médio para as plantações industriais de soja ou mesmo para tanques privados.

Óleo de dendê (parece ficção científica, mas não é) – Em outubro de 2008, a Synthetic Genomics, Inc., empresa privada dirigida pelo biólogo sintético Craig Venter, recebeu um investimento de 8 milhões de dólares do conglomerado malaio de óleo de dendê The Genting Group para decodificar o genoma do dendê.²⁰⁵ Enquanto a injeção de dinheiro era originalmente prevista para ser aplicada na alteração do dendê para produção de biocombustíveis, pronunciamentos mais recentes de Venter sugerem um caminho bem diferente.

Nanotecnologia: tecnologia diminuta; a nanotecnologia envolve engenheirar a matéria na escala de átomos e moléculas (~1-300 nanômetros) com a finalidade de explorar propriedades novas que só aparecem nessa escala.

Nanocelulose – encolhendo a biomassa para aumentar mercados

Com a modificação das fibras de celulose na escala atômica, os nanotecnólogos estão abrindo a possibilidade de novos usos, e, assim, novos mercados para a biomassa industrial:

Nanomateriais, energia e fármacos: enquanto os garotos-propaganda dos nanomateriais, os nanotubos de carbono super-resistentes (NTCs), são geralmente produzidos de grafite, também é possível produzir NTCs a partir de etanol de milho.²⁰⁸ Enquanto isso, os nanotecnólogos estão cada vez mais encantados com uma nova classe de nanoestruturas conhecidas como nanocristais de celulose (NCC). Derivados da biomassa, esses nanocristais podem ser adicionados a plásticos para torná-los 3.000 vezes mais resistentes, podem ser projetados para a administração de fármacos e vacinas, e podem ser utilizados como plataformas para produzir nanofios e partículas metálicas a fim de criar diminutos sensores e novos materiais fotovoltaicos (que produzem eletricidade solar).²⁰⁹

Roupas blindadas, aparelhos médicos e alimentos: uma forma de nanocelulose produzida de polpa de madeira pela empresa sueca Innventia é promovida como sendo, simultaneamente, tão resistente e leve como o Kevlar, capaz de evitar a deterioração de alimentos quando usada na embalagem, adequada para criar próteses de partes do corpo humano em aplicações médicas, e também comestível como recheio de baixa caloria para alimentos processados. A primeira planta comercial desse ‘material-maravilha’ de biomassa deve entrar em produção em outubro de 2010.²¹⁰

Baterias: nanotecnólogos da Universidade de Uppsala, na Suécia, relataram que fibras de celulose da alga filamentosa cladofora, revestidas, poderiam fazer baterias de papel de alta qualidade. As baterias de nanocelulose poderiam reter de 50 a 200% mais carga e ser recarregadas muitas centenas de vezes mais rápido do que baterias recarregáveis convencionais. “Com a técnica totalmente desenvolvida, acredito que podemos ver aplicações com as quais hoje não podemos sequer sonhar”, diz Maria Strømme, uma das cientistas que desenvolveram a bateria. “Tente imaginar o que se pode criar quando uma bateria pode ser integrada em papéis de parede, tecidos, embalagens para consumidor, aparelhos de diagnóstico, etc.”²¹¹

Em 2010, em declaração a um canal de TV dos EUA, Venter explicou que sua companhia agora estava tentando usar algas sintéticas para fazer substâncias alimentares em lugar de colher plantações de dendê. “Teoricamente, com as algas se tem produtividade 20 vezes maior, num espaço muito menor... Em vez de extrair óleo de peixe matando os peixes, podemos refazer o óleo nas algas.”²⁰⁶ Venter não é o único procurando um substituto biossintético para o óleo de palma. Em setembro de 2010, o maior comprador mundial de óleo de dendê, a gigante dos alimentos Unilever, anunciou um investimento multimilionário na companhia de biologia sintética Solazyme para desenvolver óleo de algas que substituiria o óleo de palma em alimentos como maioneses e sorvetes, bem como em sabões e loções. A Unilever diz que hoje ainda lhe faltam de três a sete anos para lançar um novo ingrediente alimentar biossintético, mas enfatiza que “Isso não é uma aplicação para um nicho apenas... Isso é algo que acreditamos ter uma tremenda capacidade.” A Solazyme afirma poderem engenheirar “perfis de óleos” de algas e criar substitutos para distintos tipos de óleos. Por enquanto dizem que podem fazer isso com cepas naturais, mas estão esperando que a oposição dos consumidores aos alimentos transgênicos vá diminuindo até permitir que usem a biologia sintética.²⁰⁷

O que está mudando?

Mudança 1: Energia – queima de biomassa para aquecimento e bioeletricidade

No momento, a Agência Internacional de Energia (IEA, por sua sigla em inglês) relata que 10,1% da energia primária global provém de biomassa, principalmente de madeira, esterco e palhas queimados para cozimento e aquecimento tradicionais. Entretanto, eles preveem que essa quantidade poderia crescer para 25% até 2030,²¹² um aumento maciço que reflete a nova corrida comercial para queimar biomassa visando gerar eletricidade.

Presas fáceis

Em poucos anos, a indústria de eletricidade abraçou a queima de biomassa como uma estratégia não só para cortar custos, mas também para captar créditos de carbono e atingir metas de energia renovável. Usinas de energia de biomassa agora existem em mais de 50 países ao redor do mundo e fornecem uma parcela crescente de eletricidade. No final de 2009, estimava-se que cerca de 54 GW de capacidade de energia de biomassa estavam instalados globalmente.²¹³

De muitas maneiras, a queima de biomassa é a presa fácil do mundo da energia renovável. Exige pouca ou nenhuma tecnologia nova e pode ser facilmente implementada em instalações industriais existentes apenas mudando a matéria-prima de óleos minerais para óleos vegetais, ou de carvão para *pellets* de madeira (serragem compactada). Assim, autoridades nacionais e regionais frequentemente veem a queima de biomassa como uma forma ‘na transição’ para energias supostamente renováveis. Em particular, a prática de queimar madeira junto com o carvão em usinas elétricas que já funcionam com carvão está se tornando amplamente utilizada. Isso é feito simplesmente se misturando biomassa com carvão nas câmaras de combustão das centrais, que, por sua vez, movem turbinas a vapor.

Queima de biomassa nos EUA

Mais de um terço de toda a eletricidade de biomassa é gerada nos Estados Unidos, o que os torna o maior produtor mundial de energia de biomassa.²¹⁴ Em outubro de 2010, o grupo de ativistas Energy Justice Network tinha mapeado mais de 540 instalações industriais de energia com queima de biomassa nos EUA, além de outras 146 programadas para serem construídas.²¹⁵ Oitenta usinas de energia de biomassa conectadas à rede de eletricidade em 20 estados dos EUA geram, atualmente, cerca de 10 GW de energia,²¹⁶ o que é a metade de toda a “energia renovável” do país, em uma indústria que vale 1 bilhão de dólares.²¹⁷ Desde 2000, a energia gerada a partir de biomassa que entra na rede de eletricidade aumentou 25%, atingindo cerca de 2.500 megawatts, de acordo com a Biomass Power Association.²¹⁸

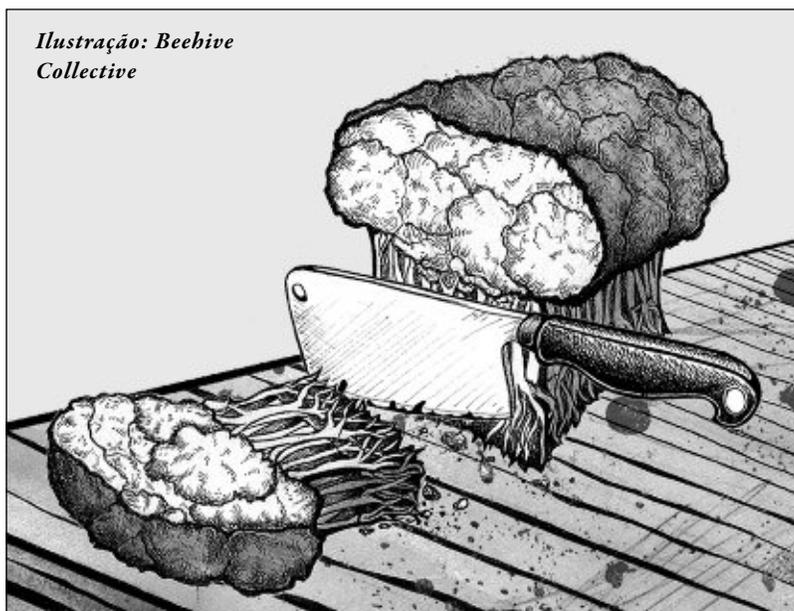
Energia de biomassa no Sul

De acordo com a REN21 (Rede de Política Energética Renovável para o Século XXI), a energia de biomassa também cresceu significativamente no Sul global, particularmente nos países do BRICS (Brasil, Índia, China e África do Sul). Outros países com produção de bioeletricidade incluem a Costa Rica, México, Tanzânia, Tailândia e Uruguai. A parcela da energia de biomassa na China em 2009 era de 3,2 GW, e o país planeja produzir até 30 GW até 2020. A Índia está tentando atingir 1,7 GW de capacidade até 2012. O Brasil tem mais de 4,8 GW de eletricidade de biomassa, quase que inteiramente produzida a partir de bagaço de cana-de-açúcar nas usinas de açúcar.²¹⁹

Os custos da eletricidade derivada de biomassa I: devoração de campos e florestas

O impacto mais direto das novas usinas elétricas de biomassa é a exigência crescente de biomassa, principalmente madeira, exigida 24 horas por dia para manter as turbinas em funcionamento. De acordo com um relatório sobre disponibilidade de biomassa preparado pelo Departamento de Recursos Ambientais de Massachusetts, são necessárias 13 mil toneladas de biomassa verde para gerar um megawatt de energia de biomassa durante um ano.²²⁰ Como colocado pelo ativista norte-americano Josh Schlossberg, essas instalações são “bocas escancaradas à espera de um suprimento constante de floresta.”²²¹

A maior usina de energia de biomassa com queima de madeira do mundo, a usina Prenergy, em Port Talbot, País de Gales (atualmente em construção), pretende importar mais de 2,7 bilhões de toneladas de lascas de madeira dos Estados Unidos, Canadá, América do Sul e Leste Europeu. De acordo com a organização de controle cidadão Biofuelwatch, a área de terra necessária para produzir toda essa quantidade de biomassa poderia chegar a meio milhão de hectares – o que garante o desmatamento anual de uma área três vezes maior do que o tamanho de Liechtenstein.²²²



Os custos da eletricidade derivada de biomassa II: ameaça à saúde humana

“Observei associações muito fortes e significativas entre amigdalites, tosse frequente, pseudo-crupe, ofego induzido por esforço físico, alergias alimentares e exposição à fumaça de madeira nas crianças em idade escolar. Acho que a fumaça de madeira é um dos poluentes do ar mais perigosos que temos na Terra.”

– Gerd Oberfeld, M.D., epidemiologista, Departamento de Saúde Pública – Unidade de Saúde Ambiental, Salzburg, Áustria²²³

Queimar biomassa pode ser ‘natural’, mas continua sendo um grande risco para a saúde das comunidades que vivem próximas a grandes fábricas.

- Uma estimativa de 1997 da Organização Mundial da Saúde colocou o número de mortes prematuras provocadas pela inalação de fumaça de madeira, principalmente de fogões domésticos, entre 2,7 e 3,3 milhões de pessoas.²²⁴ A principal causa dessas mortes parece ser os efeitos de partículas finas e ultrafinas que penetram profundamente nos pulmões.
- O EPA dos EUA estima que o risco de contrair câncer ao longo da vida é 12 vezes maior pela inalação de fumaça de madeira do que por um volume equivalente de fumaça de cigarro em fumantes passivos.²²⁵ De acordo com um cálculo do EPA, queimar apenas dois *cords* de madeira (cerca de um quarto de tonelada) produz a mesma quantidade de partículas mutagênicas que 13 carros movidos a gasolina rodando 16 mil quilômetros cada um, com uma média de 8,5 km/litro.²²⁶
 - Crianças que vivem em comunidades onde comumente há fumaça de madeira apresentam redução na capacidade pulmonar e aumento de ataques de asma, da frequência e severidade de doenças respiratórias em geral, de visitas a atendimentos de emergência e de ausência escolar.²²⁷ A poeira de madeira (não queimada) carregada pelo ar também pode causar irritação respiratória, nos olhos e na pele.
 - A fumaça de madeira contém mais de 200 substâncias químicas e grupos de compostos, alguns dos quais são tóxicos em si mesmos.²²⁸ De acordo com o grupo de interesse público Clean Air Revival, a queima de madeira é, nos Estados Unidos, a terceira maior fonte de dioxina, reconhecida como um dos compostos mais tóxicos que se conhecem.²²⁹

Incineração disfarçada

Enquanto lascas de madeira e óleos são apresentados como o lado limpo e verde da bioenergia, o segredinho sujo da indústria está escondido por trás dos chamados ‘resíduos sólidos municipais’. As instalações que têm autorização para queimar madeira frequentemente podem misturar um percentual de resíduos sólidos municipais, de até 30% em alguns estados dos EUA, e, muitas vezes, são pagas para fazer isso, tornando a queima de lixo uma opção atrativa. Em escala mundial, mais de 12 GW da chamada energia de biomassa são produzidos atualmente pela queima de lixo.²³⁰ Dioxinas, furanos, metais pesados incluindo mercúrio e chumbo, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), matéria particulada ultrafina, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e uma gama de outras toxinas perigosas têm sido expelidos de instalações de incineração no mundo todo durante anos. Agora, junto com uma série de novas tecnologias como a pirólise, a gaseificação e a incineração por arco de plasma, os incineradores estão ganhando uma maquiagem verde, como instalações de energia de biomassa, rebatizados como tecnologias de “resíduos para energia” ou de “conversão de resíduos”. Esses “incineradores disfarçados” afirmam resolver simultaneamente os problemas de “resíduos demais” e “energia renovável de menos”, reduzindo, assim, a retirada de biomassa da natureza.

Mudança 2: BioCombustíveis líquidos – liquefação de biomassa para transportes

“Quem quer que produza biocombustíveis em abundância pode acabar fazendo mais do que apenas pilhas de dinheiro – fará história... As companhias, os países que tiverem sucesso nisso serão os vencedores econômicos da próxima era, da mesma forma que hoje o são as nações ricas em petróleo.”

– J. Craig Venter, fundador da Synthetic Genomics, Inc.²³¹

A produção de combustíveis líquidos para transportes feitos a partir de biomassa é a reluzente (e rica) garota-propaganda da nova economia da biomassa. Do boom de curta duração do etanol de milho de 2006-2008 até a nova onda de capital de risco e de grandes companhias petroleiras injetando bilhões de dólares em empresas *start-up* de biocombustíveis, a indústria dos biocombustíveis continua sendo vista como uma nova fonte maciça de receitas numa era de pico do petróleo e de precificação do carvão.

Embora as previsões de 2006 de que os biocombustíveis representariam 30% de todo o combustível de transportes até 2030²³² pareçam hoje exageradas, ainda assim o setor continua crescendo rapidamente – animado por exigências de governos, fundos de estímulo à ‘energia limpa’ e investimentos pesados das grandes petroleiras. A recente atenção despertada pelo derramamento de petróleo da BP Deepwater Horizon parece também estar dando nova vida à ideia de que um combustível líquido não fóssil pode ser a panaceia para os problemas ambientais.²³³

Tirando nota “F” – Fracassos dos biocombustíveis de primeira geração

A primeira ou ‘fracassada’ geração de biocombustíveis refere-se tanto a alcoóis fermentados – quase que inteiramente etanol de milho ou de cana-de-açúcar – quanto a biodiesel refinado obtido de grãos oleaginosos (soja, colza, girassol, mostarda) e de óleos de dendê e pinhão-manso. A primeira geração veio acompanhada de três obstáculos importantes que atrapalharam seu sucesso:

• Competição com alimentos e com a proteção de florestas

Em 2008, um relatório interno do Banco Mundial (depois tornado público) revelou que até 75% do aumento nos preços dos alimentos durante a crise alimentar daquele ano foi devido às políticas da Europa e EUA sobre biocombustíveis, as quais levaram a uma maciça substituição de plantio de trigo em favor de colza, somada a um importante desvio de milho e soja para a produção de etanol e biodiesel.²³⁴ Uma modelagem anterior realizada pelo conservador IFPRI (Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas de Alimentação) havia estimado que 30% do aumento geral nos preços dos grãos durante a crise de preços dos alimentos em 2008 poderia ser atribuído aos biocombustíveis. Porém, o IFPRI calculou que, se uma moratória mundial sobre a produção de biocombustíveis tivesse sido determinada em 2007, os preços dos cultivos alimentares chave teriam caído significativamente – uns 20% para o milho, 14% para mandioca, 11% para açúcar e 8% para trigo até 2010.²³⁵ Os cultivos para biodiesel (soja, girassol, canola) também utilizam água, nutrientes e excelentes terras agrícolas ou, no caso de plantações de cultivos como dendê, estão implicados no desmatamento de áreas de florestas úmidas, impactando espécies ameaçadas e os direitos dos habitantes da floresta.²³⁶

- **Balço energético pobre**

O etanol, particularmente, é um combustível pobre que, ao ser queimado, produz menos energia do que a gasolina. Isso afeta negativamente o chamado ‘balço energético’ dos biocombustíveis de primeira geração. Os economistas que trabalham com energia calcularam que, quando são computados os custos energéticos de insumos agrícolas, a produção de etanol de milho requer 29% mais energia fóssil do que o combustível produzido. O biodiesel de soja requer 27% mais energia fóssil do que o combustível produzido, e o biodiesel de girassol requer 118% mais energia fóssil do que o combustível produzido.²³⁷

- **Requer motores e/ou redes de distribuição especiais**

Injetar etanol puro em motores já existentes pode corroer partes do motor e exige ajustes no fluxo de ar e de combustível. Como consequência, o etanol necessita manuseio separado e, portanto, tanques de armazenamento e mecanismos de distribuição mais caros. (O biodiesel adapta-se mais facilmente aos motores e sistemas de combustível existentes).

Embora essas falhas dos biocombustíveis de primeira geração sejam amplamente conhecidas, os governos da OECD continuam a manter os subsídios e as exigências de quotas legais para o uso de etanol e biodiesel. Os defensores dos biocombustíveis argumentam que tais exigências devem ser mantidas para permitir a transição harmoniosa para o que eles alegam ser uma próxima geração menos problemática (mas, até agora, ainda teórica).

“Sobreviventes” da geração F – açúcar e pinhão-manso

Mesmo depois do colapso da febre inicial dos biocombustíveis, há pelo menos dois da ‘primeira geração’ que continuam a receber apoio entusiástico:

Cana-de-açúcar – No Brasil, a cana-de-açúcar tem sido transformada em etanol combustível em escala industrial há três décadas. Desde 2008, mais de 50% do combustível vendido no país para automóveis e outros veículos leves foi etanol, e o país almeja produzir um recorde de 27 bilhões de litros de etanol em 2010.²³⁸ A indústria brasileira de etanol alega que seu açúcar de cana tem um balanço energético, de longe, muito melhor que o etanol de milho, e que é possível plantar mais cana-de-açúcar de forma sustentável sem competir com a produção de alimentos. Em fevereiro de 2010, a Royal Dutch Shell assinou um acordo com a gigante açucareira Cosan para formar uma empresa conjunta valendo 12 bilhões de dólares para produzir etanol a partir de cana-de-açúcar brasileira. Esse investimento representa o maior compromisso singular com biocombustíveis que qualquer companhia petrolífera fez até hoje.²³⁹

Esses argumentos ‘verdes’ do combustível de açúcar brasileiro são energeticamente contestados. Estimativas apontam que os atuais 8,89 milhões de hectares de plantações de cana-de-açúcar no Brasil irão dobrar até 2020.²⁴⁰ Em grande parte, isso se dará à custa de regiões ecologicamente sensíveis como a frágil e altamente biodiversa bacia hidrográfica do Cerrado, conhecido como o ‘pai da água’, uma vez que é berço das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul, incluindo a Amazônica.



Cortando cana no Brasil Foto: John McQuaid

continua na página seguinte

A expansão do etanol está impulsionando a destruição da Amazônia à medida que novas plantações de açúcar empurram o cultivo de soja e a criação de gado mais adentro do território amazônico. Além de exigir muita água, o cultivo de cana-de-açúcar requer aplicações intensivas de agroquímicos e a queima em larga escala das plantações. De acordo com um estudo recente, essa queima combinada com o uso de fertilizantes e de outros insumos libera anualmente perto de 136 milhões de toneladas de dióxido de carbono²⁴¹ na atmosfera, contribuindo para que o Brasil seja o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa do mundo.²⁴² Os custos sociais também são altos. A expansão da fronteira agrícola leva à falta de terras e a um crescimento rápido da população pobre urbana nas maiores cidades do Brasil. Enquanto isso, a cana-de-açúcar é colhida por um exército brasileiro de meio milhão de trabalhadores migrantes – dos quais, uma parte significativa enfrenta condições de trabalho escravo, problemas de saúde respiratória e morte prematura por exaustão.²⁴³

Pinhão-mansão – O pinhão-mansão é uma família de arbustos tropicais, alguns dos quais produzem sementes não comestíveis ricas em óleo que são prensadas para fornecer óleos para biodiesel. Companhias como a D1 Oils (de propriedade da BP) e a Daimler estão bancando agora a expansão maciça de pinhão-mansão na África, América do Sul e Ásia, aclamando-o como um cultivo maravilhoso. Elas elogiam a capacidade do pinhão-mansão de crescer nas chamadas terras marginais, em solos pobres, e até mesmo em condições semiáridas. Comunidades na África e Ásia têm reagido às grilagens legais de terra associadas com novas plantações de pinhão-mansão, muitas das quais estão deslocando a produção de alimentos e tomando terras onde subsistem populações pobres. Apesar do pinhão-mansão realmente sobreviver em determinadas condições de escassez hídrica, para poder se desenvolver produzindo volumes úteis de óleo, ele requer quantidades significativas de água. Um estudo recente sobre a pegada na água (ou pegada hídrica) dos cultivos para biocombustíveis conclui que um único litro de biodiesel de pinhão-mansão requer a incrível quantidade de 20 mil litros de água para crescer – o que é muito mais do que o requerido por canola, milho, soja, cana-de-açúcar ou qualquer outro cultivo para biocombustível comumente usado.²⁴⁴ Outros problemas com o pinhão-mansão incluem a toxicidade das sementes para humanos, preocupações sobre sua invasividade, e relatos de que o pinhão-mansão não é, no final das contas, tão resistente a doenças como se alega.²⁴⁵

Substituindo combustíveis e matérias-primas

Depois de terem sido pegos de surpresa pelos problemas associados à primeira onda de biocombustíveis, a indústria, juntamente com os governos da OECD, agora estão injetando uma quantia enorme de dinheiro no que está sendo chamado de a ‘próxima geração’ de biocombustíveis. O alto grau de empenho dá indícios de um desespero político para resgatar as quantias e o compromisso significativos já investidos na área.

Para superar os problemas da geração F, a ‘próxima geração’ emprega matérias-primas novas (especialmente celulose e algas) e tenta produzir líquidos mais ricos em energia, utilizando tecnologias melhoradas de transformação (particularmente biologia sintética). O elixir de segunda geração que os bioalquimistas atualmente estão tentando fermentar é idealmente um líquido cujas matérias-primas não afetarão o suprimento de alimentos, que terá a mesma capacidade energética da gasolina (ou mais) e poderá ser bombeado para dentro dos atuais tanques de combustível por meio das redes de distribuição que já existem.

Há informações de que pelo menos 200 companhias tentam concretizar essa visão do ‘biocombustível perfeito’²⁴⁶ – cada uma trabalhando em peças isoladas do quebra-cabeça da ‘próxima geração’. Algumas dessas companhias já estão operando na produção comercial, mas em pequenas quantidades (ver Anexo). A maior parte está lutando com questões de aumento da escala.

Usina de etanol Foto: Aaron Brown



Biorrefinaria: instalação industrial para o processamento de biomassa. Da mesma forma que as refinarias de petróleo, as biorrefinarias são fábricas que quebram a biomassa em suas partes constituintes e então as ‘refinam’ utilizando técnicas químicas e biológicas (incluindo a fermentação) para produzir compostos industriais como produtos químicos e combustíveis e também aquecimento e energia.

Combustíveis celulósicos

“O combustível do futuro vai vir de frutas como aquele sumagre na beira da estrada, ou de maçãs, ervas, serragem – quase qualquer coisa.”
– Henry Ford no *The New York Times*, 1925²⁴⁷

Lembram-se daqueles 180 bilhões de toneladas de açúcar de celulose produzidos anualmente em ramas lenhosas, folhas, gramíneas e algas em todo o mundo? Para uma indústria que necessita açúcar para fazer combustíveis, essa bonança celulósica parece ser a matéria-prima não alimentar perfeita.

A legislação dos EUA de 2005 que determinou a produção de 100 milhões de galões de etanol celulósico até 2010 teve que ser dramaticamente redimensionada para baixo em fevereiro de 2010, para apenas 6,5 milhões.²⁴⁸ A mesma legislação determina que os carros nos EUA consomem 4,3 bilhões de galões de etanol celulósico até 2015 – uma outra meta também improvável de ser atingida.

Há duas formas para fazer combustíveis a partir de celulose: termoquímica e biológica.

Produção termoquímica de combustíveis celulósicos

Os químicos sabem como transformar biomassa em combustíveis desde os anos 1930, quando o processo Fischer-Tropsch para transformar carvão em líquido foi comercializado pelo governo alemão da época da guerra. Esse processo superaquece carvão (ou biomassa) em gás que é quimicamente transformado em combustível:

- Após um investimento de pelo menos 320 milhões de dólares, do qual o governo dos EUA e o estado da Geórgia são responsáveis pela metade, a **Range Fuels**, do Colorado, EUA, abriu sua primeira usina comercial em grande escala (na Geórgia), que está produzindo 4 milhões de galões de metanol celulósico anualmente – e não o bilhão de galões de etanol que eles originalmente prometeram.²⁴⁹
- A **BlueFire Ethanol**, da Califórnia, utiliza ácidos fortes para quebrar a lignocelulose em açúcares disponíveis para fermentação. A primeira biorrefinaria da BlueFire transformará resíduos previamente selecionados de aterros sanitários para produzir aproximadamente 3,9 milhões de galões de etanol combustível por ano. Uma segunda unidade visa produzir 19 milhões de galões de etanol por ano a partir de biomassa lenhosa.²⁵⁰

Produção biológica de combustíveis celulósicos

A outra principal forma de criar biocombustíveis celulósicos é através da aplicação de enzimas poderosas, chamadas celulases, para quebrar a celulose em açúcares mais disponíveis para sua subsequente fermentação em etanol e outros alcoóis. Micróbios naturais, geneticamente engenheirados e sintéticos estão sendo desenvolvidos para quebrar a celulose e fermentá-la.

- A **BP** criou uma empresa conjunta de 45 milhões de dólares com a **Verenium** (ex-Diversa) em 2009 para produzir etanol celulósico através do uso de enzimas sintéticas da Verenium.²⁵¹ Em julho de 2010, a BP pagou mais 98 milhões de dólares para comprar seu negócio de biocombustível, incluindo duas unidades de produção.²⁵²
- A **Iogen Corporation** utiliza enzimas de *Trichoderma reesei* (fungo que causa bolor) geneticamente modificado para quebrar material vegetal em sua unidade de demonstração com sede em Ottawa, a qual já produz 170 mil galões de etanol celulósico por ano. Como parte de uma empresa conjunta 50:50 com a **Shell**, a Iogen está planejando o que ela chama de “a primeira usina de etanol celulósico em escala comercial do mundo” em Saskatchewan, Canadá.²⁵³
- A **Mascoma** reengenheirou micróbios de leveduras e bactérias não só para quebrar celulose para produção de etanol, mas também para realizar a fermentação em etanol celulósico, num procedimento simplificado em um reator único. A empresa está associada com a **General Motors**,²⁵⁴ com a **Marathon Oil**²⁵⁵ e com a companhia de etanol **Royal Nedalco**,²⁵⁶ e está construindo uma fábrica para produção comercial em Michigan. Através de uma associação com a **Stellenbosch Biomass Technologies**, a Mascoma também está levando sua tecnologia para a África do Sul.²⁵⁷
- A **Coskata**, que se associou com a **General Motors** e com a **Total Oil**,²⁵⁸ desenvolveu micróbios naturais que, em conjunto com um processo de gaseificação, podem transformar matérias-primas como lascas de madeira ou pneus velhos em etanol celulósico.
- A **Du Pont** associou-se com a companhia de biotecnologia **Genencor** para criar a **DuPont Danisco Cellulosic Ethanol LLC**, um projeto de 140 milhões de dólares para usar a tecnologia da enzima sintética da **Genencor**.²⁵⁹ Sua planta de demonstração no Tennessee atualmente transforma algumas mil toneladas de espigas de milho em etanol. A produção comercial está prevista para 2013.

- A **POET**, que afirma ser a maior produtora mundial de etanol, utilizará enzimas comerciais da **Novozymes** para transformar espigas de milho em 25 milhões de galões de etanol por ano quando sua biorrefinaria entrar em funcionamento no final de 2011 ou início de 2012.²⁶⁰
- A **Verdezyne**, uma companhia de biologia sintética com sede na Califórnia, está desenvolvendo levedura que pode transformar *switchgrass*, cânhamo, milho e madeira em etanol.²⁶¹ A companhia tem acordos com a **Novozymes**, **Genencor** e **Syngenta**.²⁶²
- Em fevereiro de 2008, a gigante florestal **Weyerhaeuser** constituiu uma empresa conjunta com a **Chevron**, chamada **Catchlight Energy**, para produzir etanol celulósico a partir de madeira. Desde que fizeram seu anúncio inicial, foram revelados muito poucos detalhes.²⁶³
- A companhia **Qteros**, com sede nos EUA, ‘melhorou’ uma bactéria de ocorrência natural chamada micróbio Q para transformar biomassa lignocelulósica em açúcar para etanol e produtos químicos. Seus atuais financiadores incluem a **BP** e o Soros Fund. A Qtero espera obter licença para seu micróbio Q no Brasil e na Índia, para transformar bagaço de cana-de-açúcar em etanol.²⁶⁴

Do álcool aos hidrocarbonetos – Biogasolina, butanol, isopentanol, hexadecano, farneseno

Seja feito de lascas de madeira, talos de milho ou algas, o maior problema no mercado para etanol celulósico é que ele continua sendo etanol, um combustível energeticamente pobre que exige modificações em motores e infraestrutura de distribuição separada. Como o biólogo sintético e empresário dos biocombustíveis Jay Keasling gosta de dizer, “Etanol é para beber, não dirigir.”²⁶⁵

Várias companhias já estão deixando de lado o etanol e outros alcoóis e trabalhando para produzir, em grande escala, hidrocarbonetos similares a diesel ou gasolina que possam ser refinados em refinarias de petróleo tradicionais ou injetados diretamente em motores de carros comuns.

Abordagens termoquímicas

1. A companhia alemã de biocombustível **Choren** abriu a primeira refinaria comercial de transformação de ‘biomassa em líquido’ para processar anualmente 68 mil toneladas de madeira em 18 milhões de litros de combustível diesel de hidrocarboneto. Os sócios da Choren incluem a Shell, Daimler e Volkswagen.²⁶⁶

2. A **Dynamotive Corporation**, de Vancouver, Canadá, submete biomassa agrícola e derivada de floresta a ‘pirólise rápida’ (queima sem oxigênio), a qual produz um óleo hidrocarboneto. Entretanto, a principal planta de demonstração da Dynamotive, em Ontário, Canadá, fechou e foi à falência em julho de 2010.²⁶⁷

Abordagens com biologia sintética

3. A **LS9** desenvolveu micróbios sintéticos patenteados que fermentam açúcares e inclusive celulose em combustíveis hidrocarbonetos indistinguíveis de gasolina, diesel e combustível de aviação. Após um investimento de 25 milhões de dólares da **Chevron**, espera-se que uma nova biorrefinaria na Flórida produza de 50 a 100 mil galões de seu diesel ‘UltraLimp’ até 2011 e venda comercialmente até 2013.²⁶⁸
4. A **Gevo**, outra companhia de biologia sintética norte-americana, desenvolveu micróbios que transformam açúcares agrícolas em isobutanol, um combustível alcoólico com alto teor energético que funciona em motores a gasolina. A companhia tem acordos com a **Cargil** e investimentos da **Total Oil** e **Virgin Group**.²⁶⁹
5. A **Amyris Biotechnologies** desenvolveu uma levedura sinteticamente modificada para fermentar cana-de-açúcar em equivalentes de diesel, gasolina e combustível de aviação de hidrocarbonetos, com base no produto químico farneseno. Dirigida por um ex-diretor da BP, a Amyris tem numerosas parcerias, incluindo com a **Shell**, **Total**, **Votorantim**, **Crystalsev**, **Mercedes**, o **Departamento de Defesa dos EUA**, **Bunge**, **Cosan** e outros. Sua refinaria brasileira iniciará a comercialização de biodiesel “sem comprometimento” em 2011. Ela também está colaborando com a **Procter & Gamble** para fazer produtos químicos.²⁷⁰

Para além da celulose: biocombustíveis de algas

“Se a humanidade decidisse arar uma parte do Deserto do Saara, irrigá-la com água salgada do Mediterrâneo e então cultivar biomassa, como algas, poderíamos substituir todo o combustível de carbono fóssil que nossa espécie usa atualmente e fornecer alimento a custo baixo para uma população global que cresce.”

– Dennis Bushnell, cientista-chefe no Langley Research Center da NASA²⁷¹

Para os que acreditam piamente nos biocombustíveis, o desenvolvimento de combustíveis a partir de algas (cianobactérias, ou algas comuns de lagoas) representa a última palavra em fontes sustentáveis de biomassa. O UK Carbon Trust prevê que, até 2030, os combustíveis baseados em algas poderiam substituir mais de 70 bilhões de litros de combustíveis fósseis utilizados a cada ano para transporte rodoviário e aviação.²⁷²

São propostos quatro possíveis sistemas para produzir algas:

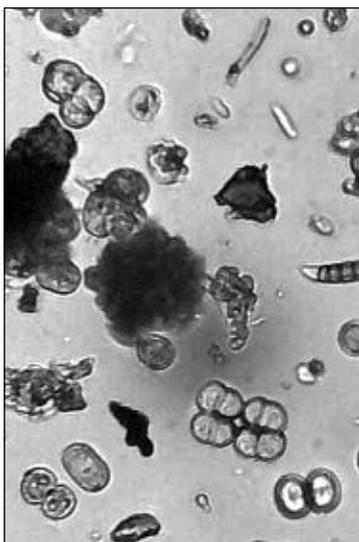
Lagoas abertas localizadas em desertos ou outras regiões com grande insolação são o método preferido para cultivar algas. Água servida ou água doce pode ser movimentada através das lagoas usando remos móveis.

Fotobiorreatores são sistemas que encerram algas em tubos de vidro ou em sacos plásticos transparentes enquanto se bombeiam água, CO₂ e nutrientes através desses recipientes. Podem possivelmente ser utilizados em locais urbanos.

Tanques fechados produzem energia a partir de açúcar em vez de luz solar. As algas podem ser cultivadas em grandes tanques e induzidas a produzir hidrogênio em lugar de óleos.

O cultivo em mar aberto ainda é muito especulativo e apresenta o risco de as cepas escaparem e provocarem danos ecológicos. Algumas companhias como a Blue Marble propõem colher algas silvestres de zonas oceânicas mortas.²⁷³ Enquanto isso, pesquisadores do Algae OMEGA Project da NASA propõem instalar fazendas flutuantes de algas de água doce em sacos fechados no mar, de forma que, se as cepas escaparem, não sobrevivam no ambiente marinho.²⁷⁴

Foto: *Yersinia Pestis*



Algas: algas de lagoas e algas marinhas; o termo refere-se a uma ampla e diversa variedade de organismos fotossintetizantes, semelhantes a plantas, que crescem em água, variando desde cianobactérias unicelulares até algas pardas e algas marinhas, de tamanho maior.

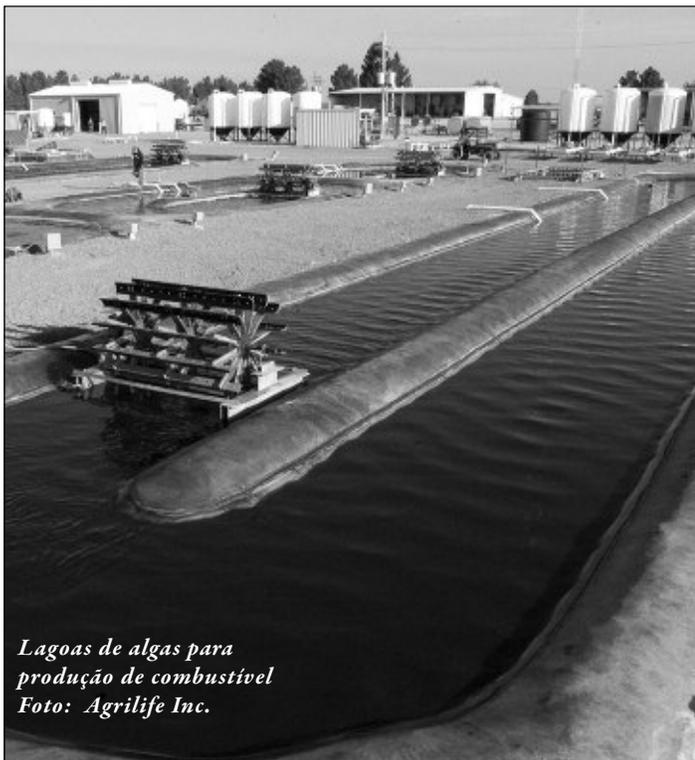
Argumentos a favor de algas como uma fonte de combustível

- As algas produzem um óleo hidrocarboneto que pode ser prensado e refinado para uso como biodiesel ou refinado em gasolina, plásticos e produtos químicos.
- As algas também produzem celulose, a qual pode ser extraída para transformação em combustível celulósico ou bioeletricidade.
- As algas podem ser induzidas a produzir hidrogênio.
- As algas são mais eficientes do que outras plantas verdes para transformar luz solar em biomassa.
- As algas crescem rápida e facilmente em águas ricas em nutrientes; e são abundantes e renováveis.
- As algas não são uma fonte importante de alimentos.
- As algas podem absorver dióxido de carbono atmosférico ou industrial.
- As algas podem crescer em águas servidas ou água salgada (dependendo da cepa algal), evitando, assim, a pressão sobre recursos de água doce.
- O cultivo de algas evita terras agrícolas e, ao contrário, ocorre em desertos, terras marginais, no mar, e inclusive em ambientes urbanos.

Argumentos contra algas como uma fonte de combustível

Longe de serem uma panaceia, os biocombustíveis baseados em algas têm muitos dos mesmos problemas de outros biocombustíveis:

- **Aumentar a escala** – Em mais de 40 anos de experimentação com algas para biocombustíveis, nenhuma companhia conseguiu produzir quantidades comerciais de óleo ou de biomassa de algas capazes de rivalizar com os combustíveis de petróleo. Em geral, especula-se que conseguir isso exigirá alguma forma de engenharia genética.
- **Terra** – Como a maior parte da produção de algas necessita luz solar como fonte de energia, as lagoas de cultivo de algas devem ser rasas para permitir que a luz alcance todos os organismos. Como consequência, a produção se estende como uma capa fina sobre áreas de terra extremamente grandes, impactando ecossistemas, direitos territoriais e usos tradicionais, especialmente nas regiões desérticas. O especialista em renováveis Saul Griffiths calculou recentemente que, mesmo que uma cepa de algas conseguisse ser quatro vezes mais eficiente em absorver a luz solar para energia, ainda seria necessário encher de algas uma piscina olímpica a cada segundo durante os próximos vinte e cinco anos,²⁷⁵ o que supriria somente 3% do consumo global de energia.



Lagoas de algas para produção de combustível
Foto: Agrilife Inc.

- **Balço de energia e água** – Dependendo do sistema de produção, cultivar algas pode necessitar consumo intenso de energia. Em grande parte, isso se deve ao fato de que cultivar algas em lagoas abertas ou em biorreatores fechados demanda o uso contínuo de fertilizantes. Numa recente avaliação do ciclo de vida de biocombustíveis algáceos publicada no periódico *Environmental Science and Technology*, pesquisadores concluíram que a produção de algas consome mais água e energia que outras matérias-primas para biocombustíveis, como milho, canola e *switchgrass*, e também tem maiores emissões de gases de efeito estufa.²⁷⁶ A produção de fertilizantes, em particular, requer grandes quantidades de energia. Além disso, a produção e o funcionamento contínuo dos fotobiorreatores, das bombas d'água e equipamentos de mistura, bem como a tecnologia de colheita e extração, aumentam o consumo total de energia. “Com base naquilo que conhecemos a respeito de projetos piloto de produção de algas durante os últimos 10 a 15 anos, descobrimos que a pegada ambiental das algas é maior do que a de outros cultivos terrestres”, disse Andres Clarens, do Departamento Civil e Ambiental da Universidade da Virgínia e autor principal do estudo.²⁷⁷ Os autores sugeriram que as companhias poderiam utilizar águas servidas, ricas em nutrientes, para reduzir o uso de fertilizantes.

- **Pico dos fertilizantes e competição com alimentos** – O custo energético associado ao uso elevado de fertilizantes não é o único grande entrave à expansão de biocombustíveis de algas. Estima-se que os estoques globais de fosfato com grau de fertilizante tenham diminuído para somente 8 bilhões de toneladas. Um comentarista observou que, se mudássemos da produção de petróleo para a produção de algas, teríamos fertilizantes fosfatados suficientes para apenas mais 37 anos.²⁷⁸ Dada a iminente escassez desse mineral chave, os estoques de fosfato direcionados à produção de biocombustíveis estão competindo diretamente com a fertilização de cultivos para alimentos – um clássico dilema alimento *versus* combustível.
- **Riscos de invasão ecológica e de contaminação genética** – A ideia de transladar cianobactérias para produção ao ar livre em grande escala tem alarmado muitos ecologistas, uma vez que as algas se reproduzem extremamente rápido, dobrando sua massa diariamente. Cepas silvestres de algas já são responsáveis por alguns dos piores eventos de invasão ecológica, das vastas ‘zonas mortas’ desoxigenadas encontradas em áreas costeiras, provocadas pelo escoamento superficial de fertilizantes, até florescimentos de algas verde-azuladas que sufocam ecossistemas de água doce e ameaçam a saúde humana. A manipulação genética da cianobactéria aumenta os riscos ecológicos, pois não só a alteração do código genético provavelmente trará efeitos colaterais não previstos, como também o objetivo dessa manipulação é criar cepas de ‘superalgas’ que possam absorver mais energia solar do que as cepas naturais. Numa reunião em 2010 da nova comissão de bioética do presidente Barack Obama, Allison A. Snow, um ecologista da Universidade Estadual de Ohio, testemunhou que “o pior cenário hipotético” seria que as algas engenheiradas para ser extremamente resistentes escapassem para o ambiente, tomando o lugar de outras espécies e causando uma invasão devido ao supercrescimento que privaria as águas de oxigênio, matando os peixes.²⁷⁹
- **A geoengenharia e o clima** – As algas são fundamentais para regular a vida na Terra. São responsáveis por entre 73% e 87% da produção global líquida de oxigênio através da fixação de dióxido de carbono atmosférico.²⁸⁰ Reengenheirar a biologia de algas, ou alterar a população global de algas em grande escala podem, portanto, impactar diretamente os ciclos globais de oxigênio, de carbono, de nitrogênio e a produção de ozônio – potencialmente de formas imprevisíveis e perigosas. As propostas de cultivar algas em zonas costeiras e em mar aberto levantam as mesmas preocupações ecológicas, climáticas e de justiça que os planos de geoengenharia de fertilizar os oceanos com ferro ou ureia para provocar florescimentos de plâncton.

Os novos fãos das algas

Embora nenhuma companhia já esteja vendendo quantidades comercialmente viáveis de combustíveis derivados de algas, o grupo de pesquisa de mercado Global Information calcula que mais de 100 companhias em todo o mundo estão tentando fazer combustível e produtos químicos a partir delas.

Pelo menos nos EUA, essas companhias são generosamente apoiadas com mais de 70 milhões de dólares do governo dos EUA e outros fundos estatais. A Global Information afirma que o mercado de combustíveis de algas alcançou um valor de 271 milhões de dólares em 2010 e poderia valer mais de 1,6 bilhões de dólares até 2015.²⁸¹

As empresas a serem observadas incluem:

Synthetic Genomics, Inc. – companhia de biologia sintética amplamente conhecida fundada pelo magnata dos genes J. Craig Venter, tem uma empresa conjunta de 600 milhões de dólares com a **ExxonMobil** para desenvolver cepas de algas altamente eficientes e aumentar sua escala para produção comercial. A ExxonMobil afirma que, atualmente, esse é um de seus maiores projetos de pesquisa tecnológica.²⁸² Em 2010, abriram uma estufa de demonstração em San Diego, Califórnia, e estão desenvolvendo uma instalação de tamanho muito maior para testes, em local não divulgado, a ser anunciado em 2011.²⁸³ Em maio de 2010, Venter disse ao Congresso dos EUA que a Synthetic Genomics está buscando construir instalações tão grandes quanto a cidade de São Francisco.²⁸⁴ Outros financiadores de Venter incluem a **BP**, o **Genting Group** da Malásia, a **Novartis** e a **Life Technologies Corporation**, bem como muitos investidores individuais.

Sapphire Energy – a companhia declara que até 2011 estará produzindo anualmente um milhão de barris de diesel e combustível de aviação algáceos, alcançando 100 milhões até 2018. Eles levantaram 100 milhões de dólares de importantes investidores, incluindo **Bill Gates**,²⁸⁵ mais 100 milhões de dólares adicionais de financiamento federal para construir um local de demonstração de cerca de 120 hectares no deserto do Novo México. A Sapphire está trabalhando com cepas de algas tanto naturais quanto sintéticas. Seus diretores incluem o ex-presidente da **Monsanto**, Robert Shapiro, e também um ex-diretor executivo da **BP**.²⁸⁶

Transalgae – companhia norte-americana com sede em Israel, anuncia que pretende ser “a Monsanto das sementes de algas”.²⁸⁷ Está desenvolvendo algas geneticamente modificadas para combustível e alimentação animal em colaboração com a **Endicott Biofuels**, do Texas, EUA, e também com a **Raanan**, a maior produtora de alimentos para peixes de Israel. A primeira geração de algas transgênicas da Transalgae está atualmente sendo testada a campo numa estação de energia a gás natural de 400 MW em Ashdod, Israel, em colaboração com a **Companhia Elétrica de Israel**. A companhia disse à imprensa que adicionou um gene terminator mutável em sua alga, de forma que as algas teoricamente se ‘autodestruirão’ dentro de seis horas;²⁸⁸ entretanto, suas patentes sugerem um mecanismo muito mais frágil, que apenas torna a alga menos resistente no ambiente natural.²⁸⁹

Solazyme – com sede em São Francisco, EUA, aplica biologia sintética para produzir biodiesel em tanques fechados onde as algas se alimentam de açúcar em vez de dióxido de carbono. Tem uma empresa conjunta com a gigante petroleira **Chevron** para aumentar a produção de seu combustível algáceo até 2013, e também acordos com a **Unilever** para desenvolver óleos de algas alternativos ao óleo de dendê. Depois de entregar 20 mil toneladas de diesel de algas para a **Marinha dos EUA** em setembro de 2010, a companhia anunciou um segundo contrato naval para mais 150 mil galões.²⁹⁰ A Solazyme também tem acordos com a negociante de grãos **Bunge** para cultivar algas em bagaço de cana-de-açúcar, bem como investimentos de Sir Richard Branson, do **Virgin Group**, e da **San-Ei Gen**, grande companhia japonesa de ingredientes alimentares.²⁹¹

Joule Biotechnologies – empresa nascida do Massachusetts Institute of Technology, em Boston, EUA, afirma ter desenvolvido uma cianobactéria (alga verde-azulada) sintética altamente engenheirada que secreta parafinas, um produto químico geralmente refinado do petróleo. O produto atual da Joule secreta etanol diretamente dentro da água na qual seu organismo cresce, mas, de acordo com a companhia, “Diferentes variantes podem também fazer polímeros e outros produtos químicos de alto valor que normalmente são derivados de petróleo.”²⁹² A Joule está construindo uma planta comercial para entrar em operação em 2012, com a previsão de gerar 37 mil galões de diesel por hectare.



Ilustração: Beehive Collective

Algenol – da Flórida, EUA, está associada com a **Dow Chemical** para construir uma biorrefinaria de algas no Texas. Cepas de algas híbridas da Algenol produzem etanol em biorreatores. Outras associadas incluem a **Agência de Proteção Ambiental dos EUA** e a **Valero Energy Corporation**, uma líder na produção de etanol.²⁹³

Cellana – empresa conjunta entre **Royal Dutch Shell** e **HR BioPetroleum** para selecionar e cultivar cepas naturais de algas para biocombustíveis e alimentação animal. Tem acordos de pesquisa com diversas universidades internacionalmente e opera uma pequena instalação experimental no Havaí, EUA, que cultiva algas oceânicas em sistemas fechado e aberto.²⁹⁴

Mudança 3: Produtos químicos – bioplásticos e outros produtos químicos de base biológica

A mudança da indústria química global²⁹⁵ – que tem valor de 3 trilhões de dólares – para açúcar e matérias-primas de biomassa é provavelmente a que recebeu menos atenção crítica da sociedade civil e dos movimentos de base e, no entanto, é a mais evidente – especialmente no setor de plásticos e de produtos químicos finos de base biológica. Fazer produtos químicos ao invés de combustíveis para transportes a partir de biomassa é atraente, porque os mercados são menores e, portanto, mais fáceis de serem ocupados, e os preços dos produtos químicos são, em média, de duas a quatro vezes maiores. De fato, investidores de capital de risco estão cada vez mais aconselhando as companhias de biocombustíveis de segunda geração a diversificar para produtos químicos (e também alimentares) como uma fonte secundária, ou até mesmo primária, de receitas.

A indústria química global é responsável por cerca de 10% do uso de petróleo,²⁹⁶ e muitos dos milhares de produtos químicos sintéticos atualmente incorporados em produtos de uso cotidiano têm como base o craqueamento e refino de petróleo em moléculas de hidrocarbonetos cada vez mais elaboradas. No entanto, a indústria química sempre obteve parte de sua matéria-prima de carbono a partir do açúcar e está bem estruturada para voltar aos carboidratos. No início do século XX, os primeiros plásticos comerciais e muitos produtos químicos cotidianos eram baseados em biomassa, inclusive a celulose e o rayon. Em sua história da ‘economia do carboidrato’, o economista David Morris relata que, em 1945, a maior indústria química britânica, a ICI, ainda mantinha três divisões de produção – uma baseada em carvão, outra baseada em petróleo, e a terceira baseada em melado.²⁹⁷

Um punhado de produtos químicos de alto valor já têm base biológica, incluindo a lisina (largamente utilizada para alimentação animal), o ácido glutâmico (utilizado em realçadores de sabor de alimentos, como o glutamato monossódico) e corantes e tintas baseados em soja, que atualmente abastecem mais de 90% da produção de jornais dos EUA e 25% das impressoras comerciais.²⁹⁸ Entretanto, como o desenvolvimento da biologia sintética torna possível processar e refinar açúcares de plantas dentro de células em vez de dentro de fábricas químicas, mais organismos sintéticos estão sendo desenhados para secretar produtos químicos que antes teriam sido refinados a partir de fontes fósseis. Atualmente, a produção de base biológica está sendo aplicada em todos os setores da indústria química, incluindo aromas e flavorizantes, fármacos, produtos de química pesada, produtos químicos finos e especiais, como também polímeros (plásticos). Apesar dos produtos químicos de base biológica, especialmente os bioplásticos, serem promovidos como verdes e limpos, alguns são indistinguíveis de seus primos derivados de petróleo no que se refere à biodegradabilidade e à toxicidade.

Blocos de construção de base biológica

Os biólogos sintéticos e os químicos, em particular, estão tentando fabricar o que chamam de ‘substâncias químicas de plataforma’ a partir de um açúcar ou matéria-prima de biomassa. São moléculas químicas chave [blocos de construção químicos], que podem, por sua vez, ser refinadas em centenas de outros produtos químicos úteis, que, atualmente, são produzidos em refinarias comerciais. A petroquímica comercial já faz algo similar, ‘craqueando’ o petróleo em moléculas químicas ou blocos de construção essenciais, como etileno, butadieno, propileno e xileno, e em intermediários flexíveis, como amônia, ácido acético, fenol e butileno, para seu posterior refino em milhares de outros. Obtendo essas substâncias químicas de plataforma chaves ou outras novas, os cientistas que desenvolvem substâncias de base biológica são capazes de converter dezenas ou centenas de produtos químicos anteriormente feitos de carbono fóssil para produção a partir de carbono vegetal. Exemplos de substâncias químicas de plataforma de base biológica que atualmente chegam ao mercado incluem:

Petroquímica: faz materiais a partir de petróleo; um braço da química industrial que transforma óleo cru (petróleo) e gás natural em produtos úteis e materiais primários. A petroquímica inicia pelo ‘craqueamento’ de moléculas complexas de petróleo transformando-as em moléculas mais simples para, na sequência, recombiná-las.

Isoprenoides ou terpenoides – são uma classe de compostos de ocorrência natural que inclui borracha, taxol, neem, artemisina e canabinoides. Alguns desses compostos foram produzidos em leveduras sintéticas pela **Amyris**

Biotechnologies, Inc. A Amyris focou em um isoprenoide chamado **farneseno** (o qual produz o cheiro acre em maçãs), que eles dizem poder ser mais refinado em “uma ampla gama de produtos, variando de aplicações químicas especiais, como detergentes, cosméticos, perfumes e lubrificantes industriais, até combustíveis para transportes, como o diesel.”²⁹⁹ A Amyris, cuja levedura sintética atualmente come cana-de-açúcar brasileira, tem um acordo com a **Procter & Gamble**³⁰⁰ para transformar farneseno em cosméticos e produtos de uso doméstico. Eles têm outro acordo com a **M&G Finanziaria**, a maior fornecedora mundial de plástico para garrafas, para utilizar farneseno de base biológica na produção de plástico PET.³⁰¹ A **Genencor** também engenheirou sinteticamente a *E. coli* para produzir isopreno, utilizado na produção de borracha. Em 2008, eles se associaram com a fabricante mundial de pneus **Goodyear, Inc.** para produzir quantidades industriais de borracha para pneus. Eles afirmam que seu ‘bioisopreno’ substitui os sete galões de petróleo cru necessários atualmente para fazer um pneu de borracha sintética.³⁰²

1,3-Propanediol é uma substância química básica que pode ser utilizada para plásticos, compostos, adesivos, laminados, revestimentos e como um solvente em anticongelantes e em tintas para madeira. Embora geralmente seja produzido a partir de óxido de etileno (um derivado do petróleo), atualmente tem sido produzido pela **Genencor** em levedura sintética como **Bio-PDO**, um precursor do bioplástico Sorona, da **DuPont**. A DuPont, em associação com a **Tate & Lyle**, produz hoje 45 mil toneladas por ano de Bio-PDO em sua unidade de produção em Loudon, Tennessee, EUA, consumindo anualmente 152 mil toneladas de milho (que cobrem uma área de cerca de 16 mil hectares, quase do tamanho de Liechtenstein).³⁰³ Em junho de 2010, a **DuPont** anunciou uma expansão de 35% na produção.³⁰⁴ A companhia francesa de produtos de base biológica **METabolicExplorer** também faz Bio-PDO, convertido do glicerol, um óleo vegetal. A companhia estima que o mercado global de PDO alcançará 1,3 bilhões de euros até 2020.³⁰⁵ O **ácido succínico** é um subproduto de ocorrência natural na fermentação de açúcar. É um primo químico próximo do **anidrido maleico** – um produto químico derivado de petróleo utilizado como uma matéria-prima comum para produtos alimentares e farmacêuticos, tensoativos, descongelantes, substâncias refrigerantes, detergentes, plásticos, agrotóxicos, fibras têxteis e solventes biodegradáveis.

Como é possível transformar ácido succínico em anidrido maleico, diversas empresas estão, atualmente, competindo para produzir grandes quantidades de ácido succínico, buscando conquistar um mercado que pode valer 2,5 bilhões de dólares por ano.³⁰⁶ Entre os que estão desenvolvendo ácido succínico de base biológica estão a **DSM** e a **Mitsubishi Chemicals**. A **BASF** e a **Purac** estão construindo uma fábrica de produção de ácido succínico na Espanha, e uma unidade com capacidade de 2 mil toneladas por ano já está operando em Pomacle, França, utilizando bactérias *E. coli* mutantes para produzir o ácido succínico a partir de açúcares de trigo. A fábrica é operada pela **Bioamber** – uma empresa conjunta entre a companhia norte-americana de biotecnologia **DNP** e a francesa **ARD** (Agro-industrie Recherches et Developpements).³⁰⁷ Em 2010, a companhia de biologia sintética **Myriant**, com sede nos EUA, recebeu uma doação de 50 milhões de dólares do **Departamento de Energia dos EUA** para construir uma unidade de produção de bioácido succínico com capacidade de 14 mil toneladas na Louisiana.³⁰⁸

Etileno é o material primário gasoso utilizado na fabricação de plásticos como **polietileno (PE)**, **poliéster**, **cloreto de polivinila (PVC)** e **poliestireno**, como também de fibras e de outros produtos químicos orgânicos. Geralmente feito a partir de nafta ou gás natural, o etileno também pode ser obtido como um produto secundário da produção de etanol.

Realmente, nos anos 1980, companhias brasileiras produziram 160 mil toneladas de PVC e polietileno (PE) a partir de etanol, até que os preços mundiais do petróleo caíram, e as fábricas foram fechadas. Em 2008, três companhias químicas distintas, a **Braskem**, a **Solavay** e a **Dow Chemical**, anunciaram que recomeçariam a produção de PVC e PE de base biológica no Brasil e na Argentina, a partir de cana-de-açúcar, chegando a 860 mil toneladas por ano.³⁰⁹

Outras companhias a serem observadas, que estão utilizando química e biologia sintética para criar produtos químicos e plásticos de base biológica, incluem:

ADM/ Metabolix, BASF, Blue Marble, Cargill Natureworks, Codexis, Draths Corporation, DSM, DuPont, Genomatica, LS9, OPX Biotechnologies, Segetis, Solazyme, Qteros e Zechem.

O futuro é o (bio)plástico?

“Há um grande futuro nos plásticos. Pense nisso.” Esse foi o conselho sussurrado no ouvido de Dustin Hoffmann no filme de 1967 “A Primeira Noite de um Homem”. Cinquenta anos depois, a área da indústria de plásticos cujo futuro ainda parece brilhante é a dos bioplásticos.

De acordo com fontes qualificadas, a indústria de bioplásticos poderia ter um valor de 20 bilhões de dólares até 2020.³¹⁰ O atual uso mundial de bioplásticos atinge pouco mais de meio milhão de toneladas em 2010, o que poderia encher mais de cinco vezes o Empire State Building. Apesar de se esperar que seu uso aumente para 3,2 milhões de toneladas até 2015,³¹¹ isso ainda é apenas uma pequena fração dos 200 milhões de toneladas de resina plástica produzidos a cada ano³¹² (apesar de alguns analistas dizerem que é tecnicamente possível mudar até 90% dos plásticos para matérias-primas de base biológica).³¹³

Para a indústria de plásticos, tornar-se verde tem a ver tanto com a oportunidade de mercado para melhorar sua imagem quanto com proteger-se contra a elevação dos preços do petróleo. Em geral os consumidores pensam (e a indústria de plásticos gostaria que eles acreditassem) que os bioplásticos automaticamente alcançam um padrão-ouro em matéria de proteção ambiental, rompendo com o legado tóxico dos produtos de vinil, bisfenol A (BPA) e poliestireno que hoje entulham os lixões, aterros sanitários e oceanos do mundo. Apesar das tentativas de se promoverem no mercado como ‘da terra’ e ‘próximos da natureza’, os produtores de bioplásticos são as mesmas corporações poluentes do agronegócio e dos produtos químicos. A **Cargil** e a **ADM** – que monopolizam entre si a maior parte do comércio mundial de grãos – são também dois dos maiores atores em bioplásticos, controlando as linhas Natureworks e Mirel, respectivamente. A **DuPont**, **DSM**, **BASF** e **Dow Chemical** – quatro das maiores companhias químicas do mundo – também são atores chave.



Garrafas plásticas Foto: Shea Bazarian

Os bioplásticos se biodegradam?

Alguns bioplásticos – como o bioplástico Mirel da ADM e aqueles fabricados pela Plantic – degradam-se no ambiente ou em composteiras domésticas, enquanto outros bioplásticos, mesmo alguns vendidos como compostáveis, podem ser de difícil degradação exceto no longo prazo. Isso é particularmente verdadeiro em plásticos de base biológica que reproduzem produtos químicos existentes derivados de petróleo. O Sorona da **DuPont**, por exemplo, não afirma que se degrada no ambiente, e tampouco o fazem o cloreto de polivinila (PVC) e o polietileno da **Braskem**. O principal bioplástico, o ácido polilático (PLA) da **Cargill**, comercializado sob a marca ‘Natureworks’, é um assim chamado plástico ‘compostável’ que não se degrada em composteiras domésticas, ou no ambiente, necessitando ser transportado para composteiras industriais que empregam altas temperaturas.

Também não está claro o quanto os bioplásticos biodegradáveis se decompõem. Estudos metuculosos dos chamados plásticos degradáveis mostraram que alguns apenas se quebram em partículas plásticas menores, menos visíveis, que são mais facilmente ingeridas por animais. Na realidade, pequenos fragmentos plásticos desse tipo também podem ter maior capacidade de atrair e concentrar poluentes como DDT e PCB. Como observou uma fonte bem informada da indústria de plásticos “projetar plásticos degradáveis sem se certificar de que os fragmentos degradados sejam completamente assimilados pelas populações microbianas na infraestrutura de descarte de resíduos em um curto período de tempo tem o potencial de prejudicar o ambiente mais do que se não fossem feitos para se degradar”.³¹⁴

Os bioplásticos podem ser reciclados?

Teoricamente, os bioplásticos podem ser reciclados, mas, na realidade, há poucas (se é que existe alguma) instalações recicladoras que separarão os novos biopolímeros dos outros plásticos. A Cargill Natureworks, por exemplo, insiste que o PLA pode, em teoria, ser reciclado. Na realidade, esse plástico pode ser confundido com Polietileno Tereftalato (PET) utilizado para garrafas plásticas e, portanto, pode na verdade dificultar esforços de reciclagem ao contaminar as cadeias de reciclagem existentes. Em outubro de 2004, um grupo de recicladores e defensores da reciclagem lançou um pedido conjunto para a Natureworks parar de vender o PLA para uso em garrafas até que fossem resolvidas questões chave relacionadas com a reciclagem de PLA. Em janeiro de 2005, a companhia estabeleceu uma moratória sobre a venda “adicional” de PLA para a produção de garrafas, mas voltou a vendê-lo para garrafas, alegando que os níveis de PLA na cadeia de reciclagem eram muito baixos para serem considerados contaminantes.

Na América do Norte, as embalagens de bioplásticos devem ter o número 7 e o símbolo do triângulo de três setas, embora protocolos da indústria estipulem que o símbolo deve ser discreto o suficiente para que não afete as decisões de compra dos consumidores.³¹⁵

Os bioplásticos são tóxicos?

Uma das razões pelas quais os ativistas contra produtos químicos tóxicos estão encorajando vigorosamente o desenvolvimento do setor de bioplásticos é que é possível inventar novos polímeros a partir de amido e açúcar que se degradem mais facilmente no ambiente ou no corpo humano sem apresentar subprodutos tóxicos. Contudo, à medida que os químicos e biólogos sintéticos aperfeiçoam a criação de produtos químicos idênticos aos ‘blocos de construção’ derivados do petróleo, estamos começando a ver os mesmos velhos produtos químicos tóxicos serem produzidos a partir de uma fonte diferente de carbono (baseada em plantas). O PVC de base biológica da **Solvay** é um exemplo claro disso. O PVC tem estado sob ataque constante de ativistas de saúde ambiental por seu uso de ftalatos, um agente plastificante disruptor hormonal, e pela produção de dioxinas altamente tóxicas na sua fabricação, reciclagem e descarte. Da mesma forma que o PVC baseado em petróleo, o processo de produção de PVC de base biológica ainda necessita de cloro. Como um grupo de pesquisa comissionado pela European Bioplastics Association foi forçado a admitir, “É improvável que o uso de etileno de base biológica reduza o impacto ambiental do PVC quanto à sua toxicidade potencial”.³¹⁶

Os bioplásticos são obtidos de forma sustentável?

Se alguém pesquisar na Internet em busca de pistas sobre a origem dos bioplásticos, pode ser perdoado por pensar que a indústria de plásticos de hoje se tornou um negócio de jardinagem. Lá está o Mirel da **ADM**, por exemplo, um “bioplástico” feito a partir de milho ou cana-de-açúcar, mas cujo website exibe fotos de gramíneas aquáticas. Ou a **Sphere Inc.**, produtora de biofilme mais importante da Europa, cuja *homepage* está adornada com tulipas, apesar de seus plásticos serem feitos de batatas. O Sorona, bioplástico carro-chefe da **DuPont**, é promovido por imagens de colinas verdejantes, enquanto o website do “Natureworks” da **Cargill** exibe uma montagem de folhas de árvores.

Na verdade, tanto o Natureworks quanto o Sorona derivam principalmente de milho transgênico cultivado industrialmente, ensopado de agrotóxicos e, no caso do Sorona, transformado por tanques de organismos sintéticos – sem folhas de árvores ou gramados à vista. E, em relação à competição com alimentos, os bioplásticos a base de milho trazem as mesmas preocupações que os biocombustíveis de primeira geração. De acordo com Bob Findlen, da companhia de bioplástico **Telles, empresa conjunta Metabolix/ADM**, “Se a indústria de bioplásticos crescer chegando a 10% da indústria tradicional de plásticos, cerca de 45 bilhões de toneladas de amido serão necessárias, e não há dúvida de que isso terá um efeito sobre as commodities agrícolas.”³¹⁷

Da mesma forma que os fabricantes de biocombustíveis, os fabricantes de bioplásticos estão tentando sair da linha de fogo da batalha alimento *versus* combustível migrando para outras matérias-primas. A cana-de-açúcar brasileira está particularmente na mira deles. A **Dow Chemical**, maior produtora mundial de polietileno, associou-se com a gigante açucareira **Crystalsev**, do Brasil, e, em 2011, iniciará a produção de polietileno (o mais amplamente usado de todos os plásticos) derivado de cana-de-açúcar em uma unidade de produção com capacidade para 317 mil toneladas por ano.³¹⁸ A fábrica irá consumir 7,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano, equivalente a pelo menos 1.000 quilômetros quadrados de terra agrícola.³¹⁹

Em outubro de 2010, a maior empresa petroquímica do Brasil, a **Braskem**, abriu uma fábrica de 278 milhões de dólares projetada para produzir 181 mil toneladas anuais de polietileno a partir de etanol de cana-de-açúcar. A Braskem já tem contratos assegurados para fornecer produtos para a **Johnson & Johnson**, **Proctor & Gamble**, para a companhia de cosméticos **Shiseido** e para o **Toyota Group**.³²⁰ Enquanto isso, a **Coca-Cola** está fazendo um terço de sua nova assim chamada “Garrafa Planta” a partir de bioPET de cana-de-açúcar brasileira – um movimento que recebeu o entusiástico aval do WWF (World Wide Fund For Nature), cujo diretor executivo o declarou “mais um outro grande exemplo de sua liderança em questões ambientais”.³²¹

Como já mencionado anteriormente, as plantações de cana-de-açúcar brasileiras são objeto de críticas ferozes devido a seus impactos sociais e ambientais. Mas, mesmo plásticos feitos da modesta batata, como o ‘Bioplast’ da Stanelco, também levantam preocupações quanto à sua produção.

A organização de vigilância Environmental Working Group, com sede nos EUA, considera as batatas como tendo um dos mais altos limites de resíduos de agrotóxicos em alimentos.³²²

Cultivos transgênicos, biologia sintética e nanotecnologia

Os vínculos entre a engenharia genética e os bioplásticos são abundantes. Em março de 2010, o primeiro cultivo geneticamente modificado a obter aprovação na Europa em mais de uma década foi uma batata transgênica de alto teor de amido da **BASF** destinada diretamente ao mercado de bioplásticos.³²³ Enquanto isso, o milho, a matéria-prima principal para os bioplásticos, é quase universalmente obtido de cultivos transgênicos. Na prática, apenas três grandes produtores de bioplásticos, a **Novamont**, da Itália, a **Pyramid Bioplastics**, da Alemanha, e a **EarthCycle**, do Canadá, promovem seu produto como não transgênico, embora o Natureworks da **Cargill** ofereça um esquema bizarro onde os compradores podem “compensar” o uso de transgênicos em seu produto pagando à Cargill para comprar uma quantidade determinada de milho não transgênico.

A engenharia genética também está sendo aplicada para criar um bioplástico de próxima geração, no qual o plástico é produzido diretamente na própria planta. A **Metabolix Inc.**, com sede em Boston, empregou biologia sintética para engenheirar uma variedade de *switchgrass* que produz o bioplástico polihidroxibutirato (PHB) em 3,7% do tecido de suas folhas. A Metabolix diz que as folhas necessitarão produzir 5% de PHB para que ele seja comercialmente viável. O *switchgrass* sinteticamente engenheirado já está em testes em estufas.³²⁴

O risco de contaminação da cadeia de abastecimento de alimentos por “cultivos plásticos” é uma óbvia preocupação ambiental e de saúde. Enquanto isso, as mesmas sequências engenheiradas de genes estão incorporadas em micróbios sintéticos que transformam milho em 50 mil toneladas de bioplástico Mirel em uma fábrica em Iowa (EUA), numa empresa conjunta entre a **Metabolix** e a **ADM**. O bioplástico Sorona da **DuPont** é, de forma similar, produzido por levedura que tem DNA sintético, e a Amyris Biotechnologies também está utilizando levedura sintética para transformar cana-de-açúcar em garrafas PET através de sua colaboração com a M&G, o maior fabricante mundial de garrafas plásticas.

A nanotecnologia também aparece com destaque no admirável mundo novo dos bioplásticos. Preocupadas com o fato de polímeros de base biológica poderem ter baixas propriedades de barreira (isto é, poderem deixar vazar ar ou líquido), as companhias de bioplástico estão adicionando nanopartículas em seus plásticos para melhorá-los. Por exemplo, a **Cereplast**, que produz talheres, canudinhos, pratos e copos de bioplástico, utiliza nanopartículas para melhorar a resistência do plástico PLA ao calor.³²⁵

Os bioplásticos podem ser feitos corretamente?

Bioplásticos: de propriedade de corporações, competem com os alimentos, não são biodegradáveis, reforçam a agricultura industrial e nos levam ainda mais para a engenharia genética, a biologia sintética e a nanotecnologia. É difícil se empolgar com o futuro supostamente verde que a indústria dos bioplásticos está vendendo. No entanto, existem tentativas sérias de botar os bioplásticos na linha.

Um passo para isso é a Sustainable Biomaterials Collaborative (SBC) – uma rede de 14 grupos da sociedade civil e ‘empresas éticas’ que trabalham para definir um bioplástico verdadeiramente sustentável. Um de seus fundadores, Tom Lent, da The Healthy Building Network, explica que a SBC começou porque “a promessa dos bioplásticos não estava sendo cumprida”. Sua colega da SBC, Brenda Platt, do Institute for Local Self-Reliance, reconhece que, no momento, a expressão “plástico sustentável” é mais um paradoxo do que uma realidade, mas é otimista em relação a mudar isso.

“Não há dúvidas de que temos um longo caminho a percorrer, mas temos estado bastante ativos e eu acredito que já estamos fazendo uma diferença”, diz ela.³²⁶ A SBC publicou extensas diretrizes para bioplásticos sustentáveis [Sustainable Bioplastic Guidelines], disponíveis *online*, baseadas em 12 princípios, que vão desde evitar cultivos transgênicos, agrotóxicos e nanomateriais até garantir os meios de sustento dos agricultores. Os princípios, contudo, não abordam as implicações em matéria de justiça global, a competição com alimentos, os direitos sobre a terra, ou a propriedade e concentração corporativas. O uso de organismos sintéticos em biorrefinarias também é considerado aceitável pela SBC.³²⁷

Bioplásticos: de propriedade de corporações, competem com os alimentos, não são biodegradáveis, reforçam a agricultura industrial e nos levam ainda mais para a engenharia genética, a biologia sintética e a nanotecnologia. É difícil se empolgar com o futuro supostamente verde que a indústria de bioplásticos está vendendo.

Conclusões: um assalto à Terra!

Contradições da biomassa: os defensores da biomassa que insistem que uma mistura de matérias-primas de biomassa com novas tecnologias trará a solução para nossas crises de energia, alimentos e ambiental deveriam cair na real ou, pelo menos, tratar de conciliar sua própria retórica. O apoio desprovido de senso crítico em relação à economia da biomassa provém, de forma esmagadora, das mesmas agências e grupos de pensadores [*think-tanks*] que também nos disseram repetidamente que, até 2050, a população mundial poderia crescer 50%, e a demanda de alimentos, quase 100%.

Eles alertam (corretamente) que a mudança climática irá, no mínimo, tornar as colheitas instáveis e, no pior cenário, reduzir entre 20-50% a produção industrial de alimentos. E prescrevem (erroneamente) que precisamos usar mais produtos químicos em nossas áreas de cultivos para salvaguardar da expansão agrícola as terras marginais e os habitats em risco. Mas, ao mesmo tempo, esses formuladores de políticas estão dizendo que as tecnologias ainda em experimentação não só farão tudo bem, mas tornarão aceitável impor novas demandas monumentais sobre nossos solos e água em nome da substituição de carbono fóssil por biomassa viva.

A bolha da bioeconomia? Tendo falhado em prever o colapso da bolha 'ponto com', a bolha dos títulos hipotecários, o pico dos preços dos alimentos e o colapso do sistema bancário – todos em apenas uma década – os países da OECD agora apregoam uma nova “Economia Verde” como a “próxima grande coisa” que vai resgatar suas indústrias. Fazendo isso, eles estão criando uma nova mitologia em torno da noção de que a biomassa viva pode ser aproveitada para uma nova revolução industrial, que manterá os níveis atuais de produção e consumo sem causar dano ao planeta.

Esse colonialismo econômico mais 'bonzinho' precisa do solo e da água do Sul global. Estão fazendo com que pareça um presente tecnológico que permitirá à África, Ásia e América Latina lucrar com a mudança climática. No processo, a bioeconomia poderia desestabilizar mercados de commodities – e concentrar o poder da OECD – com base em um recurso que pode colapsar devido ao uso excessivo.

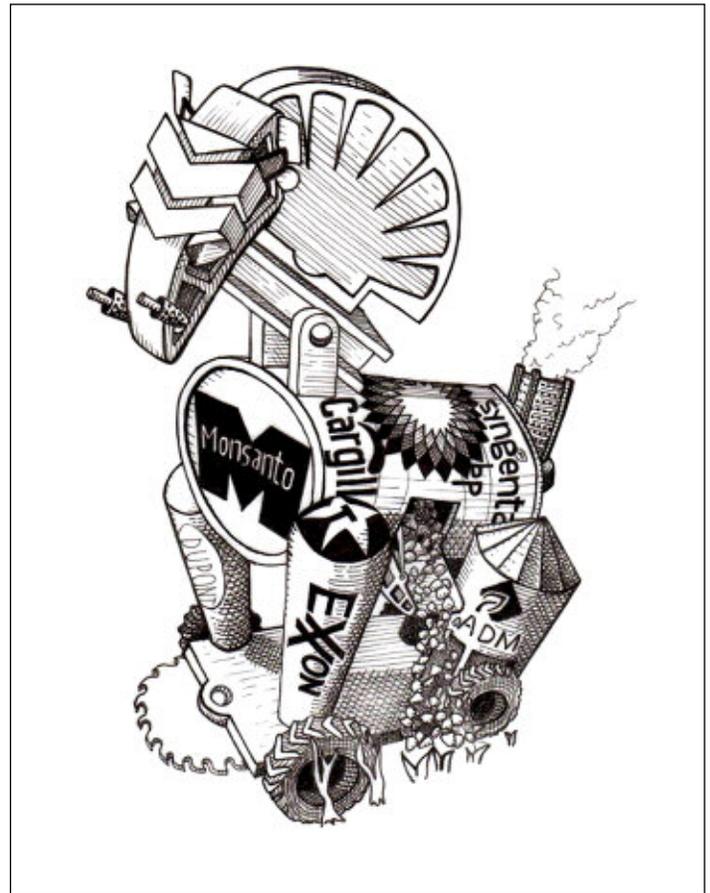


Ilustração: Beehive Collective

Apostando na biologia sintética: O absurdo aumenta exponencialmente quando se considera o conserto tecnológico que está sendo proposto. A biologia sintética afirma ser capaz de redesenhar o DNA para construir novas espécies, potencialmente com características nunca antes vistas na natureza. Supondo que isso seja mesmo possível, estão nos pedindo que acreditemos que esses organismos experimentais não serão uma ameaça nem para nossa economia e nem para nossos ecossistemas.

Se contidos em biorrefinarias – apesar da proliferação dos estabelecimentos e das quantidades envolvidas – dizem-nos que há pouco perigo de contaminação ambiental, e que essas novas biofábricas podem ser alimentadas de forma sustentável. Outros, com soberba similar, já nos disseram que a energia nuclear seria segura e também barata de controlar; que a era da química acabaria com a fome e as doenças; que a biotecnologia acabaria com a fome e as doenças, também – e não contaminaria; e – agora há pouco – que a mudança climática é provavelmente um fruto da nossa imaginação. Em outras palavras, estão nos dizendo que arrisquemos a sorte com Gaia (e com nossos netos) utilizando formas de vida experimentais a partir de hipóteses não testadas. Mais do que um apossamento da biomassa ou uma grilagem legal de terra, isso é um assalto à Terra.

Recomendações: rumo a uma governança global

Recomendações imediatas:

- 1. Sociedade civil:** a sociedade civil e, especialmente, os movimentos sociais – que estão sendo ou serão afetados pela nova bioeconomia – precisam se unir. Isso engloba comunidades indígenas e camponeses que lutam contra a expansão do agronegócio no movimento por soberania alimentar, e aqueles e aquelas preocupados com a proteção de florestas, justiça climática, produtos químicos tóxicos, conservação marinha, proteção dos desertos, direitos à água e muitos outros mais. Precisamos urgentemente ter uma conversa entre os movimentos e estabelecer uma grande coalizão para analisar, enfrentar e confrontar os novos senhores da biomassa.
- 2. Exigências, metas e subsídios:** os governos nacionais devem revisar seu apoio aos biocombustíveis, à biotecnologia industrial e ao resto da bioeconomia à luz dos prováveis impactos sobre o Sul e a biodiversidade e de outros compromissos internacionais de desenvolvimento. As exigências, metas e subsídios existentes para os biocombustíveis, a produção de base biológica e a produção de bioeletricidade deveriam ser abandonados em favor de metas para reduzir a produção e o consumo gerais. Os recursos financeiros dos governos para pesquisa deveriam ser redirecionados para avaliar os custos ecológicos e sociais da bioeconomia, especialmente da próxima geração de biocombustíveis (como combustíveis de algas, celulósicos e de hidrocarbonetos) e da biologia sintética.
- 3. Definições legítimas:** o uso da biomassa não é “carbono neutro” e raramente é ‘renovável’ numa perspectiva ecossistêmica, e não deveria ser apresentado como tal. As regras de contabilização de carbono, tanto em níveis nacionais como internacionais, devem ser revisadas para refletir o custo real sobre a biodiversidade – e do carbono – devido à remoção, processamento e uso de biomassa, incluindo as emissões pela mudança do uso da terra e considerando o tempo que leva para sequestrar novamente o carbono. O custo para as comunidades que já dependem dessa vida vegetal também deve ficar claro e ser calculado.
- 4. Mudança climática:** a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (CQNUMC) deveria reverter seu apoio institucional e financeiro à bioenergia e à mercantilização da biomassa. A CQNUMC deveria rever as regras de contabilização de carbono do Protocolo de Kioto para refletir o fato de que as estratégias de biomassa industrial não são carbono neutro (ver item 3 acima). Também devem ser tomadas medidas para remover a biomassa das metodologias aprovadas sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, das propostas REDD+ e do programa PFAN da Climate Technology Initiative. Novas tecnologias sobre a biomassa e novos usos da biomassa não deveriam ser elegíveis para apoio financeiro através de nenhum mecanismo de mudança climática nem de nenhum mecanismo futuro vinculado à biodiversidade que mobilize recursos financeiros para a inovação.
- 5. Biodiversidade:** a Convenção sobre Diversidade Biológica da ONU deveria ser elogiada por sua apreciação precoce sobre a biologia sintética e a economia da biomassa, e deve assumir um papel de liderança na investigação das implicações potenciais para a diversidade biológica. No espírito do princípio da precaução, a CDB deveria estabelecer uma moratória de fato sobre a liberação ambiental e uso comercial de novas formas de vida construídas com biologia sintética pendente de maiores estudos e acordos de governança transparentes e acauteladores.
- 6. Alimentos, florestas, água e agricultura:** a FAO e, especialmente, sua Comissão sobre Recursos Genéticos Vegetais para Alimentação e Agricultura e o Órgão Gestor do Tratado Internacional sobre Recursos Genéticos Vegetais para Alimentação e Agricultura deveriam estudar as implicações da biologia sintética e do apossamento acelerado de biomassa sobre a segurança alimentar, os cultivos, os animais de criação, as espécies aquáticas e as florestas. Junto com a UNCTAD (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento), a FAO também deveria examinar as implicações sobre os mercados e o monopólio de matérias primas.

7. Direitos humanos: os procedimentos especiais do Conselho de Direitos Humanos das Nações Unidas, incluindo os relatores especiais sobre o direito à alimentação, o direito à água, os direitos dos Povos Indígenas, assim como o Representante Especial do Secretário Geral sobre corporações transnacionais e direitos humanos, e o especialista independente sobre pobreza extrema, deveriam empreender uma investigação conjunta sobre as implicações da biologia sintética e da nova bioeconomia para o pleno gozo dos direitos humanos, particularmente para aqueles indivíduos, comunidades e países cujas terras serão afetadas pela busca de novas fontes de biomassa.

8. Propriedade: a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) deveria empreender uma investigação imediata sobre a abrangência e implicações de patentes e pedidos de patente recentes envolvendo biologia sintética, com base em preocupações de ordem pública.

9. A “Economia Verde”: os governos devem considerar cuidadosamente o papel proposto e as implicações potenciais da Economia Verde como ela está sendo apresentada para a Cúpula Rio+20 no Brasil em 2012. O processo preparatório conduzindo à Rio+20 deveria encorajar um debate público global abrangente sobre todas as questões socioeconômicas, ambientais e éticas relacionadas ao uso da biomassa, à biologia sintética e à governança de tecnologias novas e emergentes em geral.

10. Governança ambiental: o Grupo de Gerenciamento Ambiental do Sistema ONU deveria empreender um estudo aprofundado das implicações da nova bioeconomia, particularmente sobre os meios de vida, a biodiversidade e os direitos das comunidades afetadas. O estudo deve engajar todos os governos e a mais ampla gama de partes interessadas, especialmente os povos indígenas e as comunidades camponesas e das florestas.

Recomendações para o futuro próximo:

11. Governança tecnológica: reconhecendo que as novas ferramentas de transformação da biomassa, como a biologia sintética, são apenas parte de um conjunto de poderosas novas tecnologias em nanoescala que têm vastas aplicações para a economia e para o ambiente, os governos que se reunirão na Rio+20 deveriam adotar um processo de negociação que conduza a um Tratado Internacional para a Avaliação de Novas Tecnologias (ICENT, por sua sigla em inglês), de caráter juridicamente vinculante. Esse tratado deveria permitir o monitoramento das novas tecnologias mais importantes por parte dos governos e de todas as pessoas afetadas.

Anexo: Quem produzirá os biocombustíveis da próxima geração

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Abengoa Bioenergy	usinas de bioenergia na Espanha, Brasil e EUA	cereais incluindo trigo / palha de trigo, restolho de milho	etanol celulósico	CIEMAT (Espanha), Universidade de Lund, NREL (EUA), Universidade de Auburn
AE Biofuels	Montana, EUA	<i>switchgrass</i> , sementes de gramíneas, palhas de gramíneas, talos de milho, bagaço, milho, cana-de-açúcar	etanol celulósico	
AlgaeLink N.V.	Yerseke, Holanda	algas	biopetróleo	KLM (projeto para produzir combustível de aviação a partir de algas)
Algafuel	Lisboa, Portugal	algas	biopetróleo	INETI (Instituto Nacional de Energia, Tecnologia e Inovação de Portugal)
Algasol Renewables	Baleares, Espanha	algas	biopetróleo	
Algenol Biofuels	Flórida, EUA e México	algas	etanol celulósico	BioFields, Dow Chemical Company, Valero Energy, Linde Gas, Georgia Tech, Florida Gulf Coast University
Amyris Biotechnologies, Inc. (Amyris Brasil S.A. e Amyris Fuels, LLC)	São Paulo, Brasil Califórnia, EUA	açúcares fermentáveis, cana-de-açúcar	hidrocarbonetos (farneseno)	Crystalsev, Santelisa Vale, Votorantin, Total, Mercedes Benz, Procter & Gamble, Departamento de Defesa dos EUA, Bunge, Cosan, M&G Finanziaria
Aurora Algae	Califórnia, EUA, Perth, Austrália	algas	biopetróleo	Noventi Ventures, Gabriel Venture Partners
BBI BioVentures LLC	Colorado, EUA	matérias-primas do fluxo de resíduos existente que exigem pouco / nenhum pré-tratamento (em desenvolvimento)	etanol celulósico	Fagen, Inc.
BFT Bionic Fuel Technologies AG	Gross-Gerau, Alemanha	<i>pellets</i> de palhas	hidrocarbonetos: diesel, óleo para aquecimento	OFT Aarhus (Dinamarca)

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
BioFuel Systems SL	Alicante, Espanha	algas	biopetróleo	
BioGasol	Ballerup, Dinamarca	gramíneas variadas, resíduos de jardinagem, palhas, fibras de milho	etanol, biogás, hidrogênio de metano	Siemens, Alfa Laval, Grundfos, Universidade de Aalborg, Ostkraft, Tate & Lyle, Agro Tech AS, NNE Pharmaplan
BioMCN	Delfzijl, Holanda	glicerina bruta	metanol	Waterland, Econcern, Teijin, NOM
BioMex, Inc.	Califórnia, EUA	lascas de madeira, <i>switchgrass</i>	haletos de metila, biogasolina	
BlueFire Ethanol	Califórnia, EUA e Izumi, Japão	lascas de madeira	etanol celulósico	
Borregaard Industries, LTD	Sarpsborg, Noruega	licor sulfuroso decorrente do processamento da polpa da madeira de abeto-vermelho	celulose, lignina, bioetanol	
BP Biofuels	Louisiana, Califórnia, Texas, EUA; Brasil	<i>Miscanthus</i>	etanol celulósico	Em 2010, a BP Biofuels adquiriu os negócios de biocombustíveis da Verenium, Galaxy Biofuels LLC e Vercipia Biofuels; tem empresa conjunta com a DuPont (ver Butamax)
Butamax Advanced Biofuels	Delaware, EUA	gramíneas, talos de milho	biobutanol	Empresa conjunta: BP Biofuels e DuPont; Kingston Research Ltd (Hull, Reino Unido) também é uma empresa conjunta BP-DuPont que faz biobutanol
Carbona, Inc.	Finlândia e EUA	resíduos florestais	combustíveis Fischer- Tropsch	GTI (Gas Technology Institute), UPM- Kymmene (fábricas de polpa e papel)
Catchlight Energy	Washington, EUA	madeira suplementada com gramíneas perenes, resíduos	etanol celulósico	Empresa conjunta: Chevron e Weyerhaeuser

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Cellana	Havaí, EUA	algas	biocombustíveis e alimentação animal	Empresa conjunta: Royal Dutch Shell e HR BioPetroleum; diversas universidades dos EUA + Bodø University College, Noruega
Chemrec AB	Pitea, Suécia	subprodutos de fábrica de polpa e papel	bioDME (dimetil éter)	Volvo, Haldor Topsoe, Preem, Total, Delphi, ETC
CHOREN Technologies GmbH	Freiberg, Alemanha	lascas de madeira secas e resíduos florestais	combustível sintético de biomassa a líquido	Shell, Daimler, Volkswagen
Colusa Biomass Energy Corporation	Califórnia, EUA	palha de arroz, casca de arroz, palha e sabugos de milho, palha e casca de trigo, lascas e serragem de madeira	etanol celulósico, óxido de sílica/sódio, lignina	
Coskata, Inc.	Pensilvânia, Flórida, Illinois, EUA	resíduos agrícolas e florestais, lascas de madeira, bagaço, resíduos sólidos municipais	etanol celulósico	GM, Globespan, Capital Partners, Blackstone Group, Sumitomo, Arancia Industrial, Khosla Ventures, Total
CTU (Clean Technology Universe)	Winterthur, Suíça; fábrica de demonstração em Güssing, Áustria	madeira, milho, gramíneas, silagem de cultivos inteiros	gás sintético	Universidade de Tecnologia de Viena, Paul Scherrer Institute (Suíça), Repotec (Áustria)
Cutec-Institut GmbH	Clausthal-Zellerfeld, Alemanha	palha, madeira, silagem seca, resíduos orgânicos	combustíveis Fischer- Tropsch	
DuPont Danisco Cellulosic Ethanol, LLC (DDCE)	Tennessee, EUA	palha, sabugos e fibras de milho, <i>switchgrass</i>	etanol celulósico	Genera Energy (Universidade do Tennessee)
Dynamic Fuels, LLC	Louisiana, EUA	gorduras animais, óleos de cozinha usados	diesel, combustível de aviação	Empresa conjunta 50-50: Syntroleum Corporation e Tyson
ECN (Energy Research Centre of the Netherlands)	Alkmaar e Petten, Holanda	lascas de madeira	SNG (gás natural sintético / substitutivo)	HVC
Enerkem	fábricas comerciais em Alberta e Quebec, Canadá, e Mississippi, EUA	resíduos municipais, resíduos florestais e agrícolas	etanol e bioetanol	Braemar Energy Ventures, Departamento de Energia dos EUA, Natural Resources Canada, GreenField Ethanol, Inc.

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Envergent Technologies	Illinois, EUA	resíduos florestais e agrícolas	óleo de pirólise avançada para atuar como gasolina, diesel, combustível de aviação	Empresa conjunta: Ensyn e UOP (Honeywell)
EtanolPiloten (fábrica piloto de etanol)	Örnsköldsvik, Suécia	resíduos florestais	etanol celulósico	Universidade de Umeå, Universidade de Tecnologia de Luleå e a Universidade Sueca de Ciências Agrícolas
Flambeau River Biofuels, LLC	Wisconsin, EUA	cascas de árvores, serragem, madeira, e resíduos florestais	energia elétrica, vapor e aquecimento, combustível diesel, cera	Departamento de Energia dos EUA
Frontier Renewable Resources, LLC	Michigan, EUA	lascas de madeira	etanol, lignina	Subsidiária da Mascoma
Fulcrum BioEnergy	Califórnia, EUA	resíduos sólidos municipais	etanol celulósico	US Renewables Group e Rustic Canyon Partners
Gevo	Califórnia, EUA	milho	bioisobutanol	Cargill, Total, Virgin Group, Lanxess
Green Star Products, Inc.	Califórnia, EUA, Naboomspruit, África do Sul	algas	biodiesel	De Beers Fuel Ltd.
Gulf Coast Energy, Inc.	Flórida, EUA	lascas de madeira	etanol	
HR Biopetroleum	Havaí, EUA	algas	biodiesel	Royal Dutch Shell (ver Cellana)
IMECAL	Valência, Espanha	resíduos cítricos (casca, sementes e polpa)	bioetanol	CIEMAT, Ford Espanha e AVEN
Inbicon (subsidiária da DONG Energy)	Kalundborg, Dinamarca	palha de trigo, <i>pellets</i> de madeira	etanol	Genencor (Danisco), Novozymes e Statoil
Iogen	Idaho, EUA, Ontário e Saskatchewan, Canadá	palha de trigo, palha de cevada, palha de milho, <i>switchgrass</i> , palha de arroz	etanol celulósico	Royal Dutch Shell, Petro-Canada e Goldman Sachs
Joule Biotechnologies	Massachusetts, EUA	alga que converte luz solar e CO ₂	diesel	
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Karlsruhe, Alemanha	palha	gás sintético	Lurgi GmbH

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
KL Energy Corporation	Wyoming, EUA	madeira (<i>Ponderosa pine</i>), bagaço de cana-de-açúcar	etanol celulósico	Petrobras America, Inc.
LanzaTech New Zealand Ltd.	Auckland, Nova Zelândia (fábricas na China, Nova Zelândia, EUA)	gases residuais industriais	etanol	Henan Coal e Chemical Industrial Corporation, Boasteel (China), Qiming Ventures, Softbank China Venture Capital, Khosla Ventures, K1W1
Lignol Energy Corporation	British Columbia, Canadá, e Colorado, EUA	madeira e resíduos agrícolas	etanol, lignina	Departamento de Energia dos EUA, Novozymes, Klingspan Group PLC
LS9	Califórnia e Flórida, EUA	xarope de cana-de-açúcar, lascas de madeira, resíduos agrícolas, e sorgo	biogasolina, biodiesel	Chevron, Procter & Gamble, Khosla Ventures
Mascoma	New Hampshire e Nova Iorque, EUA	lascas de madeira, <i>switchgrass</i> , resíduos agrícolas	etanol, lignina	Flagship Ventures, General Motors, Khosla Ventures, Atlas Venture, General Catalyst Partners, Kleiner Perkins Caufield & Byers, VantagePoint Venture Partners, Marathon Oil
M&G (Gruppo Mossi & Ghisolfi) / Chemtex	Rivalta, Itália	palha de milho, palha, casca, biomassa lenhosa	etanol celulósico	
M-real Hallein AG	Hallein, Áustria	licor sulfuroso decorrente do processamento da polpa da madeira de abeto-vermelho	etanol celulósico	
Neste Oil	Porvoo, Finlândia; Rotterdam, Holanda; Tuas, Singapura	óleo de dendê, óleo de colza e gordura animal	biodiesel	Conselho de Desenvolvimento Econômico de Singapura
NSE Biofuels Oy	Varkaus, Parvoo e Imatra, Finlândia	resíduos florestais	combustíveis Fischer-Tropsch	Empresa conjunta: Neste Oil e Stora Enso, JV; Foster Wheeler, Centro de Pesquisa Técnica da Finlândia (VIT), Ministério da Indústria da Finlândia

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Pacific Ethanol	Oregon, EUA	palha de trigo, palha de milho, resíduos de álamo	etanol, biogás, lignina	BioGasol, LLC, Departamento de Energia dos EUA (DOE), Instituto Conjunto de Bioenergia (Lawrence Berkeley National Laboratory e Sandia National Laboratories)
PetroAlgae	Flórida, EUA	algas	biopetróleo	Asesorias e Inversiones Quilicura (Chile), EcoFrontier (Coreia), Foster Wheeler (EUA)
Petrosun	Arizona, EUA	algas	óleo, etanol	
POET	Dakota do Sul, EUA	sabugos de milho	etanol celulósico	Novozymes
Procethol 2G Consortium	Marne, França	fontes variadas de biomassa	etanol celulósico	Membros do consórcio: Agro industrie Recherches et Développements (ARD), Confédération Générale des Betteraviers (CGB), Champagne Céréales, Crédit Agricole du Nord-Est, Institut Français du Pétrole (IFP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Lesaffre, Office National des Forêts (ONF), Tereos, Total e Unigrains
Qteros, Inc.	Massachusetts, EUA	resíduos municipais	etanol celulósico	Camros Capital, LLC, BP, Soros Fund, Long River Ventures, Valero Energy Corporation, Venrock Associates, Battery Ventures
Queensland University of Technology	Brisbane, Austrália	bagaço de cana-de-açúcar	etanol celulósico	Mackay Sugar Ltd., Sugar Research Ltd., Viridian pty Ltd., Hexion

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Range Fuels	Colorado e Geórgia, EUA	<i>Georgia pine</i> , madeiras de lei e <i>Colorado beetle kill pine</i>	etanol celulósico, metanol	Khosla Ventures, Departamentos de Energia e de Agricultura dos EUA, Passport Capital, BlueMountain, Leaf Clean Energy Company, Morgan Stanley, PCG Clean Energy & Technology Fund, Geórgia
Sapphire Energy	Arizona, EUA	algas	biopetróleo	ARCH, Wellcome Trust, Cascade Investment (Bill Gates), Venrock Associates
SEKAB Industrial Development AB	Örnsköldsvik, Suécia	lascas de madeira e bagaço de cana-de-açúcar	etanol celulósico	
SGC Energia	Portugal, Áustria e Novo México, EUA	algas		Global Green Solutions, Oxford Catalysts Group PLC
Syngenta Centre for Sugarcane Biofuels Development	Brisbane, Austrália	bagaço de cana-de-açúcar	etanol celulósico	Universidade de Tecnologia de Queensland (QUT), Farmacule Bioindustries, Governo de Queensland, Governo Federal da Austrália e Syngenta
Synthetic Genomics, Inc.	Califórnia e Maryland, EUA	algas, açúcar	biopetróleo, biogasolina, combustível de aviação	Exxon Mobil, BP, Genting Group, Life Technologies, Novartis, Draper Fisher Juvetson, Meteor Group, Biotechnomy, Plenus, Centro Asiático de Tecnologia Genômica
Solazyme	Califórnia, EUA	algas	biodiesel, biogasolina, combustível de aviação	Chevron, Unilever, Marinha dos EUA, Bunge, Virgin Group, San-Ei Gen, Harris & Harris Group, Braemar Energy Ventures, Lightspeed Venture Partners, VantagePoint Venture Partners, Roda Group

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Solix Biofuels	Colorado, EUA	algas	biopetróleo	Los Alamos National Laboratory, Valero Energy Corp., Hazen Research
Southern Research Institute	Carolina do Norte, EUA	<i>North Carolina pine</i>	óleos, lignina, açúcares fermentáveis	HCL CleanTech (Israel)
SunDrop Fuels	Colorado, EUA	palha de arroz, palha de trigo, <i>miscanthus</i> , sorgo, <i>switchgrass</i> , madeira	gasolina, diesel, combustíveis de aviação	Kleiner Perkins Caufield & Byers e Oak Investment Partners
SynGest, Inc.	Iowa, EUA	palha de milho	bioamônia	Iowa Power Fund e Iowa Office of Energy Independence
Technical University of Denmark (DTU)	Copenhague, Dinamarca	palha de trigo, fibra de milho	etanol, biogás, lignina	BioSystems, Cambi A/S, Novozymes
Tembec Chemical Group	Quebec, Canadá	matéria-prima de licor sulfuroso (subproduto de fábrica de polpa)	etanol celulósico	
Terrabon, Inc.	Texas, EUA	resíduos sólidos municipais, lodo de tratamento de esgotos, esterco, resíduos agrícolas	etanol, alcoóis diversos, químicos variados	Texas A&M University, Valero Energy Corp.
TerraVitae Bioscience	Illinois, EUA	matérias-primas celulósicas	biobutanol	
TMO Renewables, Ltd.	Surrey, Reino Unido	inicialmente milho, depois matérias-primas celulósicas diversas	etanol celulósico	Fiberight, LLC
TransAlgae, Ltd.	Texas, EUA, e Ashdod, Israel	algas	farinha de peixe, óleo	Raanan, Endicott, Biofuels, Israeli Electric Company
United States Envirofuels, LLC	Flórida, EUA	sorgo-doce, cana-de-açúcar	etanol celulósico	
Verenium Corporation	Massachusetts, EUA	(em julho de 2010, a BP comprou o negócio de biocombustíveis celulósicos da Verenium, mas a Verenium continua a vender enzimas para produtores de biocombustíveis)	enzimas	BASF, Bunge, Cargill, Danisco

Companhia	Localização	Matérias-primas / Matérias-primas previstas	Produtos / Produtos Futuros	Associados e Investidores
Verdezyne, Inc.	Califórnia, EUA	<i>switchgrass</i> , cânhamo, palha de milho, madeira	etanol celulósico	Novozymes, Genencor, Syngenta, Lallemand Ethanol Technology, OVP Venture Partners, Monitor Ventures, Tech Coast Angels e Life Science Angels
Vienna University of Technology	Güssing, Áustria	gás sintético derivado de gaseificador	combustíveis Fischer- Tropsch	Repotec GmbH, Biomasse Kraftwerk Güssing
Virent Energy Systems	Wisconsin, EUA	açúcares e amidos	gasolina, combustível de aviação, diesel	Shell, Cargill
Weyland AS	Blomsterdalen, Noruega	madeira de coníferas, serragem, palha de arroz, sabugos de milho e bagaço	etanol celulósico	The Norwegian Research Council, Fana Stein & Gjenvinning AS, Sarsia Seed, Bergen University College
Xethanol Corporation	Flórida, EUA	cascas de cítricos	etanol celulósico	Renewable Spirits, LLC
ZeaChem Inc.	Oregon, Colorado, EUA	árvores, cana-de-açúcar	etanol celulósico, químicos variados	GreenWood Resources, Departamento de Energia dos EUA, Stark Venture Investors, Cargill, Honda, Advantage Capital

Notas

- 1 O valor de 17 trilhões de dólares é a estimativa mais aproximada dos mercados afetados, derivada do conjunto das vendas estimadas dos seguintes setores: gastos globais em alimentos - 8,5 trilhões de dólares; mercado global de energia - 5 trilhões de dólares; mercado global de químicos - 3 trilhões de dólares; mercado têxtil global - 577 bilhões de dólares; mercado global de produtos de papel - 100 bilhões de dólares; comércio global de carbono - 144 bilhões de dólares; mercado global de aditivos para alimentação animal - 15,4 milhões de dólares
- 2 Rede de Informação sobre Matéria-Prima de Bioenergia do governo dos EUA, Bioenergia e Biomassa. Perguntas Mais Frequentes, online em: <http://bioenergy.ornl.gov/faqs/index.html#resource>
- 3 H. Haberl, *et al.*, 2007, "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104, pp. 12942-12947.
- 4 Depoimento de David K. Garman no Comitê sobre Agricultura, Nutrição e Florestas, Programa de Biomassa do Departamento de Energia do Senado dos Estados Unidos, 6 de maio de 2004. Disponível online em: www1.eere.energy.gov/office_eere/congressional_test_050604.html
- 5 Michael Graham Richard, "Geneticist Craig Venter Wants to Create Fuel from CO₂", *Treehugger*, 29 de fevereiro de 2008. Disponível online em: www.treehugger.com/files/2008/02/craig-venter-fuel-co2-tedconference.php
- 6 US Energy Information Administration, "International Petroleum (Oil) Consumption", Independent Statistics and Analysis, International Energy Annual 2006. table 3.5 "World Apparent Consumption of Refined Petroleum Products, 2005" Disponível online em: www.eia.doe.gov/emeu/international/oilconsumption.html
- 7 International Energy Agency, Key World Energy Statistics, IEA, Paris, 2008. Documento disponível em: www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf
- 8 H. Danner e R. Braun. "Biotechnology for the Production of Commodity Chemicals from Biomass", *Chemical Society Review*, 28: 395-405, 1999.
- 9 Stan Davis, Christopher Meyer, "What Will Replace the Tech Economy?" *Time Magazine*, 22 de maio de 2000. Disponível online em: www.time.com/time/magazine/article/0,9171,997019,00.html
- 10 Timothy Gardner, "U.S. ethanol rush may harm water supplies: report", Reuters, 10 de outubro de 2007. Disponível online em: www.reuters.com/article/idUSN1036472120071010
- 11 Ver para exemplo, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Editado por Pushpam Kumar. An output of TEEB: The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, Earthscan, outubro de 2010.
- 12 Glossary of Climate Change Terms, US Environmental Protection Agency. Disponível online em: www.epa.gov/climatechange/glossary.html
- 13 Glossary, Biotechnology Industry Association (BIO). Disponível online em: www.bio.org/speeches/pubs/er/glossary_b.asp
- 14 Simonetta Zarilli, ed. "The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications", UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). Nova Iorque, 2006. Disponível para download online em: www.unctad.org/templates/webflyer.asp?docid=7754&intItemID=2068&lang=1&mode=downloads
- 15 Planet Ark, "UK builds 5th power plant to burn cattle carcasses", 27 de fevereiro de 2001. Disponível online em: www.planetark.org/dailynewsstory.cfm?newsid=9931
- 16 Williams Haynes, *Celulose: The Chemical that Grows*, Nova Iorque: Doubleday and Company, 1953.
- 17 Klemm, D., *et al.*, "Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material", *Angewandte Chemie*, 2005, 44 (22), p 3358-3393
- 18 Mariam B. Sticklen, "Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol", *Nature Reviews Genetics* 9, junho de 2008, 433-443.
- 19 Klemm, D. *op. cit.*, pp 3358-3393.
- 20 Theodore H. Wegner, Philip E. Jones, "Advancing cellulose-based nanotechnology", *Cellulose*. Vol. 13, 2006, páginas 115-118.
- 21 US Department of Energy Office of Science, "Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol: A Joint Research Agenda, A Research Roadmap Resulting from the Biomass to Biofuels Workshop", 7-9 de dezembro de 2005. Disponível online em: <http://genomicscience.energy.gov/biofuels/b2bworkshop.shtml>
- 22 Jeff Caldwell, "Bioeconomy development key to future of Iowa, the world", *High Plains/Midwest AG Journal*, 4 de abril de 2004. Disponível online : www.hpj.com/archives/2004/apr04/Bioeconomydevelopmentkeytof.CFM
- 23 Dr. Jeffrey Sirola, "Vignettes on Energy Challenges", apresentação em PowerPoint, AIChE Energy Forum, Cincinnati, OH, EUA, 30 de outubro de 2005. Disponível online em: www.aiche.org/uploadedFiles/Energy/Forum_Vignettes.pdf
- 24 Rosalie Lober, "Big oil and Biofuels. Are you out there?" *Biofuels Digest*, 21 de setembro de 2010. Disponível online em: <http://biofuelsdigest.com/bdigest/2010/09/21/big-oil-and-biofuels-%E2%80%93-are-you-out-there/>
- 25 Richard Brenneman, "BP Chief Scientist Named Undersecretary of Energy", *Berkeley Daily Planet*, 25 de março de 2009.

- 26 David King, "The Future Of Industrial Biorefineries", Forum Econômico Mundial 2010.
- 27 Aaron Ruesch e Holly K. Gibbs, "New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map For the Year 2000", Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. Disponível online em: http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/global_carbon/carbon_documentation.html
- 28 Kisaburo Nakata, "Characterization of Ocean Productivity Using a New Physical-Biological Coupled Ocean Model Global Environmental Change in the Ocean and on Land, from Global Environmental Change in the Ocean and on Land", Eds, M. Shiyomi et al, Terrapub, 2004, pp. 1.44. Disponível online em: <http://www.terrapub.co.jp/elibrary/kawahata/pdf/001.pdf>
- 29 David King, *op. cit.*
- 30 Antonio Regalado, "Searching for Biofuel's Sweet Spot", Technology Review, abril de 2010. Disponível online em: <http://www.technologyreview.in/energy/24979/>
- 31 *Ibid.*
- 32 John Melo, Nasdaq CEO Shareholder series, entrevista em vídeo, setembro de 2010. Disponível online em: www.shareholder.com/visitors/event/build2/mediapresentation.cfm?companyid=NSDSIG&mediaid=44068&mediauserid=4760447&player=2
- 33 A expressão "Árabia Saudita da biomassa" aparece em muitos lugares, usualmente como uma afirmação espúria de interesses de indústrias florestais locais. Ver, por exemplo, as afirmações em Joe Belanger, "Canada poised to become the Saudi Arabia of biomass energy", ditas em conferência, London Free Press, 11 de março de 2009. Arquivado online em: <http://checkbiotech.org/node/25081>
- 34 Ver Elizabeth A. Nelson, *et al.*, "Combating Climate Change Through Boreal Forest Conservation: Resistance, Adaptation, and Mitigation", Relatório para o Greenpeace Canadá, Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade de Toronto, 2008, 52 p. Disponível online em: www.greenpeace.org/canada/en/campaigns/boreal/resources/documents/combating-cc-boreal-forest-preservation
- 35 Jeremy Hance, "Monoculture tree plantations are 'green deserts' not forests, say activists", mongabay.com, 19 de setembro de 2008. Disponível online em: http://news.mongabay.com/2008/0919-plantations_hance.html
- 36 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), "World Agriculture: Towards 2015/2030", Disponível online em: www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e06.htm
- 37 Michael P Russelle *et al.*, Comment on "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass", Science, Vol. 316. no. 5831, 15 de junho de 2007, p. 1567. Disponível online em: www.sciencemag.org/cgi/content/full/316/5831/1567b
- 38 FAO, "World Agriculture: Towards 2015/2030", *op. cit.*
- 39 Ann Dornfeld, "Company Turns Toxic Blooms into Alternative Energy", VOA News, 10 de novembro de 2008. Disponível online em: www.voanews.com/english/news/a-13-2008-11-10-voa30-66735142.htm
- 40 Steven Koonin *et al.*, "Industrial Biotechnology: Sustainable Climate Change Solutions, Summary proceedings of the 5th Annual World Congress on Industrial Biotechnology and Bioprocessing", Chicago, 27-30 de abril de 2008.
- 41 David Morris, "The Once and Future Carbohydrate Economy", The American Prospect, 19 de março de 2006. Disponível online em: www.prospect.org/cs/articles?articleId=11313
- 42 David Morris e Irshad Ahmed, "The Carbohydrate Economy: Making Chemicals and Industrial Materials from Plant Matter", The Institute for Local Self Reliance, 1993.
- 43 Neil McElwee, "Products from Petroleum", Oil 150, 2008. Disponível online em: www.oil150.com/essays/2008/04/products-from-petroleum
- 44 David Morris e Irshad Ahmed, *op. cit.*
- 45 IEA (International Energy Agency), 2010 Key World Energy Statistics, Paris, 2010, p. 37. Disponível online em: www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf
- 46 Alfred Nordmann, *et al.*, "Converging Technologies. Shaping the Future of European Societies", *Informe Preliminar do Grupo de Trabalho sobre Cenários*, Grupo de Especialistas de Alto Nível, 2004, p 3. Disponível online em: http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf
- 47 USDA, "U.S. Biobased Products: Market Potential and Projections Through 2025", Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses, Departamento de Agricultura dos EUA, 2008.
- 48 David King, "The Future of Industrial Biorefineries", Fórum Econômico Mundial, 2010.
- 49 Pike Research, "Market Value of Biomass-Generated Electricity to Reach \$ 53 Billion by 2020", comunicado de imprensa, 27 de julho de 2010.
- 50 David King, *op. cit.*
- 51 Alex Salkever, "Global biofuels market to hit \$247 billion by 2020", Daily Finance, 24 de julho de 2009. Disponível online em: <http://srph.it/9WK10g>
- 52 Clay Boswell, "Bio-based chemicals take a steadily increasing portion of the chemical market as environmental issues come to the fore", ICIS.com, 5 de fevereiro de 2007. Disponível online em: www.icis.com/Articles/2007/02/12/4500686/bio-based-chemicals-sales-climb-with-environmental-issues.html
- 53 BIOtech-Now.org, "Green Is Good: Industrial Biotechnology Makes Headway with Renewable Alternatives", 18 de agosto de 2010. Disponível online em: <http://biotech-now.org/section/industrial/2010/08/18/green-good-industrial-biotechnology-makes-headway-renewable-alternatives>
- 54 "U.S. Biobased Products, Market Potential and Projections Through 2025", Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses, Departamento de Agricultura dos EUA. Elaborado conjuntamente pelo Office of Energy Policy and New Uses, o Center for Industrial Research and Service of Iowa State University, Informa Economics, Michigan Biotechnology Institute, e The Windmill Group. OCE-2008-1.

- 55 “Bio-renewable Chemicals Emerge as the Building Blocks of the Chemical Industry, Finds Frost & Sullivan”, Comunicado à imprensa, Frost & Sullivan, 17 de março de 2009. Disponível online em: www.frost.com/prod/servlet/pressrelease.pag?docid=162155942
- 56 David King, *op. cit.*
- 57 Helmut Kaiser, “Bioplastics Market Worldwide 2007-2025”, Helmut Kaiser Consultancy, hkc22.com market study. Disponível online em: www.hkc22.com/bioplastics.html
- 58 Simon Upton, “Subsidies to biofuels: A time to take stock”, Global Subsidies Initiative, outubro de 2007. Disponível online em: www.globalsubsidies.org/en/subsidy-watch/commentary/subsidies-biofuels-a-time-take-stock
- 59 Gobvinda R. Timilsina, “Biofuels in Developing Countries: Policies and Programs”, The World Bank – apresentação na Terceira Conferência de Berkeley sobre Bioeconomia, Universidade da Califórnia, Berkeley, 24-25 de junho de 2010. Disponível online em: www.berkeleybioeconomy.com/presentations-2/govinda-biofuel-policies-and-programs
- 60 Mark Bunger e Samhitha Udupa, apresentação em webconferência “Lux Research Biosci State of the Market: Finding Exits for Biofuels and Biomaterials Investors”, 17 de novembro de 2009.
- 61 Jim Carlton, “Investment in Clean Technology Suffers Steep Quarterly Decline”, *Wall Street Journal Technology Blog*, 7 de janeiro de 2009.
- 62 Rebecca Buckman, “Betting on Green”, *Wall Street Journal*, 11 de fevereiro de 2008.
- 63 REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), “Renewables 2010: Global Status Report”, Paris: REN21 Secretariat, 2010.
- 64 David King, *op. cit.*
- 65 Jeff Caldwell, *op. cit.*
- 66 Gary Hutton *et al.*, “Evaluation of the costs and benefits of household energy and health interventions at global and regional levels”, World Health Organization (WHO), 2006. Disponível online em: www.who.int/indoorair/publications/household_energy_health_intervention.pdf
- 67 Joe DeCapua, “UN. Report says 1.6 Billion Still Lack Access to Electricity”, *VOA News*, 28 de abril de 2010. Disponível online em: www.voanews.com/english/news/africa/decapua-un-energy-28apr10-92323229.html
- 68 Paul Starkey, “Animal Power in Development: Some Implications for Communities”, *Community Development Journal*, 1987, 22 (3):219-227. Disponível online em: <http://cdj.oxfordjournals.org/content/22/3/219.extract>
- 69 Gaia Foundation, *et al.*, “Agrofuels and the Myth of Marginal Lands”, Briefing, setembro de 2008. Disponível online em: www.watchindonesia.org/Agrofuels&MarginalMyth.pdf
- 70 Ibid.
- 71 Goran Berndes, *et al.*, “The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies”, *Biomass and Bioenergy*, 28 de outubro de 2002. Disponível online em: www.chem.uu.nl/nws/www/publica/Publicaties2003/E2003-40.pdf
- 72 Gaia Foundation *et al.*, *op. cit.*
- 73 Edward Smeets, *et al.*, “A quickscan of global bio-energy potentials to 2050”, *Bio-EnergyTrade*, março de 2004. Disponível online em: www.bioenergytrade.org/downloads/smeetsglobalquickscan2050.pdf
- 74 John Melo, *op. cit.*
- 75 GRAIN, “;Se adueñan de la tierra! El proceso de acaparamiento agrario por seguridad alimentaria y de negocios en 2008”, artigo do GRAIN, 25 de outubro de 2008. Disponível online em: www.grain.org/article/entries/142-se-adueñan-de-la-tierra-el-proceso-de-acaparamiento-agrario-por-seguridad-alimentaria-y-de-negocios-en-2008
- 76 Banco Mundial, “Rising Global Interest in Farmland: Can It Yield Sustainable and Equitable Benefits?”, Washington DC, setembro de 2010, p. 35. Disponível online em: www.donorplatform.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1505
- 77 GRAIN, *op. cit.*
- 78 Friends of the Earth Europe, “Africa: up for grabs”, FOE, agosto de 2010, online em: www.foeeurope.org/agrofuels/FoEE_Africa_up_for_grabs_2010.pdf
- 79 World Bank, “Rising global interest in farmland: can it yield sustainable and equitable benefits?”, *op. cit.*, p.35.
- 80 World Bank, “Rising global interest in farmland: can it yield sustainable and equitable benefits?”, *op. cit.*, p.8.
- 81 Friends of the Earth International, “Biofuels for Europe driving land grabbing in Africa”, comunicado à imprensa, FOEI, 30 de agosto de 2010.
- 82 Heinrich Unland, citado em “Old Wood is New Coal as Polluters Embrace Carbon-Eating Trees”, *Bloomberg News*, 1º de junho de 2009. Disponível online em: www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=ardNIC7rNzQE
- 83 Econ Poyry, “Global Aspects of Bioenergy Imports”, Commissionado pelo Nordic Energy Research, Report 2008-056. Disponível online em: www.nordicenergy.net/_upl/report_6_r-2008-056.pdf
- 84 Gero Becker, *et al.*, “Mobilizing Wood Resources: Can Europe’s Forests Satisfy the Increasing Demand for Raw Material and Energy under Sustainable Forest Management?”, Geneva Timber and Forest Discussion Papers 48, Nações Unidas, Anais do Seminário, janeiro de 2007. Disponível online em: www.unece.org/timber/docs/dp/dp-48.pdf
- 85 Stephen Leahy, “Trees: Out of the Forest and Into the Oven”, IPS (Inter Press News Agency), 24 de setembro de 2009. Disponível online em: <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=48574>

- 86 John Cary, "The Biofuel Bubble", *Business Week*, Bloomberg, 16 de abril de 2009. Disponível online em: www.businessweek.com/magazine/content/09_17/b4128038014860.htm
- 87 *Ibid.*
- 88 Lynn Grooms, "Corn Stover to Ethanol: No Slam Dunk, Corn and Soybean", *Digest*, 30 de novembro de 2008. Disponível online em: http://cornandsoybeandigest.com/corn/corn_stover_ethanol_1108/
- 89 "Add invasive species to list of biofuels concerns", *Mongabay.com*. Disponível online em: <http://news.mongabay.com/2006/0922-invasive.html>
- 90 Comitê Assessor para Espécies Invasoras, "Biofuels: Cultivating Energy, not Invasiveness", adotado em 11 de agosto de 2009 e disponível online em: www.doi.gov/NISC/home_documents/BiofuelWhitePaper.pdf
- 91 Hilda Diaz-Soltero, "U.S. Department of Agriculture Report to the Invasive Species Advisory Council", Departamento de Agricultura dos EUA, 22 de abril de 2010. Disponível online em: www.invasivespeciesinfo.gov/docs/resources/usdaisac2010apr.doc
- 92 George Monbiot, "Woodchips with everything. It's the Atkins plan of the low-carbon world", *The Guardian*, 24 de março de 2009. Disponível online em: www.guardian.co.uk/environment/2009/mar/24/george-monbiot-climatechange-biochar
- 93 Gregory Morris, "Bioenergy and Greenhouse Gases", Green Power Institute, The Renewable Energy Program of the Pacific Institute, maio de 2008. Disponível online em: www.pacinst.org/reports/Bioenergy_and_Greenhouse_Gases/Bioenergy_and_Greenhouse_Gases.pdf
- 94 Universidade do Estado do Oregon, "Old Growth Forests Are Valuable Carbon Sinks", *Science Daily*, 14 de setembro de 2009. Disponível online em: www.sciencedaily.com/releases/2008/09/080910133934.htm
- 95 World Resources Institute, "Global Carbon Storage in Soils", *EarthTrends: The Environmental Information Portal*. Ver os níveis de solo como indicado no mapa. Disponível online em: <http://earthtrends.wri.org/text/climate-atmosphere/map-226.html>
- 96 Arquivos Nacionais, "Stern Review final report", Tesouro do Reino Unido Disponível online em: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm. Ver também página 1 do Anexo 7.f disponível online em: http://www.hm-treasury.gov.uk/d/annex7f_land_use.pdf
- 97 *Ibid.*
- 98 Palhada de milho: o que é deixado sobre o solo depois da colheita é essencial para fornecer nutrientes para as plantas e é um amortecedor contra perturbações naturais e provocadas pelos humanos. Sua remoção indiscriminada para usos industriais pode impactar negativamente a fertilidade do solo e a produtividade. O documento, "Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability", de Humberto Blanco-Canquia e R. Lal, publicado no *Society of American Soil Science Journal* 73:418-426 (2009), documentou o impacto da remoção sistemática de palha durante quatro anos em solos selecionados, medindo indicadores de fertilidade e a estabilidade estrutural em três tipos diferentes de solos em Ohio. A remoção completa da palha reduziu o nível de nitrogênio total em 820 kg/ha, na média, nos solos limosos. Reduziu o fósforo disponível em 40% e afetou a capacidade de troca de cátions. O potássio trocável (K+) diminuiu em 15% nos solos limosos em que a remoção de palha foi menor que 75%, e em 25% quando houve remoção total. O impacto mais negativo da remoção da palha foi observado em solos inclinados e propensos à erosão.
- 99 GRAIN, "La agricultura campesina puede enfriar el planeta", *GRAIN*, 30 de dezembro de 2009. Apresentação multimídia disponível em: www.grain.org/article/entries/4170-la-agricultura-campesina-puede-enfriar-el-planeta
- 100 GWP (Global Warming Potential) O Potencial de Aquecimento Global para o óxido nitroso (N₂O) é equivalente a 298 vezes o do CO₂ para um horizonte mensurável de 100 anos, segundo o IPCC (2007). Para maiores detalhes sobre potenciais de aquecimento do IPCC atualizados, ver: www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2.html
- 101 Keith Bradsher e Andrew Martin, "Shortages Threaten Farmers' Key Tool: Fertilizer", *New York Times*, 30 de abril de 2008.
- 102 G. Kongshaug, "Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Fertilizer Production", IFA (Conferência Técnica da Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes), Marrakech, Marrocos, 28 de setembro – 1º de outubro de 1998.
- 103 *Science Daily*, "Land Clearing Triggers Hotter Droughts", Australian Research Shows, *ScienceDaily*, 31 de outubro de 2007. Disponível online em: www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071027180556.htm
- 104 IPCC, *IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001*, WG III Section 3.6.4.3, Energy Cropping. Disponível para download online em: www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/ipcc_tar/
- 105 IPCC, *IPCC Fourth Assessment Report*, WGII, p. 13, ponto 11.
- 106 Marshal Wise, *et al.*, "Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Land Use and Energy", *Science*, AAAS, 29 de maio de 2009, Vol. 324. no. 5931, pp. 1183 . 1186. Disponível online em: www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/324/5931/1183
- 107 Timothy Searchinger, *et al.*, "Fixing a Critical Climate Accounting Error", *Science*, Vol 326, 23 de outubro de 2009. Disponível online em: www.princeton.edu/~tsearchi/writings/Fixing%20a%20Critical%20Climate%20Accounting%20ErrorEDITEDtim.pdf

- 108 Universidade de Princeton, "Study: Accounting Error undermines climate change laws", comunicado à imprensa, 22 de outubro de 2009.
- 109 Jutta Kill, "Sinks in the Kyoto Protocol. A Dirty Deal for Forests, Forest Peoples and the Climate", Sinkswatch, julho de 2001.
- 110 Diretrizes e tecnologias de monitoramento aprovadas da UNFCCC. Disponível online em <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved.html>
- 111 Jorgen Fenhann. The UNEP Risoe CDM Pipeline, atualizado em 01/01/11. Disponível online em <http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm#3>
- 112 Em 30 de setembro de 2010, um CER era comercializado por cerca de 13,70 euros. Fonte: "EEX Trading Results For Natural Gas And CO₂ Emission Rights In September", disponível online em: www.mondovisione.com/index.cfm?section=news&action=detail&id=93324
- 113 Oscar Reyes, "Carbon market 'growth' is mainly fraudulent, World Bank report shows", Carbon Trade Watch, 20 de julho de 2010. Disponível online em www.carbontradewatch.org/articles/carbon-market-growth-is-mainly-fraudulent-world-bank-report.html
- 114 Chris Lang, "REDD: An Introduction", REDD Monitor. Disponível online em www.redd-monitor.org/redd-introduction/
- 115 CTI PFAN Development Pipeline: Project Summary. maio-julho de 2010.
- 116 "Carbon mapping breakthrough", comunicado à imprensa, Carnegie Institute, Universidade de Stanford, 6 de setembro de 2010.
- 117 Rhett A. Butler, "Peru's rainforest highway triggers surge in deforestation, according to new 3D forest mapping", mongabay.com, 6 de setembro de 2010.
- 118 Sobre a Iniciativa da Economia Verde, ver www.unep.org/greeneconomy/AboutGEI/tabid/1370/Default.aspx
- 119 HSBC Global Research, "A Climate for Recovery: The colour of stimulus goes green", 25 de fevereiro de 2009, em www.globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf
- 120 Departamento de Energia dos EUA: Basic Research Needs for Solar Research Energy. Disponível online em www.sc.doe.gov/bes/reports/files/SEU_rpt.pdf
- 121 Vaclav Smil, "Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years", Boston, MIT Press, 2008, p. 83.
- 122 Saul Griffith, "Climate Change Recalculated", Shoulder High Productions, DVD, 2009, 90 minutos.
- 123 Daniel G Nocera, "On the future of global energy", *Daedalus*, outono de 2006, Vol. 135, No. 4, Páginas 112-115. Disponível online em: www.mitpressjournals.org/toc/daed/135/4
- 124 Christopher B. Field, *et al.*, "Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components", *Science*, 10 de julho de 1998, Vol. 281, no. 5374, pp. 237-240.
- 125 Bioenergy Feedstock Information Network. Disponível online em: <http://bioenergy.ornl.gov/faqs/index.html#resource>
- 126 Helmut Haberl, *et al.*, "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems", *PNAS* (Anais da Academia Nacional de Ciências dos), 104, 12942-12947. Disponível online em: www.pnas.org/content/104/31/12942.abstract
- 127 Brent Sohngen, *et al.*, "Forest Management, Conservation, and Global Timber Markets", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol 81, No. 1, fevereiro de 1999.
- 128 Chris Lang, "Banks, Pulp and People: A Primer on Upcoming International Pulp Projects", *Urgewald EV*, junho de 2007. Disponível online em: www.greenpressinitiative.org/documents/BPP_A_FIN_2.pdf
- 129 FAO (Organização para Alimentação e Agricultura da ONU), "African forests: a view to 2020", *Forestry Outlook Study for Africa*, 2003. Disponível online em: www.fao.org/forestry/outlook/fosa/en/
- 130 Haberl *et al.*, "Global human appropriation of net primary production (HANPP)", *The Encyclopedia of the Earth*, 29 de abril de 2010. Haberl observa que o uso da biomassa está associado com consideráveis requisitos prévios na cadeia produtiva: a quantidade de biomassa que realmente entra no processamento socioeconômico (6,07% C/ano) e é depois reprocessada para converter-se em produtos derivados da biomassa, como alimentos para humanos e para animais, fibras têxteis ou energia, é apenas um pouco mais de um terço (39%) da apropriação humana global da produção primária líquida (HANPP, por sua sigla em inglês). Na verdade, estimativas apresentadas em Krausnamm *et al.*, sugerem inclusive que, na média global, o consumo final de uma tonelada de biomassa requer a colheita de 3,6 toneladas de biomassa primária e está associado com uma produção primária líquida derivada da mudança de uso do solo (NPPLC, por sua sigla em inglês) de 2,4 toneladas. Essas estimativas, tomadas em conjunto, implicam que, na média global de todas as regiões e produtos baseados em biomassa, uma tonelada de biomassa usada na produção significa 6 toneladas de apropriação humana da produção primária líquida, medida em termos de matéria seca. Artigo disponível em: [www.eoearth.org/article/Global_human_appropriation_of_net_primary_production_\(HANPP\)](http://www.eoearth.org/article/Global_human_appropriation_of_net_primary_production_(HANPP))
- 131 Worldwatch Institute, "Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture Energy in the 21st Century", agosto de 2007, p. 79. www.worldwatch.org/bookstore/publication/biofuels-transport-global-potential-and-implications-sustainable-agriculture-a
- 132 Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report (2005), "Ecosystems and Human Well Being: Biodiversity Synthesis." World Resources Institute. Disponível online em: www.maweb.org/en/Synthesis.aspx
- 133 WWF, "Living Planet Report 2006", Sociedade Zoológica de Londres e Global Footprint Network, 2006. Disponível online em: http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf

- 134 IUCN, Red List of Threatened Species, União Internacional para a Conservação da Natureza, 2008. Lista disponibilizada online em: www.iucnredlist.org/
- 135 Millenium Ecosystem Assessment, "Ecosystems and Human Well-Being", World Resources Institute, 2005.
- 136 FAO, "State of the World's Forests 2007", Roma, 2007. Disponível online em: www.fao.org/docrep/009/a0773e/a0773e00.HTM
- 137 Global Footprint Network website, At a Glance. www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/at_a_glance/
- 138 Global Footprint Network, *op. cit.*
- 139 MSNBC, "Humans will need two Earths: Global footprint left by consumption is growing, conservationists argue", website, último acesso em 8 de outubro de 2010. Disponível online em: www.msnbc.msn.com/id/15398149/
- 140 Vaclav Smil, *op. cit.*
- 141 Carta de Grassroots Groups aos presidentes Henry Waxman and Edward Markey, 23 de abril de 2009.
- 142 DC Nepstad, *et al.*, "Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, fevereiro de 2008.
- 143 TN Chase, *et al.*, "Teleconnections in the Earth System", *Encyclopedia of Hydrological Sciences*, Reino Unido, John Wiley and Sons, 2007, 2849-2862.
- 144 Johan Rockstrom, *et al.*, "A Safe Operating Space for Humanity", *Nature*, 461, 472-476, 24 de setembro de 2009.
- 145 Almuth Ernsting e Deepak Rughani, "Climate Geoengineering With Carbon Negative Bioenergy: Climate saviour or climate endgame?" website do Biofuelwatch. Disponível online em: www.biofuelwatch.org.uk/docs/cnbe/cnbe.html
- 146 Universidade de Purdue, "GM Tree Could be Used for Cellulosic Ethanol, Fast-Growing Trees Could Take Root as Future Energy Source", comunicado à imprensa, 24 de agosto de 2006. Disponível online em: <http://news.mongabay.com/2006/0824-purdue2.html>
- 147 Jessica Hancock, *et al.*, "Plant growth, biomass partitioning and soil carbon formation in response to altered lignin biosynthesis in *Populus tremuloides*", *New Phytologist*, 2007, 173(4), 732-42.
- 148 Solicitação de patente WO2010034652A1, Transgenic Plants with Increased Yield, BASE, maio de 2010.
- 149 Phil McKenna, "Emission control", *New Scientist*, 25 de setembro de 2010.
- 150 Debora McKenzie, "Supercrops: fixing the flaws in photosynthesis", *New Scientist*, 14 de setembro de 2010.
- 151 *Ibid.*
- 152 "Hydrogen from Water in a Novel Recombinant Cyanobacterial System", J Craig Venter Institute. Disponível online em: www.jcvi.org/cms/research/projects/hydrogen-from-water-in-a-novel-recombinant-cyanobacterial-system/overview/
- 153 Solicitação de patente WO07140246A2, Methods and compositions for increasing biomass in genetically modified perennials used for biofuel, Board of Governors for Higher Education, State of Rhode Island, junho de 2009.
- 154 Betsy Cohen, "URI professor turns on biofuel 'switch'", *The Good 5 Cigar*, Jornal Estudantil da Universidade de Rhode Island, 13 de junho de 2009. Ver também, "Switchgrass research aims to create ethanol to power vehicles for \$1 per gallon", website da Universidade de Rhode Island, 4 de dezembro de 2006. Disponível online em: www.uri.edu/news/releases/?id=3793
- 155 Comunicado do Grupo ETC, "A la caza de genes 'climáticos'", Disponível na internet em: www.etcgroup.org/es/node/5252.
- 156 Mensagem de e-mail de Stuart Strand para a Lista Eletrônica sobre Geoengenharia, 17 de setembro de 2010. Arquivado online em: www.mail-archive.com/geoengineering@googlegroups.com/msg03809.html
- 157 Rebecca Lindsay, "Global Garden Gets Greener", Observatório da Terra da NASA, Artigo de Fundo, 5 de junho de 2003. Disponível online em: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalGarden/>
- 158 Universidade de Washington, "Global Warming Fix? Some Of Earth's Climate Troubles Should Face Burial At Sea", *Scientists Say*, *ScienceDaily*, 29 de janeiro de 2009. Disponível online em: www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090128212809.htm
- 159 Miriam Goldstein, "Will dumping cornstalks into the ocean sequester carbon?" *The Oysters Garter*, website, disponibilizado em 11 de fevereiro de 2009. Disponível online em: <http://theoystersgarter.com/2009/02/11/will-dumping-cornstalks-into-the-ocean-sequester-carbon/>
- 160 Mensagem de e-mail de Gregory Benford para a Lista Eletrônica sobre Geoengenharia, 10 de setembro de 2010. Arquivado online em: www.mail-archive.com/geoengineering@googlegroups.com/msg03777.html
- 161 Para mais informações sobre fertilização de oceanos ver Grupo ETC, Communiqué, "Geopiratería: Argumentos contra la geoingeniería", Número 103, outubro de 2010.
- 162 A. Strong, J. Cullen, e S. W. Chisholm. Ocean Fertilization: Science, Policy, and Commerce, *Oceanography*: Vol. 22, No. 3, 2009 236-261.
- 163 Almuth Ernsting e Deepak Rughani, *op. cit.*
- 164 Peter Read, "Biosphere Carbon Stock Management", *Climatic Change*, Vol 87, No. 3-4, 2007, p. 305-320.
- 165 Espagíria é o nome dado à produção de medicamentos à base de ervas utilizando procedimentos alquímicos.
- 166 Peter Aldhous, "Interview: DNA's messengers", *New Scientist*, Número 2626, 18 de outubro de 2007.
- 167 Para uma Introdução à Biologia Sintética, ver Grupo ETC, "Ingeniería genética extrema, una introducción a la biología sintética", janeiro de 2007. Disponível online em: www.etcgroup.org/es/node/603

- 168 Para genes de bactérias em milho, ver Ric Bessin, "Bt Corn: What it is and How it Works", Escola de Agricultura da Universidade de Kentucky, janeiro de 2004. Disponível online em: www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef130.asp. Para genes humanos em arroz, ver Bill Freese, et. al., "Pharmaceutical Rice in California: Potential Risks to Consumers, the Environment and the California Rice Industry", Departamento de Serviços de Saúde da Califórnia, julho de 2004. Disponível online em: www.consumersunion.org/pdf/rice04.pdf
- 169 Tucker, JB e Zilinskas, RA, "The Promise and Perils of Synthetic Biology", *New Atlantis*, primavera de 2006.
- 170 Para uma descrição introdutória aos campos da Teoria dos Sistemas de Desenvolvimento e da Epigenética, ver Jason Scott Robert *et al*, "Bridging the gap between developmental systems theory and evolutionary developmental biology", *Bio-Essays* 23:954-962, 2001
- 171 Ver, por exemplo, W. Wayt Gibbs, "Synthetic Life", *Scientific American*, maio de 2004.
- 172 Holger Breithaupt, "The Engineer's approach to biology", *EMBO Reports*, Vol 7 No1 (2006) pp21-23.
- 173 *Ibid*.
- 174 Erik Millstone *et al*, "Beyond Substantial Equivalence", *Nature*, 7 de outubro de 1999. Disponível online em: www.mindfully.org/GE/Beyond-Substantial-Equivalence.htm
- 175 Roger Highfield, "Malaria drug to be made from 'synthetic biology' organism", *The Daily Telegraph*, (UK) 03 de junho de 2008.
- 176 M. Garfinkel *et al*, "Synthetic Genomics: Options for Governance", outubro de 2007.
- 177 JB Tucker e RA Zilinskas, *op. cit*.
- 178 Michael Rodemeyer, "New Life in old bottles: Regulating first generation products of synthetic biology", relatório publicado pelo Woodrow Wilson Centre for Scholars, março de 2009. Ver nota de rodapé p28.
- 179 Comunicação do Grupo Europeu sobre Ética na Ciência e nas Novas Tecnologias (European group on Ethics in Science and New Technologies) à Comissão Europeia, "Ethics of Synthetic Biology: Opinion no 25", 17 de novembro de 2009.
- 180 Robert Sanders, "Keasling e Cal: A perfect fit", *UC Berkley News*, 13 de dezembro de 2004. Disponível online em: http://berkeley.edu/news/media/releases/2004/12/13_keasling.shtml
- 181 David Roberts, "LS9 Promises Renewable Petroleum", *Huffington Post*, 30 de julho de 2007.
- 182 Craig Rubens, "DOE Cultivating Cellulosic Biofuels", *GigaOm*, 27 de fevereiro de 2008. Disponível online em: <http://gigaom.com/cleantech/doe-cultivating-cellulosic-biofuels/>
- 183 Mascoma, "What is Consolidated Bioprocessing (CBP)?" Disponível online em: www.mascoma.com/pages/sub_cellethanol04.php. Para informações sobre LS9, ver www.ls9.com/technology/
- 184 Susanna Retka Schill, "UCSF engineers microbes to produce methyl halides", *Biomass Magazine*, abril de 2009. Disponível online em: www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2582
- 185 Anna Austin, "Cutting-Edge Co-Culture", *Biomass Magazine*, julho de 2009. Disponível online em: www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2815&q=&page=all
- 186 Holmes, M.T., E.R. Ingham, J.D. Doyle e C.W. Hendricks, "Effects of *Klebsiella planticola* SDF20 on soil biota and wheat growth in sandy soil", *Applied Soil Ecology* 11, 1999, 67-78.
- 187 Sharon Kennedy, "No risk from microbrewery to winemaker", ABC News, 31 de março de 2010. Disponível online em: www.abc.net.au/local/stories/2010/03/31/2861391.htm
- 188 "Biofuel enzyme developer Verenum achieves technical milestone, receives \$500,000 from Syngenta", *Biopact*, 8 de janeiro de 2008. Disponível online em: <http://news.mongabay.com/bioenergy/2008/01/biofuel-enzyme-developer-verenum.html>
- 189 "Agrivida and Codon Devices to partner on third-generation biofuels", *Biopact*, 3 de agosto 2007. Disponível online em: <http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/08/agrividia-and-codon-devices-to-partner.html>
- 190 Daphne Preuss, "Synthetic Plant Chromosomes", Chromatin, Inc., Apresentação na Synthetic Biology 4.0, Universidade de Ciência e Tecnologia de Hong Kong, 10 de outubro de 2008.
- 191 Pacific Northwest National Laboratory, "Live Wires: Microbiologist Discovers Our Planet Is Hard-Wired With Electricity-Producing Bacteria." *Science Daily*, 10 de julho de 2006. Disponível online em: www.sciencedaily.com/releases/2006/07/060710181540.htm
- 192 Yuri Gorby, biografia, J. Craig Venter Institute. Disponível online em: www.jcvi.org/cms/about/bios/ylgorby/
- 193 Para uma visão geral do projeto Bactricity, ver <http://2008.igem.org/Team:Harvard/Project>
- 194 Michael Specter, "A Life of Its Own", *The New Yorker*, 28 de setembro de 2009. Disponível online em: www.newyorker.com/reporting/2009/09/28/090928fa_fact_spec?currentPage=2
- 195 Perfil da empresa Amyris Biotechnologies em artemisininproject.org (agora extinto) Arquivado online em: <http://web.archive.org/web/20061011032357/http://www.artemisininproject.org/Partners/amyris.htm>
- 196 Uma boa discussão sobre artemisinina pode ser encontrada em: www.amyrisbiotech.com/markets/artemisinin
- 197 Ver, por exemplo, esta mensagem do defensor da bioeconomia Rob Carlson, Comissão Presidencial para o Estudo de Assuntos Bioéticos, Synthesis, website de Rob Carlson, 8 de julho de 2010. Disponível em: www.synthesis.cc/2010/07/presidential-commission-for-the-study-of-bioethical-issues.html
- 198 Willem Heemskerk, et. al., "The World of Artemisia in 44 Questions", Foreign Ministry (DGIS), Holanda, Royal Tropical Institute, 2006. Disponível online em: www.kit.nl/smartsite.shtml?id=5564
- 199 Rob Carlson, *op. cit*.
- 200 Grupo ETC, "Ingeniería genética extrema, una introducción a la biología sintética", janeiro de 2007, p. 40-41. Disponível online em: www.etcgroup.org/es/node/603

- 201 “Genencor and Goodyear to co-develop renewable alternative to petroleum-derived isoprene”, comunicado à imprensa, Genencor, 16 de setembro de 2008. Disponível online em: www.genencor.com/wps/wcm/connect/genencor/genencor/media_relations/news/frontpage/investor_265_en.htm
- 202 *Ibid.* Especificamente, a Goodyear escreveu: “o bioisopreno pode ser usado para a produção de borracha sintética, que, por sua vez, é uma alternativa à borracha natural e a outros elastômeros.”
- 203 Katherine Bourzac, “Rubber from Microbes: A plant enzyme improves the yield of renewable rubber made by bacteria”, *Technology Review*, 25 de março de 2010. Disponível online em: www.technologyreview.com/biomedicine/24862/
- 204 Toshiya Muranaka, “Replicating the biosynthetic pathways in plants for the production of useful compounds”, *Innovations Report*, 28 de setembro de 2009. Disponível online em: www.innovationsreport.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/replicating_biosynthetic_pathways_plants_production_140571.html
- 205 Craig Rubens, “Venter’s Synthetic Genomics Adds \$8M for Palm Oil Research”, *GigaOm*, 20 de outubro de 2008. Disponível online em: <http://gigaom.com/cleantech/venters-synthetic-genomics-adds-8m-for-palm-oil-research/>
- 206 Craig Venter falando no programa “Creating Synthetic Life - Your Questions Answered”, coprodução ABC/Discovery Channel, transmitida pela primeira vez na quinta-feira, 3 de julho de 2010, às 20h00 ET, Discovery Science Channel, EUA.
- 207 Paul Sonne, “To Wash Hands of Palm Oil Unilever Embraces Algae”, *Wall Street Journal*, 7 de setembro de 2010.
- 208 Philip Ball, “Yarn spun from nanotubes”, *Nature News*, 12 de março de 2004. Disponível online em: www.nature.com/news/2004/040312/full/news040308-10.html
- 209 Michael Postek e Evelyn Brown, “Sustainable, renewable nanomaterials may replace carbon nanotubes”, *SPIE Newsroom*, 17 de março de 2009. Disponível online em: <http://spie.org/x34277.xml?ArticleID=x34277>
- 210 “Innventia: nanocellulose plant to be built in Stockholm, Sweden”, Lesprom.com, comunicado à imprensa, Moscou, 20 de maio de 2010. Disponível online em: <http://wood.lesprom.com/news/44275/>
- 211 Michael Berger, “Truly green battery is algae powered”, *Nanowerk News*, 16 de setembro de 2009. Disponível online em: www.nanowerk.com/spotlight/spotid=12645.php
- 212 GBEP (Global Bioenergy Partnership), “A Review of the Current State of Bioenergy Development in G8 +5 Countries”, FAO, 2007.
- 213 REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), *Renewables 2010: Global Status Report*, Paris: REN21 Secretariat, 2010.
- 214 *Ibid.*
- 215 O mapa atualizado das instalações para biomassa, da Rede de Justiça Energética, está disponível em: www.energyjustice.net/map/biomassproposed
- 216 Global Data, “The US Biomass Power Market Analysis and Forecasts to 2015”, 18 de maio de 2010. Disponível online em: www.articlesbase.com/business-articles/the-us-biomass-power-market-analysis-and-forecasts-to-2015-2395476.html
- 217 US Biomass Power Association FAQ. Disponível online em: www.usbiomass.org/pages/facts.php
- 218 Jim Carlton, “(Bio)Mass Confusion”, *Wall Street Journal*, 18 de outubro de 2010.
- 219 REN21, *op. cit.*
- 220 Innovative Natural Resource Solutions, Biomass Availability Analysis, Springfield, Massachusetts: “Renewable Biomass from the Forests of Massachusetts”, Relatório preparado para o Massachusetts Division of Energy Resources e o Massachusetts Department of Conservation and Recreation, janeiro de 2007. Disponível online em: www.mass.gov/Eoeea/docs/doer/renewables/biomass/bio-08-02-28-spring-assess.pdf
- 221 Josh Schlossbert, “Here is a Bad Idea: Biofuel Gas from Trees”, *The Register-Guard*, Eugene OR, 27 de abril de 2008. Disponível online em: www.grassrootsnetroots.org/articles/article_11861.cfm
- 222 Graham Mole, “Who says it’s green to burn woodchips?” *The Independent*, 25 de outubro de 2009.
- 223 M.I. Asher, *et al.*, “International Study of Asthma and Allergies in Childhood, (ISAAC): rationale and methods”, International Study Protocol, *European Respiratory Journal*, Salzburg, 1995, 8 483-491.
- 224 Carlos Corvalan, *et al.*, “Health and Environment in Sustainable Development: Identifying Links and Indicators to Promote Action”, Departamento de Proteção do Ambiente Humano, Organização Mundial de Saúde, 1999, p.242.
- 225 Departamento de Ecologia do Estado de Washington, “The Health Effects of Wood Smoke”, Departamento de Ecologia, Programa de Qualidade do Ar, março de 1997.
- 226 Dr. Joellen Lewtas, “Contribution of Source Emissions of the Mutagenicity of Ambient Urban Air Particles”, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, #91-131.6, 1991.
- 227 Jane Koenig e Timothy Larson, “A Summary of Emissions Characterizations and Non-Cancer Respiratory Effects of Wood Smoke”, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, #453/R-93-036, 1992.
- 228 John A. Cooper, “Environmental Impact of Residential Wood Combustion Emissions and Its Implications”, *APCA Journal*, Vol.30 No.8, agosto de 1980.
- 229 Ver Dioxin From Wood Burning, Burning issues. Disponível online em: www.burningissues.org/dioxin.htm
- 230 REN21. 2010. Op, cit.
- 231 Melinda Wenner, “The Next Generation of Biofuels”, *Scientific American*, 20 de abril de 2009.
- 232 Philip New, “World market for Biofuels: An acceptable and positive impact”, BP Biofuels, Theme 10, *World Market for Biofuels*, 2006. Disponível online em www.conservacao.org/publicacoes/files/13_Biofuels_Phil_New.pdf

- 233 OilWakeUpCall.com, Wake Up America! Disponível online em: www.oilwakeupcall.com/alt_fuels.html
- 234 Tony Philpott, "World Bank finally releases 'secret' report on biofuels and the food crisis", *Grist*, 31 de julho de 2008. Disponível online em: www.grist.org/article/biofuel-bombshell/
- 235 Mark W. Rosegrant, "Biofuels and Grain Pries: Impacts and Policy Responses", International Food Policy Research Institute, 7 de maio de 2008.
- 236 Ian MacKinnon, "Palm oil: the biofuel of the future driving an ecological disaster now", *The Guardian*, 4 de abril de 2007.
- 237 Ver a entrada na Wikipedia para Ethanol fuel in Brazil, http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel_in_Brazil
- 238 William Lemos, "Brazil ethanol exports to drop 30% on closed US arb", artigo e vídeo disponibilizados em ICIS.com, 23 de março de 2010. Disponível em: www.icis.com/Articles/2010/03/23/9345185/brazil-ethanol-exports-to-drop-30-on-closed-us-arb.html
- 239 Dr Rosalle Lober, "Big Oil and Biofuels: Are you out there?" *Biofuels Digest*, 21 de setembro de 2010. Disponível online em: <http://biofuelsdigest.com/bdigest/2010/09/21/big-oil-and-biofuels-%E2%80%93-are-you-out-there/>
- 240 Matilda Lee, "Will sugar be the oil of the 21st century?" *The Ecologist*, 1º de dezembro de 2009.
- 241 Eduardo Barreto de Figueiredo *et al.*, "Greenhouse gas emission associated with sugar production in Southern Brazil", *Carbon Balance and Management*, junho de 2010.
- 242 Maggie L. Walser, ed., "Greenhouse gas emissions: perspectives on the top 20 emitters and developed versus developing nations", *Encyclopedia of Earth*, 2 de setembro de 2009.
- 243 <http://climateandcapitalism.com/?p=209>
- 244 Winnie Gerbens-Leenes, *et al.*, "The water footprint of bioenergy", *Proceedings of the National Academy of Science and of the United States of America*, 12 de dezembro de 2008.
- 245 Helen Burley e Hannah Griffiths, "Jatropha: Wonder crop? Experience from Swaziland", Friends of the Earth, maio de 2009.
- 246 John Carey, "The Biofuel Bubble", *Bloomberg Businessweek*, 16 de abril de 2009.
- 247 Bill Kovarik, "Solar, wind, water, bioenergy", *The Summer Spirit*. Disponível online em: www.radford.edu/~wkovarik/envhist/RenHist/
- 248 Lisa Gibson, "RFS2 reduces 2010 cellulosic ethanol requirement", *Biomass Magazine*, março de 2010.
- 249 Robert Rapier, "Diminishing Expectations from Range Fuels", *Forbes Blogs*, 25 de fevereiro de 2010. Disponível em: <http://blogs.forbes.com/energysource/2010/02/25/diminishing-expectations-from-range-fuels/>
- 250 Green Car Congress, "BlueFire Renewables Signs 15-Year Off-Take Agreement for Cellulosic Ethanol", 20 de setembro de 2010. Disponível online em: www.greencarcongress.com/2010/09/bluefire-20100920.html
- 251 "BP and Verenium Form Leading Cellulosic Ethanol Venture to Deliver Advanced Biofuels", BP, comunicado à imprensa, 18 de fevereiro de 2009. Disponível online em: www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=2012968&contentId=7051362
- 252 Matylda Czarnecka, "BP Buys Verenium's Biofuel Business for \$98 Million", *GreenTech*, 15 de julho de 2010. Disponível online em: <http://techcrunch.com/2010/07/15/bp-biofuel-verenium-98-million>
- 253 Iogen Corporation, Iogen Energy Saskatchewan Plant Community Information Sessions, 2009. Mais informação disponível online em: www.ioegen.ca/news_events/events/2009_06_27.html
- 254 "Mascoma, General Motors Enter Biofuels Pact", *Boston Business Journal*, 28 de maio de 2008. Disponível online em <http://boston.bizjournals.com/boston/stories/2008/04/28/daily45.html>
- 255 *Boston Globe*, "Marathon Invests in Mascoma, Which Raises \$61 M." Business Updates, Boston.com. Disponível online em www.boston.com/business/ticker/2008/05/marathon_invest.html
- 256 Royal Nedalco, "Mascoma Royal Nedalco Signs Agreement to License Technology to Mascoma for Lignocellulosic Ethanol", comunicado à imprensa da Mascoma, março de 2007. Disponível online em: www.mascoma.com/download/3-1-07%20-%20NedalcoMascomaNewsRelease%20Final.pdf
- 257 "Stellenbosch Biomass Technologies forms to commercialize Mascoma technology in South Africa", *Biofuels Digest*, 14 de julho de 2010.
- 258 Emma Ritch, "Total dives further into biofuels with Coskata investment", Cleantech Group, Cleantech Forum, 11-13 de outubro de 2010. Artigo disponibilizado em 27 de abril de 2010. Disponível online em: <http://cleantech.com/news/5787/total-biofuel-investment-cleantech-coskata>
- 259 "DuPont and Genencor Create World-Leading Cellulosic Ethanol Company", comunicado à imprensa da Genencor, 14 de maio de 2008. Disponível online em: www.danisco.com/wps/wcm/connect/genencor/genencor/media_relations/investor_257_en.htm
- 260 POET, Cellulosic Ethanol Overview. Disponível no website POET em: www.poet.com/innovation/cellulosic/
- 261 Anna Lynn Spitzer, "Building a Better Biofuel", CALit2, Universidade da Califórnia - Irvine, 30 de abril de 2009. Disponível online em: www.calit2.uci.edu/calit2-newsroom/itemdetail.aspx?guid=372f1edb-dd0d-4fc0-815d-671b153fd74
- 262 "Verdezyne Lands Gene Optimization Contract with Novozymes", comunicado à imprensa, Green Car Congress, 13 de abril de 2009. Disponível online em: www.greencarcongress.com/2009/04/verdezyne-lands-gene-optimization-contract-with-novozymes.html
- 263 Ver o website Catchlight Energy em: www.catchlightenergy.com/WhoWeAre.aspx
- 264 Jim Lane, "Portrait of a Transformative Technology: Qteros and its Q Microbe", *Biofuels Digest*, 24 de junho de 2010.

- 265 David Roberts, *et al.*, “4 Technologies on the Brink”, *Wired Magazine*, Número 15-10, 24 de setembro de 2007.
- 266 Robert Rapier, “A Visit to the New Choren BTL Plant”, *The Oil Drum*, 6 de maio de 2008. Disponibilizado online em: www.theoil Drum.com/node/3938
- 267 Hank Daniszewski, “Green gem goes bust”, *Lfp* (London Free Press), 9 de julho de 2010. Disponível online em: www.lfpress.com/news/london/2010/07/08/14651701.html
- 268 Camille Ricketts, “Biofuel leader LS9 buys demo plant to churn out renewable diesel”, *Venture Beat*, 3 de fevereiro de 2010. Disponibilizado online em: <http://venturebeat.com/2010/02/03/biofuel-leader-ls9-buys-demo-plant-to-churn-out-renewable-diesel-2/>
- 269 Katie Fehrenbacher, “What You Need to Know from Gevo’s IPO Filing”, *GigaOm*, 13 de agosto de 2010. Disponibilizado online em: <http://gigaom.com/cleantech/what-you-need-to-know-from-gevos-s-1/>
- 270 Para um perfil recente da Amyris Biotech, ver “Synthetic Solutions to the Climate Crisis: The Dangers of Synthetic Biology for Biofuels Production”, Friends of the Earth USA, setembro de 2010. Disponível online em: www.foe.org/healthy-people/synthetic-biology
- 271 Dennis Bushnell, “Algae: A Panacea Crop? World Future Society”, *The Futurist*, março-abril de 2009. Disponível online em: www.wfs.org/index.php?q=node/665
- 272 Alok Jha, “UK announces world’s largest algal biofuel project”, *The Guardian*, 23 de outubro de 2008.
- 273 Ann Dornfeld, *op. cit.*
- 274 Katie Howell, “NASA bags algae, wastewater in bid for aviation fuel”, *New York Times*, Greenwire, 12 de maio de 2009. Disponibilizado online em: www.nytimes.com/gwire/2009/05/12/12greenwire-nasa-bags-algae-wastewater-in-bid-for-aviation-12208.html
- 275 Saul Griffith, *op. cit.*
- 276 Andres F. Clarens, Eleazer P. Resurreccion, Mark A. White e Lisa M. Colosi, Environmental Life Cycle Comparison of Algae to Other Bioenergy Feedstocks, *Environmental Science & Technology*, 2010.
- 277 Universidade da Virgínia, “Engineers find significant environmental impacts with algaebased biofuel”, *Science Daily*, 25 de janeiro de 2010. Disponível online em: www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100121135856.htm
- 278 Chris Rhodes, “Could Peak Phosphate be Algal Diesel’s Achilles Heel?” *Energy Balance*, 6 de abril de 2008. Disponibilizado online em: <http://ergobalance.blogspot.com/2008/04/peak-phosphate-algal-diesels-achilles.html>
- 279 Bioethics.gov, “Benefits and Risks of Synthetic Biology”, Comissão Presidencial para o Estudo de Assuntos Bioéticos, Transcrições, 8 de julho de 2010. Disponível online em: www.bioethics.gov/transcripts/syntheticbiology/070810/benefits-and-risks-of-synthetic-biology.html
- 280 “Possible Fix for Global Warming? Environmental Engineers Use Algae to Capture Carbon Dioxide”, *Science Daily*, Vídeo científico, 1º de abril de 2007. Disponibilizado online em: www.sciencedaily.com/videos/2007/0407-possible_fix_for_global_warming.htm
- 281 Zach Patton, “States Test Algae as a Biofuel”, *Governing*, outubro de 2010. Disponibilizado online em: www.governing.com/topics/energy-env/states-test-algae-biofuel.html
- 282 Emil Jacobs, da Exxon Mobil, falando numa conferência para imprensa promovida pela Synthetic Genomics Inc e pela Exxon Mobil sobre Algas Sintéticas, 14 de julho de 2010, Torrey Pines Mesa, San Diego, Califórnia.
- 283 J. Craig Venter, da Synthetic Genomics Inc., falando numa conferência para imprensa promovida pela Synthetic Genomics Inc e pela ExxonMobil sobre Algas Sintéticas, 14 de julho de 2010, Torrey Pines Mesa, San Diego, Califórnia.
- 284 J. Craig Venter, declaração preparada ante o Comitê de Energia e Comércio da Câmara de Deputados do Congresso dos EUA, 27 de maio de 2010.
- 285 Katie Fehrenbacher, “Investors Fuel Solazyme With \$52M for Algae”, *GigaOm*, 9 de agosto de 2010. Disponibilizado online em: <http://gigaom.com/cleantech/investors-fuel-solazyme-with-52m-for-algae/>
- 286 Sapphire Energy, “Top Industries Converge on Sapphire Energy’s Algae-Fuel Plans”, comunicado à imprensa, 5 de abril de 2010.
- 287 Karin Kloosterman, “TransAlgae Seed a Need for Green Feed”, *Green Prophet*, 16 de maio de 2010. Disponibilizado online em: www.greenprophet.com/2010/05/transalgae-biofuel-algae-seed/
- 288 *Ibid.*
- 289 Solicitação de patente US20090215179A1, Transgenically preventing establishment and spread of transgenic algae in natural ecosystems, John Dodds e associados, março de 2003.
- 290 Dana Hull, “Solazyme to announce Navy contract for algae-based fuel”, *San Jose Mercury News*, 15 de setembro de 2010.
- 291 Marc Gunther, “Gee whiz, algae!” *The Energy Collective*, 12 de setembro de 2010. Disponibilizado online em: <http://theenergycollective.com/marcgunther/43293/gee-whiz-algae>
- 292 Matthew L Wald, “Biotech Company to Patent Fuel-Secreting Bacterium”, *New York Times*, 13 de setembro de 2010.
- 293 Joshua Kagan, “Valero Invests in Algenol: What’s Going On?” *Greentech Media*, 10 de maio de 2010. Disponibilizado online em: www.greentechmedia.com/articles/read/valero-invests-in-algenol/
- 294 <http://www.cellana.com>
- 295 Pesquisa do Deutsche Bank estimou as vendas da indústria química global em 2,3 trilhões de euros em 2007. Ver “World chemicals market asia gaining ground”, Deutsche Bank Research, 28 de julho de 2008. Também, em 2007, a cotação do euro era em torno de 1,3 dólares. A cifra inclui as vendas farmacêuticas. Estimativas do CEFIC desagregaram as vendas de químicos em 2007 (excluindo farmacêuticos) em 1,82 trilhões de euros. Fonte: Conselho Europeu da Indústria Química. Disponibilizado online em: www.cefic.org/factsandfigures/level02/profile_index.html

- 296 Herbert Danner e Rudolf Braun, "Biotechnology for the Production of Commodity Chemicals from Biomass", *Chemical Society Review*, 28: 395.405, 1999.
- 297 David Morris e Irshad Ahmed, *op. cit.*
- 298 "U.S. Biobased Products, Market Potential and Projections Through 2025", Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses, U.S. Department of Agriculture. Elaborado em conjunto por Office of Energy Policy and New Uses, Center for Industrial Research and Service of Iowa State University, Informa Economics, Michigan Biotechnology Institute, e The Windmill Group. OCE-2008-1, 293 pp. Disponível online em: www.usda.gov/oce/reports/energy/index.htm
- 299 "Amyris: Farnesene and the pursuit of value, valuations, validation and vroom", *Biofuels Digest*, 25 de junho de 2010. Disponível online em: www.biofuelsdigest.com/biotech/2010/06/25/amyris-the-pursuit-of-value-valuations-and-validation/
- 300 "Amyris Enters into Multi-Products Collaboration and Off-Take Agreements with the Procter and Gamble Company", comunicado à imprensa da Amyris, 24 de junho de 2010.
- 301 "Amyris and M&G Finanziaria Enter into Off-Take Agreement", comunicado à imprensa da Amyris, 24 de junho de 2010.
- 302 "Goodyear, Genencor Partner on True Green Tire Project", *Tire Review*, 1º de abril de 2010. Disponível online em: www.tirereview.com/Article/72334/goodyear_genencor_partner_on_true_green_tire_project.aspx
- 303 Peg Zenk, "Biotech's Third Wave", *Farm Industry News*, 1º de fevereiro de 2007. Disponível online em: <http://farministrynews.com/biotechs-third-wave>
- 304 Doris de Guzman, "DuPont Tate & Lyle expands bio-PDO", *ICIS Green Chemicals*, 4 de maio de 2010. Disponível online em: www.icis.com/blogs/green-chemicals/2010/05/dupont-tate-lyle-expands-bio-p.html
- 305 *Ibid.*
- 306 Bioamber, Succinic Acid and its Industrial Applications, website. Disponível em: www.bio-amber.com/succinic_acid.html
- 307 Al Greenwood, "Bio-succinic acid can beat petchems on price", *ICIS.com*, 18 de fevereiro de 2010. Disponível online em: www.icis.com/Articles/2010/02/18/9336112/corrected-bio-succinic-acid-can-beat-petchems-on-price.html
- 308 "Myriant Technologies Receiving Funds under \$50 Million DOE Award for Succinic Acid Biorefinery Project", comunicado à imprensa da Myriant Technologies, 7 de abril de 2010.
- 309 Plastemart.com, "Newer investments and developments in polymers from renewable resources", Disponível online em www.plastemart.com/upload/Literature/Newer-investments-and-developments-polymers-from-renewable-%20resources.asp
- 310 Will Beacham, "Algae-based bioplastics a fast-growing market", *ICIS*, 18 de junho de 2010. Disponível online em www.icis.com/Articles/2010/06/21/9368969/algae-based-bioplastics-a-fast-growing-market.html
- 311 Douglas A. Smock, "Bioplastics: Technologies and Global Markets", BCC Research, setembro de 2010.
- 312 IBAW, "Highlights in Bioplastics", Publicação da IBAW, janeiro de 2005.
- 313 L. Shen, "Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-Based Plastics", PRO-BIP 2009, Relatório Final, junho de 2009.
- 314 Chandler Slavin, "Bio-based resin report!" *Recyclable Packaging Blog*, 19 de maio de 2010, Disponível online em <http://recyclablepackaging.wordpress.com/2010/05/19/bio-based-resin-report/>
- 315 SustainablePlastics.org, "Will Bioplastics Contaminate Conventional Plastics Recycling?" Disponível online em: www.sustainableplastics.org/bioplastics/issues-with-recycling
- 316 L. Shen, *op. cit.*
- 317 Jon Evans, "Bioplastics get Growing", *Plastics Engineering*, fevereiro de 2010, www.4spe.org, p. 19
- 318 "Dow and Crystalsev Announce Plans to Make Polyethylene from Sugar Cane in Brazil" Comunicado à Imprensa da Dow Chemical, 19 de julho de 2007. Disponível online em http://news.dow.com/dow_news/prodhub/2007/20070719a.htm
- 319 A estimativa de 8 milhões de toneladas é do *Biofuels Digest*, "Dow, Crystalsev in ethanol-to-polyethylene project in Brazil", junho de 2008.. Disponível online em www.biofuelsdigest.com/blog2/2008/06/05/dowcrystalsev-in-ethanol-to-polyethylene-project-inbrazil/ A cana-de-açúcar brasileira produz aproximadamente 86 toneladas/ha.
- 320 Susanne Retka Schill, "Braskem starts up ethanol-ethylene plant", *Ethanol Producer Magazine*, 1º de outubro de 2010.
- 321 "New PlantBottle brings eco-friendly packaging to water brands", *Packaging Digest*, 14 de maio de 2009. Disponível online em: www.packagingdigest.com/article/345481-Coca_Cola_Company_introduces_bioplastic_bottle.php
- 322 New 2010 Dirty Dozen Produce List Update Released by EWG Wellsphere.com, 29 de abril de 2010. Disponível online em: www.wellsphere.com/healthy-living-article/new-2010-dirty-dozen-produce-list-update-releasedby-ewg/1093286
- 323 GMO Compass, website online em: www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/17.docu.html
- 324 Jerry W. Kram, "Metabolix grows plastic (producing) plants", *Biomass Magazine*, outubro de 2008. Disponível online em www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2054
- 325 Sustainable Biomaterials Collective Bioplastics and Nanotechnology Disponível online em www.sustainableplastics.org/bioplastics/bioplastics-and-nanotechnology
- 326 Jim Thomas, "Plastic Plants", *New Internationalist*, Número 415, setembro de 2008. Disponível online em www.newint.org/features/2008/09/01/plastic-plants/
- 327 Sustainable Biomaterials Collaborative, Guidelines for Sustainable Bioplastics Version 1.0 – maio de 2009. Disponível online em www.sustainablebiomaterials.org/index.php?q=bioplastics

Grupo ETC

Grupo de Ação sobre Erosão, Tecnologia e Concentração

O Grupo ETC é uma organização internacional da sociedade civil.

Trabalhamos investigando os impactos ambientais, sociais e econômicos relativos a novas tecnologias, em nível global e, particularmente, sobre povos indígenas, comunidades rurais e a biodiversidade.

Investigamos a erosão ecológica (incluindo a erosão cultural e de direitos humanos), o desenvolvimento de novas tecnologias e monitoramos questões de governança global incluindo a concentração corporativa e o comércio em tecnologias. Operamos em nível político global e temos status consultivo junto a várias agências e tratados da ONU. Trabalhamos com outras organizações da sociedade civil e movimentos sociais, especialmente na África, Ásia e América Latina. Temos escritórios no Canadá, Estados Unidos, México e Filipinas.

Outras publicações do Grupo ETC sobre biologia sintética estão disponíveis online:

www.etcgroup.org/es/issues/synthetic-biology

Contato:

431 Gilmour St, Second Floor
Ottawa, ON K2P 0R5, Canada

Tel: 1-613-241-2267 (Zona Leste Americana)

Email: etc@etcgroup.org

Website: www.etcgroup.org

BANG!

Em 2008, o Grupo ETC e seus parceiros organizaram um encontro internacional de ativistas da sociedade civil em Montpellier, França, sob o título de BANG – significando a convergência de tecnologias em nanoescala – especificamente, Bits, Átomos, Neurônios e Genes. No encontro, o Grupo ETC se comprometeu a preparar uma série de documentos sobre as principais novas tecnologias, os quais poderiam auxiliar nossos parceiros e governos no Sul global a entender esses desenvolvimentos e responder a eles. Este relatório é um desses estudos.



O conjunto total é:

Geopirateria: argumentos contra la geoingeniería
(Communiqué 103)

Los nuevos amos de la biomasa: biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad
(Communiqué 104)

¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica
(Communiqué 105)

O Grupo ETC também concluiu um livro, BANG, descrevendo os impactos da convergência tecnológica nos próximos 25 anos. Enquanto o livro não é ficção científica, ele utiliza ficção para descrever quatro cenários diferentes para o próximo quarto de século. “BANG” foi publicado na Alemanha pela Oekom com o título de “NextBANG”.

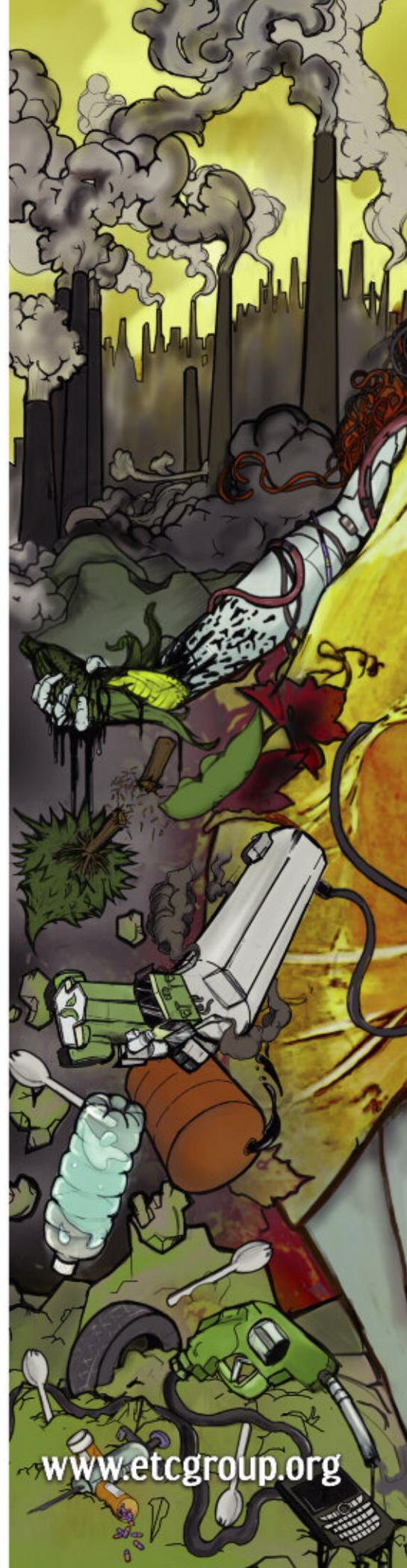
O Grupo ETC pretende publicar todos esses relatórios em inglês, francês e espanhol.

Os novos senhores da biomassa

Biologia sintética e o próximo assalto à biodiversidade

As companhias globais de energia, florestamento, agronegócio, química, nanotecnologia e biotecnologia estão colaborando entre si para construir uma 'nova bioeconomia' utilizando técnicas como a biologia sintética para transformar 'biomassa' viva em combustíveis, químicos e energia. Entretanto, o que querem nos vender como uma mudança 'verde' dos combustíveis fósseis para uma produção que é baseada em plantas é, na verdade, uma fenomenal apropriação de terras e territórios, conhecimentos e recursos de povos no Sul global.

Com ilustrações do Beehive Design Collective



www.etcgroup.org