

ISSN 2238-1023

# AGROENERGIA

em REVISTA

Esta é uma publicação da Embrapa Agroenergia

Ano IV, nº 10, dezembro de 2016

## Microalgas

The image shows three large, cylindrical glass bioreactors arranged in a row on a metal stand. Each reactor is filled with a vibrant, bright green liquid, which is a culture of microalgae. The reactors are labeled with white numbers: '1' on the left, '2' in the middle, and '3' on the right. The background is a plain, light-colored wall, and the overall scene is brightly lit, highlighting the intense green color of the cultures.



18 /13

lab dancer

IKA®

# AGROENERGIA EM REVISTA

## EXPEDIENTE

Esta é a edição nº 10, dezembro de 2016, da **Agroenergia em Revista**, publicação de responsabilidade do Núcleo de Comunicação Organizacional da Embrapa Agroenergia.

### **Chefe-Geral**

Guy de Capdeville

### **Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento**

Bruno dos Santos A. Figueiredo Brasil

### **Chefe-Adjunto de Transferência de Tecnologia**

Alexandre Alonso Alves

### **Chefe-Adjunta de Administração**

Elizete Floriano

### **Jornalista Responsável**

Daniela Garcia Collares (MTb/114/DI RR)

### **Colaboração**

Elvis Costa e Stephane Paula

### **Consultoria e Revisão Técnica**

Bruno dos Santos A. Figueiredo Brasil

### **Capa, projeto gráfico e diagramação**

Maria Goreti Braga dos Santos

### **Fotos das capas**

Vivian Chies e Goreti Braga

ISSN 2238-1023

**Tiragem:** 1.000 exemplares

### **Impressão e acabamento**

Embrapa Informação Tecnológica

### **Todos os direitos reservados**

Permitida a reprodução das matérias desde que citada a fonte.

### **Embrapa Agroenergia**

Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº

Ed. Embrapa Agroenergia.

Caixa Postal 40.315

CEP 70770-901, Brasília, DF

Fone: +55 (61) 3448-1581

 [www.embrapa.br/agroenergia](http://www.embrapa.br/agroenergia)

 [www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

 [issuu.com/embrapa](http://issuu.com/embrapa)

 [twitter.com/cnpae](http://twitter.com/cnpae)



**Microscopia de algas**

Foto: Bruno Brasil

# Sumário



## Panorama

- 4 Aposta na pesquisa com microalgas
- 6 Microalgas:  
Alternativas promissoras para a indústria

## Pesquisa

- 12 Desenvolvendo supermicroalgas
- 16 Integração com a indústria petrolífera
- 18 Ganhando escala
- 24 óleos valiosos
- 26 Tratamento de dejetos suínos  
com microalgas
- 32 microalgas em efluentes das  
cadeias de biocombustíveis
- 36 Microalgas contra a gripe

## Mercado

- 40 Negócio inovador
- 42 Microalgas nos cremes da Natura
- 44 Uma *startup* no mercado  
brasileiro de microalgas
- 48 Captura de carbono
- 50 Nordeste já produz cianobactérias
- 54 Microalgas na dieta animal

# Editorial

Prezado Leitor,

Tenho o prazer de lhe apresentar a 10ª edição da nossa publicação **Agroenergia em Revista**, um periódico que trazemos à sociedade com o objetivo de divulgar temas de interesse para diferentes públicos. Nesta edição, tratamos do tema Microalgas – alternativas promissoras para a indústria. Aqui, são apresentadas matérias sobre o potencial biotecnológico das microalgas como biofábricas para produção desde biocombustíveis, químicos, biomateriais e polímeros, até seu potencial de atuar como remediadoras de efluentes agroindustriais. As microalgas têm sido olhadas não somente como uma importante fonte de biomassa e de outros produtos, mas também como uma excelente forma de aproveitar gases de emissões industriais (GEE) que são importantes atores no aquecimento global, pois as mesmas utilizam gases como o CO<sub>2</sub> para produção de biomassa e biomoléculas. As microalgas têm despertado o interesse de indústrias de diferentes setores como o setor de cosméticos, farmacêutico, de nutrição animal e humana, de energia, entre outros, pois são capazes de crescer em ambientes geralmente inóspitos à vida como águas salobras, áreas inaptas à produção agrícola.

O Brasil, além de ter a mais rica biodiversidade de microalgas em seu território, possui área e insolação altamente favoráveis ao cultivo das mesmas. São essas características que tornam o Brasil um importante *player* no cenário futuro de utilização de microalgas com biofábricas para a produção de inúmeros ativos alinhados ao novo contexto de uma economia circular. Se quisermos

ser um importante ator no novo cenário bioeconômico mundial, teremos que abraçar soluções tecnológicas que realmente façam a diferença.

Mas, como o leitor verá nos diferentes artigos aqui publicados, apesar do grande potencial das microalgas, ainda temos inúmeros desafios técnicos e científicos que precisarão ser vencidos. O que nós da Embrapa Agroenergia, junto com nossos importantes parceiros, como a UFMG, a FURG, a UFRN, a UFSC, a UFPR, a UFSCar, entre outros, estamos fazendo é trabalhar intensamente para vencermos os desafios técnico-científicos que permitirão que o Brasil consiga desenvolver tecnologias nacionais para colocarmos as microalgas no rol de estratégias nacionais que realmente trarão resultados para a sociedade brasileira.

Entretanto, além dos desafios técnico-científicos a serem vencidos, teremos também que atuar juntos às instituições públicas e ao Poder Legislativo para criarmos políticas públicas de estado que ajudem o País a de fato mudar de uma economia de base fóssil para uma economia de base renovável. Este é o movimento que está acontecendo em todo o planeta, e o Brasil, pela sua natureza, deverá ter um papel de destaque neste novo contexto econômico.

Desejo a você, leitor, um excelente proveito deste trabalho que a nossa equipe desenvolveu especialmente para você. ♣



*Guy de Capdeville*  
**Chefe-geral da**  
**Embrapa Agroenergia**

# APOSTA NA PESQUISA COM MICROLGAS

*Governo Federal investe em pesquisas com microalgas para biocombustíveis e bioprodutos*

*Por: Daniela Collares, jornalista da Embrapa Agroenergia*


**C**om os resultados promissores da pesquisa e com o forte apelo na diversificação das matérias-primas utilizadas na produção de biocombustíveis e, atualmente, também para bioprodutos e químicos renováveis, as microalgas entram no rol da aposta do Governo Federal.

O País tem as condições edafoclimáticas favoráveis para que as microalgas se tornem umas das principais fontes para os biocombustíveis. “O Brasil tem área, sol e água e uma grande diversidade de algas que podem atender a diversas demandas”, diz Rafael Menezes, Coordenador de Inovações em Tecnologias Setoriais do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC). “Eu vejo isso como uma vantagem competitiva do País, ser tão rico em diversidade de espécies, onde você tem toda uma biodiversidade a nosso favor”, destaca Menezes. “Ainda se tem uma diversidade e o potencial enorme de microalgas para se conhecer”.

De acordo com ele, foram poucas as estudadas dentro de um contexto muito grande de possibilidades. Ele reforça a importância do incentivo de pesquisa em desenvolvimento na identificação desse potencial real, tanto das microalgas de água doce e quanto daquelas de águas salgadas. Uma das ações específicas do Ministério é para identificar o potencial das microalgas para produção de biodiesel.

Já foram investidos mais de 26 milhões de reais em pesquisas com microalgas, vários projetos estão em andamento e, certamente, ressalta Menezes, o Ministério vai aumentar os investimentos nessas pesquisas, não só na parte de microalgas, como a produção de biodiesel como um todo.

Com o aumento gradativo da mistura de biodiesel ao diesel, é importante o incentivo à pesquisa para encontrar novas fontes de matérias-primas na produção do biocombustível. “Um dos grandes gargalos na produção do biodiesel é a diversificação de matérias-primas graxas, hoje



quase todo o biodiesel produzido no País é a partir da soja e do sebo bovino”, complementa. “Temos que encontrar novas fontes de matérias-primas graxas para diversificar o rol de possibilidades”, disse.

Tudo isso se torna necessário devido ao alto custo de produção, em que cerca de 70% a 80% é o custo da aquisição da matéria-prima. Nesta lógica, o investimento em novas fontes de matérias-primas graxas mais produtivas é fundamental para reduzir o custo do biodiesel.

Menezes destaca que a literatura científica e as pesquisas em desenvolvimento já mostram que as microalgas têm um grande potencial de produção por hectare. Resultados de pesquisas já apontam que esta matéria-prima pode chegar até 6 toneladas de óleo por hectare, o que vem a ser uma grande vantagem em relação à soja. Os dados são preliminares e as pesquisas financiadas no Brasil estão caminhando com o objetivo de alcançar a viabilidade técnica e econômica dessa produção. Se compararmos com a soja, que produz, somente, 340 a 400 quilos de óleo por hectare, as microalgas estão muito além dessa produção.

Segundo o coordenador, entre 2007 e 2008, por meio do Ministério, foram incentivados projetos em rede de pesquisa para otimizar os esforços públicos entre as universidades e empresas de pesquisas, como a Embrapa. “Nós estruturamos um grande projeto em rede de pesquisa no País, envolvendo

cerca de 10 instituições, justamente em um esforço concentrado em pesquisar essa viabilidade técnico-econômica”. Foram abertos alguns editais e chamadas públicas, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que apoiaram vários projetos no País. “Hoje temos projetos espalhados por diferentes regiões do Brasil”, destacou.

Um dos desafios é incentivar parcerias entre instituições públicas e privadas. Rafael citou como exemplo a parceria da Peugeot e Citroën com a Universidade Federal do Paraná. Um trabalho que incentiva a produção de microalgas a partir de fotobioreatores. Ele complementa que ainda está muito incipiente, mas a tendência é aumentar.

“O que percebemos, é que não é somente o Governo que está investindo em microalgas, mas também empresas privadas, tanto no potencial energético, como para outros bioprodutos”. Menezes salientou que as microalgas estão sendo vistas como matéria-prima dentro da lógica de biorrefinarias, onde você pode ter produtos como combustíveis, pigmentos, fármacos, ácidos graxos polissaturados, tem uma gama de produtos. O MCTIC acredita que as microalgas têm potencial para entrar não só na produção de biodiesel, como na produção de bioquerosene de aviação, que é outro mercado que desponta com potencial interesse nas microalgas. “Enfim, nós estamos incentivando e vamos continuar”, conclui Rafael Menezes. ◆

10  $\mu$ m

# MICROALGAS: **ALTERNATIVAS PROMISSORAS PARA A INDÚSTRIA**

*Por: Bruno dos Santos Alves Figueiredo Brasil e Lorena Costa Garcia*





**A** indústria de base biológica deve desempenhar papel de destaque no século 21. Os desafios relacionados às mudanças climáticas globais e à dependência excessiva de fontes energéticas fósseis tradicionais fomentam, cada vez mais, investimentos em tecnologias inovadoras com maior sustentabilidade ambiental. Além disso, as projeções para o crescimento populacional mundial indicam que haverá um forte aumento na demanda por energia e alimentos ao longo das próximas décadas.

Frente a esse cenário, a utilização de matérias-primas renováveis e a integração de processos industriais em um conceito de biorrefinaria são vistas como soluções potenciais sustentáveis para suprir parte da demanda por energia, alimentos, químicos e materiais. Em uma biorrefinaria, processos convertem a biomassa em vários produtos comercializáveis e energia, otimizando o uso dos recursos e minimizando a geração de resíduos. Assim, existe uma necessidade de ampliar o leque de produtos de base biológica, de modo a substituir os derivados de petróleo, tais como as *commodities* químicas e materiais. A consciência desses desafios tem direcionado investimentos para a pesquisa e a produção comercial de matérias-primas alternativas, como as microalgas.

## **O mercado de produtos derivados de algas**

Atualmente, os produtos produzidos a partir de algas abastecem principalmente os mercados de cosméticos, higiene pessoal, nutrição humana e animal. Trata-se de produtos de valor

agregado que são produzidos em pequena e média escala, principalmente na China, no Japão e nos Estados Unidos. O ramo mais tradicional do cultivo de algas utiliza espécies de macroalgas vermelhas (*Rhodophyta*) e pardas (*Phaeophyta*) para produção de espessantes (ficocoloides), como alginato, carrageninas e ágar-ágar, ou de *nori*, utilizado na culinária oriental. Esses mercados movimentam mais de US\$ 10 bilhões por ano.

Já a produção de microalgas constitui vertente mais recente e crescente do cultivo de algas. A produção anual mundial de biomassa de microalgas triplicou no período de 2004 a 2013, quando atingiu a marca de 15 mil toneladas/ano (peso seco). As principais espécies cultivadas pertencem aos gêneros *Arthrospira* (Spirulina) e *Chlorella*, sendo utilizadas como fontes de pigmentos para a indústria de cosméticos ou como suplementos proteicos para a alimentação humana e aquicultura. As espécies *Dunaliella salina* e *Haematococcus pluvialis* são usadas como fonte de pigmentos e antioxidantes, como os carotenoides astaxantina, cantaxantina e betacaroteno, cujo valor de mercado pode atingir US\$ 8 mil por quilo. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6, tais como EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosahexaenoico), também são produzidos a partir de microalgas e compõem formulações nutricionais infantis, bebidas e suplementos dietéticos. O mercado atual para esses produtos é avaliado em cerca de US\$ 6,25 bilhões.

Todavia, a viabilidade econômica do cultivo em larga escala de microalgas para produção de produtos de baixo valor agregado (como

## ◆ Panorama



### Mercado para produtos derivados de algas

*commodities* químicas, biomateriais e energia) ainda não foi atingida.

Assim, embora já tenha sido demonstrada a viabilidade técnica de se produzir bioplásticos, polímeros e biocombustíveis, como biodiesel, etanol e bioquerosene, por meio de microalgas, tais processos ainda não apresentam custos de produção competitivos com derivados da indústria petroquímica. Os desafios tecnológicos atuais consistem principalmente no melhoramento genético de cepas, no desenvolvimento de métodos eficientes de cultivo, no

controle de pragas e na otimização dos processos de colheita. Visando superar esses gargalos, investimentos consideráveis e crescentes em pesquisa e plantas industriais demonstrativas (pré-comerciais) estão sendo realizados em diversos países, incluindo o Brasil.

A expectativa é que a produção de microalgas no mundo continue a crescer nos próximos anos, levando ao aumento de escala dessa indústria e à superação dos gargalos atuais. O ganho de escala, por sua vez, possibilitaria o abastecimento de mercados maiores com



subprodutos ou excedentes da produção. Um exemplo seria a extração do óleo de microalgas para produtos de alto valor agregado (Ex: ácidos graxos poli-insaturados) e o aproveitamento da biomassa residual para geração de produtos de menor valor agregado, mas que abastecem mercados maiores, como o de nutrição animal. Algo similar já ocorre nas cadeias produtivas atuais de soja, cana-de-açúcar e milho, em que essas plantas servem de matéria-prima para produção concomitante de alimentos, biocombustíveis e outros bioprodutos. Em um horizonte de médio/ longo prazo, modelo semelhante poderia ser estabelecido para a produção em larga escala de microalgas, como *Chlorella*, visando à obtenção simultânea de produtos como betacaroteno, ração animal e biocombustível, por exemplo.

## **O potencial biotecnológico das microalgas**

As microalgas são organismos unicelulares ou coloniais fotossintéticos que estão naturalmente presentes em diferentes ambientes aquáticos/úmidos, incluindo rios, lagos, oceanos e solos. Elas podem ser usadas como fonte para síntese de vários bioprodutos, tais como combustíveis, químicos, materiais, cosméticos, ração animal e suplementos alimentares. A biomassa de algas possui vantagens consideráveis sobre matérias-primas tradicionais, como: (i) alta produtividade - geralmente de 10 a 100 vezes maior do que as culturas agrícolas tradicionais; (ii) captura de carbono altamente eficiente; (iii) elevado teor de lipídeos ou amido, que podem ser utilizados para produção de

biodiesel ou etanol, respectivamente; (iv) cultivo em água do mar, água salobra ou mesmo em águas residuais e (v) produção sobre terras não agricultáveis. As microalgas também podem ser colhidas continuamente ao longo do ano em regiões tropicais, sem período de entressafra. Além disso, o cultivo e o processamento de microalgas podem ser realizados em um mesmo local, uma característica que favorece a produção integrada e sequencial de vários produtos e reduz os custos de logística nas instalações de biorrefinarias.

Assim, há oportunidades para o desenvolvimento de uma indústria sustentável baseada em microalgas cuja produtividade é independente da fertilidade do solo e menos dependente da pureza da água. De fato, são várias as iniciativas em andamento no mundo que buscam integrar a produção/processamento de microalgas à indústria de combustíveis, além do tratamento de águas residuais municipais, industriais e rurais.

## **A pesquisa e a produção de microalgas no contexto nacional**

O Brasil possui uma grande área costeira tropical e conta com 12% do abastecimento de água doce mundial. Além disso, recebe níveis de insolação altos e constantes ao longo do ano na maior parte do seu território. O País também é lar da flora mais rica do mundo e possui mais de 3,5 mil espécies de algas catalogadas. Todas essas características garantem vantagens consideráveis ao Brasil para a produção em larga escala de microalgas.



Foto: Bruno Ramos

### Biomassa de algas

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) investiu mais de R\$ 26 milhões durante os últimos oito anos em programas de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a produção de biodiesel e bioprodutos a partir de microalgas. Esses investimentos fomentaram a estruturação de redes de colaboração entre várias universidades e institutos de pesquisa do País. Atualmente, mais de 40 laboratórios/instituições de pesquisa brasileiros mantêm coleções de algas (microalgas, macroalgas e cianobactérias). Um dos destaques é coleção da Universidade Federal de São Carlos (Ufscar), que mantém centenas de cepas de microalgas e cianobactérias isoladas de corpos d'água localizados no Estado de São Paulo e regiões adjacentes. Além disso, em 2012, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

iniciou a criação de uma coleção de microrganismos fotossintéticos isolados de vários biomas brasileiros, como Pantanal, Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado. Em seu programa de pesquisa, liderado pela unidade Embrapa Agroenergia, a empresa objetiva o melhoramento genético de microalgas nativas visando à produção e aproveitamento industrial da biomassa algal no contexto de biorrefinarias. Ainda em 2012, a Petrobras, em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), iniciou

testes de cultivo de microalgas marinhas para a produção de biodiesel em uma planta-piloto construída no Município de Extremoz, RN.

Empresas privadas de biotecnologia também estão buscando atingir a produção comercial de microalgas no Brasil. Um dos destaques é a *joint venture* entre a Bunge e a empresa americana TerraVia<sup>1</sup>, que investiu US\$ 120 milhões na construção de uma planta comercial na cidade de Orindiúva, SP. Em operação desde 2014, a Bunge-TerraVia utiliza algas que consomem a sacarose produzida na usina de cana-de-açúcar adjacente para produzir óleos de alto valor agregado para fins não energéticos. Esses ácidos graxos são vendidos a empresas como Natura e Unilever, para utilização em formulações cosméticas e de higiene pessoal. Já a *startup* brasileira Algae, sediada em Piracicaba, SP, atua na biofixação

1 TerraVia é nome atual da empresa americana anteriormente denominada Solazyme.



de emissões de carbono e biorremediação de efluentes líquidos industriais por meio do cultivo de microalgas, cuja biomassa é posteriormente aproveitada para nutrição animal. O Instituto Fazenda Tamanduá é pioneiro no cultivo comercial de *Spirulina* no Brasil. A empresa está localizada na cidade de Patos, PB, e tem como principal vantagem estar muito próxima à linha do Equador, o que garante calor, insolação forte e dias longos, durante todo o ano. O cultivo das microalgas é feito em fotobiorreatores abertos (tanques tipo *raceway*), de 25 mil litros cada, que rendem em média 20 kg de biomassa seca por semana. É importante destacar que a produção nacional de *Spirulina* é insuficiente para atender à demanda doméstica e a maior parte dessa matéria-prima é importada da China. Por outro lado, algumas iniciativas precisaram realinhar seus objetivos no trabalho com microalgas. É o caso da empresa Brastax, que foi criada com foco no tratamento de efluentes industriais utilizando microalgas e também na produção de bioprodutos, como o antioxidante astaxantina. Além da mudança de nome, sendo agora Ocean Drop, a empresa redirecionou seu plano de negócios para a venda de *Spirulina* e *Chlorella*.

Portanto, observam-se, atualmente, no Brasil, investimentos no desenvolvimento tecnológico e o início da exploração comercial de microalgas, começando pelos produtos de alto valor agregado obtidos a partir delas. Espera-se que a consolidação e o crescimento dessa indústria abram caminho, no futuro

próximo, para mercados maiores e de menor valor agregado como o de biocombustíveis, energia e biomateriais. Embora barreiras tecnológicas e mercadológicas ainda precisem ser superadas para que esse cenário se torne realidade, os ganhos potenciais oriundos da exploração dessa matéria-prima estimulam, cada vez mais, investimentos nessa área. ♦



**Bruno dos Santos Alves Figueiredo Brasil**

*Biólogo, com mestrado e doutorado em Microbiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é pesquisador e Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Agroenergia*



**Lorena Costa Garcia**

*Engenheira de Alimentos com mestrado e doutorado na mesma área pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). É analista da Embrapa Agroenergia*

# DESENVOLVENDO SUPERMICROALGAS

*Os passos da engenharia genética de microrganismos fotossintéticos no Brasil*

Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia

*Fotos: Bruno Brasil*



**T**oda a produção agropecuária comercial está baseada em espécies domesticadas que passaram por anos ou décadas de melhoramento genético. Mais recentemente, o desenvolvimento de novas cultivares e estirpes ganhou celeridade e ampliou possibilidades com as ferramentas de engenharia genética, que permitem a expressão ou o silenciamento de genes para obter características de interesse. É de se esperar que o mesmo trabalho tenha de ser feito com as microalgas para que se atinja a viabilidade comercial dos cultivos, seja para o mercado de commodities, seja para produtos de alto valor agregado.

Mais do que uma expectativa baseada na observação do que já funciona, a necessidade de investimentos na modificação genética foi comprovada por um grande estudo sobre microalgas para produção de biocombustíveis e bioprodutos financiado pelo governo dos Estados Unidos. Esse trabalho analisou a efetividade de quatro estratégias de inovação para redução do custo de produção de microalgas: desenvolvimento de novas estirpes, melhorias no cultivo, tecnologias de colheita de baixo

gasto energético e um processo de conversão baseado em liquefação hidrotérmica. Ao lado dessa última, a obtenção de novas linhagens por modificação genética foi a que alcançou melhor resultado: 85% de redução de custo. As outras duas estratégias não conseguiram diminuir mais do que 16%.

Qualquer programa de engenharia genética, contudo, precisa primeiramente de conhecimento sobre a espécie com que se pretende trabalhar. No caso das microalgas, essa base ainda está em construção. Basta comparar: o primeiro genoma completo de bactéria foi apresentado em 1995, o humano foi concluído em 2003, mas só em 2007 foi sequenciado o DNA de uma microalga.

Com o aumento do interesse por esses organismos, mais genomas estão sendo divulgados e vários programas de sequenciamento estão em andamento. Na Embrapa Agroenergia, quando começaram a ser estruturadas as ações de pesquisa com microalgas, logo se colocou a genética e a biotecnologia como um dos pontos centrais. O pesquisador Bruno Brasil explica que a

Foto: Vivian Chies



Embrapa Agroenergia fez o sequenciamento do genoma de duas microalgas nativas do Brasil

decisão visava aproveitar uma das grandes vantagens competitivas do País: a rica biodiversidade. A estimativa é que  $\frac{1}{4}$  das espécies de microalgas de água doce do planeta ocorram em águas brasileiras.

Como resultado de um trabalho de três anos, a equipe da Embrapa Agroenergia sequenciou o genoma de duas espécies de microalgas nativas do Brasil, selecionadas por crescerem de modo eficiente utilizando como meio de cultura a vinhaça — resíduo abundante nas indústrias de açúcar e etanol. Uma dessas espécies não está sequer descrita ainda na literatura. A equipe, agora, vai se empenhar em construir ferramentas moleculares que permitam a modificação genética dessas espécies para potencializar o rendimento. “Nós sabíamos que, trabalhando com espécies nativas, havia a chance de encontrarmos coisas novas e mais produtivas do que materiais de outras partes do mundo. Mas, ao mesmo tempo, por ser novo, sabíamos que seria necessário

desenvolver esse pacote tecnológico”, conta o pesquisador da Embrapa Agroenergia.

### Cianobactérias

Paralelamente a esse trabalho de buscar soluções na biodiversidade brasileira, a equipe também começou a construir ferramentas para modificação genética de uma espécie não nativa, mas que já tinha o genoma sequenciado. Nesse caso, o objetivo era fazer com que o organismo produzisse e secretasse betaglicosidases, um dos grupos de enzimas necessários para a produção de etanol celulósico, por exemplo. Outra diferença é que o grupo trabalhou não com microalgas, mas com cianobactérias.

Conhecidas como algas azuis, as cianobactérias também são seres unicelulares e microscópicos capazes de realizar fotossíntese. Porém, são organismos mais simples. O professor Luis Fernando Marins, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), compara o genoma delas. Enquanto o genoma de uma

das cianobactérias com que ele está trabalhando tem 2,6 milhões de pares de bases, o de uma microalga chega a 120 milhões, ou seja, é 60 vezes maior. Além disso, os meios de cultivo para as cianobactérias são geralmente mais baratos.

Foto Bruno Brasil



Cianobactéria do gênero *Synechococcus* modificada geneticamente pela Embrapa Agroenergia em parceria com a FURG





Outra vantagem é justamente o fato de muitas delas não acumularem compostos dentro de suas células, mas secretarem no meio em que estão crescendo. Num sistema que utilize as microalgas ou cianobactérias para obtenção de óleos ou compostos químicos, romper as células para extrair de dentro dela esses compostos é um dos desafios. Se, contudo, elas secretarem esses compostos no meio de cultivo, pode-se conseguir reduzir o custo e o gasto energético. Este último, se muito elevado, pode até inviabilizar a produção de biocombustíveis, do ponto de vista ambiental.

A equipe de Marins trabalha em parceria com a Embrapa Agroenergia na pesquisa para obter cianobactérias capazes de produzir betaglicosidases e secretá-las no meio de cultivo. A engenharia genética também permite à equipe modificar as características das enzimas produzidas. Podem, assim, resolver problemas como a instabilidade em altas temperaturas, por exemplo. “Além de manipular o organismo para ele produzir uma molécula exógena, a gente também pode fazer com que ele produza uma molécula ‘engenheirada’ do ponto de vista molecular para que ela seja um produto melhor nesse nosso pacote tecnológico”, conta o professor.

Se, por um lado, a engenharia genética amplia as possibilidades, por outro,

chegar aos resultados esperados não é tarefa fácil. As microalgas e cianobactérias estão na Terra há milhões de anos, evoluindo e construindo mecanismos para proteger seu próprio DNA. “Temos maneiras de controlar isso, mas não é fácil”, diz Marins.

Em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, a FURG tem investido nas ferramentas de informática para ganhar eficiência e agilidade. Com a modelagem computacional, estão conseguindo identificar mais rápida e assertivamente regiões do DNA que podem ser modificadas para chegar aos resultados esperados. “A gente já está sendo alimentado por essas predições para a engenharia genética. Problemas complexos não podem ser resolvidos com um único ponto de vista”, comenta.

Algumas cepas produtoras de betaglicosidases já foram obtidas e estão, agora, em testes na Embrapa Agroenergia. A equipe do professor Marins também atua com a Petrobras, buscando o desenvolvimento de cepas capazes de fazer o mesmo com ácidos graxos, com vistas à produção de biodiesel. “A nossa pesquisa está indo nesse sentido: desenvolver um pacote tecnológico que viabilize a produção de biocombustíveis e faça com que eles possam ser competitivos no mercado”, explica. ♦

# INTEGRAÇÃO COM A INDÚSTRIA PETROLÍFERA

*Resíduo abundante, água de produção de petróleo pode ser meio de cultivo para microalgas*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

**C**om financiamento da Petrobras Biocombustíveis, universidades brasileiras estão desenvolvendo uma solução baseada em microalgas para tratar um efluente da extração do petróleo e, ao mesmo tempo, gerar matéria-prima para o biodiesel — combustível de origem renovável alternativo ao diesel fóssil. O resíduo em questão é a chamada água de produção de petróleo.

Esse efluente é constituído de duas fontes: a água que fica represada nos poços junto com o petróleo e a água injetada pelas petrolíferas como parte do processo de extração. É um material carregado de minerais, óleo, produtos químicos e gases. Por isso, é um poluente e precisa ser tratado antes de ser descartado, o que pode ser um processo bastante dispendioso para as empresas. Em alguns casos, o volume de água chega a ser maior do que o de petróleo obtido.

Em 2007, o problema foi apresentado à Universidade Federal do Rio Grande (FURG), já com uma possível solução a ser investigada: o cultivo de microalgas para reduzir a carga de poluentes do efluente. À primeira vista, o professor Paulo Abreu achou que aquela era uma “missão impossível”, dadas as características do meio em que elas teriam que crescer. Ainda assim, a equipe gaúcha aceitou o desafio e começou a busca por espécies adaptadas em regiões que já tivessem algum contato com esse material, no Rio Grande do Norte. “Pra nossa surpresa, de quase 20 microalgas que a gente isolou, 13 conseguiram crescer em água de produção e,



dessas, seis espécies conseguiam crescer em água de produção pura, sem precisar diluir. E, além de crescer, conseguiam retirar uma série de elementos ruins da água e ainda produzir biomassa e lipídeos”, relata Abreu.

O trabalho na FURG terminou em 2010 e teve como resultado a seleção de seis cepas que podem ser cultivadas diretamente na água de produção de petróleo. “Elas crescem, produzem biomassa e ainda limpam a água, fazendo o que a gente chama de biodepuração”, diz Abreu. O trabalho continua agora, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde se estabeleceu o “primeiro cultivo do Brasil em larga escala para extração de óleo e conversão a biodiesel”, conta a professora Juliana Lichston, que coordenou a iniciativa potiguar até 2012.

Estão instalados na UFRN seis tanques abertos com 4 mil litros de capacidade, em condições de temperatura e pressão ambientes, nos quais é estudado o cultivo de duas espécies de microalgas em água de produção de petróleo. A água utilizada nos tanques vem do campo de Guamaré, onde está instalada uma refinaria que faz do Rio Grande do Norte o único estado brasileiro autossuficiente na produção de todos os tipos de derivados do petróleo.

O professor Graco Aurélio Viana, da UFRN, conta que, em 2015, o grupo de pesquisa obteve 1,2 tonelada de biomassa seca de microalgas. O rendimento com o cultivo em água de produção de petróleo chegou a superar o de água salobra.

Novos investimentos já foram feitos na planta-piloto experimental da UFRN que, de acordo com Viana, foi considerada uma das melhores do mundo. Foram construídos mais dois tanques, com 20 mil litros de capacidade cada um, que serão utilizados em novos experimentos. As áreas de Engenharia Sanitária, Biociências e Química da universidade devem ser integradas aos estudos, para atuar no melhoramento genético de linhagens, na avaliação do efeito do cultivo sobre a água de produção de petróleo e na aplicação das microalgas.

Tanto Juliana quanto Viana acreditam que o semiárido nordestino possa se tornar uma região produtora de microalgas. “O Rio Grande do Norte tem uma das melhores condições do Brasil em termos de cultivo porque nós temos uma grande incidência solar, constante o ano todo”, lembra Juliana. Outro ponto favorável no estado é a disponibilidade de água salobra. Por isso, a equipe da professora está empenhada em identificar espécies capazes de crescer nesse meio.

Desenvolver tecnologia que permita o aproveitamento de áreas improdutivas do semiárido para produção de microalgas é o objetivo dos cientistas da UFRN. “A água salobra é um grande problema para a agricultura, mas não necessariamente para o cultivo de microalgas”, justifica Juliana. O trabalho envolve tanto a prospecção de microalgas quanto o levantamento de áreas improdutivas aptas à produção. A expectativa da professora é começar a implantar os tanques para os experimentos em dois anos. ♦



Foto: www.npdeas.ufpr.br

## GANHANDO ESCALA

*Universidades brasileiras testam a produção de microalgas fora dos laboratórios*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*



**E**m 2007, o neozelandês Yusuf Chisti publicou um artigo em que afirmava que as microalgas pareciam ser a única fonte capaz de atender à demanda global do setor de transportes por biodiesel. Ele comparava a extensão de terras necessária para gerar matéria-prima que suprisse com biodiesel 50% do consumo de combustíveis do setor de transportes norte-americano. Se a fonte dos óleos fosse a soja, seria necessário cultivar com essa planta 326% a área agrícola dos Estados Unidos. Em contrapartida, se fossem utilizadas as microalgas, não se ocupariam mais do que 2,5%.

Contudo, fazer a produtividade surpreendente observada em microalgas nas bancadas de laboratórios repetir-se em escalas maiores não é tarefa fácil – às vezes, nem possível. E, quando se fala em matéria-prima para biocombustíveis, a escala é de milhões de litros. Na vidraria dos laboratórios, as microalgas estão protegidas de grandes variações de temperatura, pH e concentração de nutrientes, bem como da concorrência com outros microrganismos. Nos tanques a céu aberto, e mesmo nos sistemas fechados de cultivos, não há controle absoluto dessas condições e as algas gastam energia defendendo-se, adaptando-se. Resultado: crescem menos.

Nas universidades brasileiras, grupos estão tirando as microalgas dos laboratórios e testando o comportamento delas em condições mais próximas do que seria a produção em larga escala. Na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a equipe do Laboratório de Cultivo de Algas avalia o potencial das espécies em quatro etapas. As três primeiras vão de 1 a 200 litros de cultivo e são feitas em sistemas fechados com iluminação artificial, água filtrada e injeção de CO<sub>2</sub>. São tratadas “a pão de ló”, resume o professor Roberto Bianchini Derner.

Quando passam para a próxima etapa, em tanques de até 10 mil litros, tudo muda. Um ponto crucial para dar melhores condições de desenvolvimento aos cultivos

é a inoculação – a colocação das primeiras cepas de microalgas no tanque para que se multipliquem e cresçam. “Se as trouxermos de um cultivo fechado a 25 °C de temperatura e passarmos para o exterior, com 35 °C, muitas células já não resistirão a essa mudança”, exemplifica Derner. É preciso, então, o cuidado de escolher até o horário de inoculação. “Se o estresse começa no momento zero do cultivo, a cultura não vai crescer.”

Mas o estresse nem sempre é ruim para a produção de microalgas. Situações de estresse, embora indesejadas no momento da inoculação, podem ser a chave para fazê-las produzir óleo com a qualidade e o perfil desejados. Derner conta que, em cultivos nos quais as condições estão plenamente favoráveis, uma

determinada espécie pode acumular pouco volume de óleo; no entanto, ao ser limitado o fornecimento de um nutriente ou alterado o pH, por exemplo, a situação muda. “O que dá certo em quase 100% das vezes é uma questão nutricional. Ela precisa ter nitrogênio para a produção de proteína. Quando a microalga percebe que não vai mais crescer porque está faltando nitrogênio, as células algais começam a acumular compostos de reserva – primeiro carboidratos e, depois, lipídios”, conta o professor.

### Contaminação

Como estratégia para evitar contaminação nos tanques, a equipe da UFSC tem adotado um sistema de cultivo semicontínuo, em que uma parte da população de microalgas é retirada em intervalos regulares de tempo, mas sempre mantendo uma alta concentração delas, evitando deixar espaço para que outros organismos se proliferem demais. “De vez em quando acontece (a contaminação com outros organismos), mas é menos frequente quando a gente toma esse cuidado”, diz Derner.

Na opinião do cientista, em produções de larga escala, será muito difícil zerar a contaminação. “Eu acredito que, quando a gente partir para a escala de centenas de milhares de litros ou milhões de litros, vai ser quase impossível ter uma espécie só num tanque”, antevê. Derner ressalta que a escala em que trabalha seu laboratório é ainda muito pequena perto do que será necessário para a produção de biocombustíveis. “Para mim, 10 mil litros ainda é produção de laboratório, nem é piloto. Para



Foto: Roberto Bianchini Derner

biodiesel, teria que multiplicar por mil o que estamos fazendo aqui”, explica.

Dos tanques da UFSC sai biomassa para uma rede de pesquisa fomentada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações com universidades em várias regiões. Parte das linhagens de microalgas investigadas vem da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), que tinha identificado nelas um bom perfil de ácidos graxos, mas que ainda precisavam ter o desempenho em escala avaliado.

Derner compartilha da visão de que a produção de biocombustíveis a partir de microalgas só será viável junto com os coprodutos, além dos coprocessos – tratamento de efluentes por exemplo. Mas continua firme no propósito de chegar à viabilidade econômica do biodiesel.



Foto: www.npdeas.ufpr.br



Foto: Roberto Bianchini Derner

## NAS ALTURAS

*Fotobiorreator tubular da UFPR alcança oito metros de altura*

Uma sequência de tubos transparentes com um líquido verde, formando uma espécie de espiral quadrada que começa no chão e se eleva até alcançar oito metros de altura. Cinco estruturas dessas estão instaladas no pátio do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), na Universidade Federal do Paraná. O verde do líquido que corre pelos tubos vem das microalgas que ali crescem. Elas integram as linhas de pesquisa do núcleo, mas surgiram ali de uma forma quase curiosa.

O professor André Bellin Mariano, gestor do NPDEAS, conta que, desde a criação do núcleo



Foto: [www.npdeas.ufpr.br](http://www.npdeas.ufpr.br)

a ideia era que o prédio ganhasse autossuficiência em energia, gerando biogás a partir dos resíduos do centro politécnico da Universidade. Logo se percebeu, contudo, que não haveria volume de material para gerar biogás suficiente para manter toda a estrutura.

Nessa época, em 2007, as microalgas despontaram como promessa de fonte abundante de biomassa para várias formas de energia — e o NPDEAS decidiu investir. O problema é que o único espaço disponível para uma eventual instalação de tanques era apenas um pátio de 400 m<sup>2</sup>. Foi então que o grupo, constituído por muitos engenheiros, concebeu essa estrutura, que ocupa apenas 10 m<sup>2</sup>, mas abriga 3,5 km de tubos formando um sistema fechado de

cultivo de microalgas. “A única forma de crescer microalgas em um pátio muito pequeno era com essa configuração”, afirma Mariano.

O projeto foi feito pelo professor José Vargas, engenheiro mecânico, usando a experiência que tinha com trocadores de calor. O equipamento, que está patenteado no Brasil e nos Estados Unidos, já foi remodelado para uma estrutura modular. “A gente pegou um equipamento de pesquisa e transformou num equipamento que a gente pode construir, colocar dentro de um container e mandar para qualquer lugar do mundo. A pessoa abre o container e monta o reator”, explica.

Mariano afirma que o NPDEAS conseguiu resolver alguns problemas e desconstruir





alguns mitos sobre o cultivo em sistemas fechados. A alta concentração de microalgas e a tendência de elas “grudarem” nas paredes impede a passagem de luz – esse é um problema que o professor garante ter conseguido resolver com a equipe. O grupo também está trabalhando em processos para a retirada das microalgas da água, utilizando operações unitárias acopladas, como floculação e centrifugação. A automação do funcionamento é outro desafio que ocupa, agora, os professores e alunos, todos trabalhando na evolução do reator.

A escolha da principal espécie de microalga utilizada nas pesquisas do Núcleo também foi quase casual. Durante um trabalho de acompanhamento da variação da temperatura em um dos reatores, notou-se o aparecimento e o crescimento de uma microalga que não havia sido inserida ali intencionalmente — a *Acutodesmus*

*obliquus*. “É uma alga que está em Curitiba há muitos anos, adaptada”, relata Mariano.

O grupo do NPDEAS começou a trabalhar com microalgas na ordem inversa à costuma, iniciando pela produção em grande volume. Hoje, contudo, conta também com um laboratório de microalgas e parcerias com outros departamentos da Universidade, como os de Química e Biologia. Os estudos envolvem sequenciamento de DNA e estudo do metabolismo de microalgas, bem como a produção de biocombustíveis a partir do óleo e da biomassa delas. Para os trabalhos com biocombustíveis, há parceria com a Peugeot.

## Churrasco e microalgas

Em 2010, o NPDEAS fez um projeto de fotobiorreator para atender uma churrascaria em Curitiba. O restaurante procurava uma solução para acabar com o cheiro de churrasco, que incomodava os vizinhos do restaurante. Da saída da chaminé, tubos levavam a fumaça para o pequeno reator instalado no telhado — as microalgas absorviam os compostos que geravam o cheiro do churrasco, resolvendo o problema que até um equipamento para lavagem de gases não havia solucionado.

Essa capacidade das microalgas faz delas também potenciais agentes de mitigação de emissões. No NPDEAS, um trabalho já constatou a redução de níveis de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> dos gases gerados por um motor a diesel, após eles serem injetados no fotobiorreator. O núcleo também vai avaliar a capacidade delas de reduzir poluentes gerados na incineração de resíduos sólidos não recicláveis.◆



Foto: www.npdeas.ufpr.br

André Mariano, do NPDEAS

# ÓLEOS VALIOSOS

*Microalgas produzem lipídios em abundância e ricos em Ômegas; extraí-los, contudo, ainda é desafio*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

**E**m 2024, o consumo mundial de óleos vegetais deve chegar a 210,4 milhões de toneladas. Essa estimativa, feita pela Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), indica que a demanda será 17,6% maior do que foi em 2015. Microalgas podem compor o pool de matérias-primas que vão suprir essa demanda.

O primeiro ponto a favor delas é a produtividade, maior do que a de qualquer espécie vegetal conhecida. As estimativas mais modestas apontam que o rendimento anual delas chegará a 20 mil litros de óleo por hectare. O dendê, que abastece 50% do mercado mundial de óleos e é considerado muito produtivo, atinge cerca de 6 mil litros na mesma área. Para indústrias que exigem fornecimento em grandes volumes, como a de biocombustíveis, essa característica das microalgas é uma grande vantagem. Soma-se a isso a possibilidade de fornecimento contínuo, independente de safra, outro benefício para as processadoras.

Contudo, extrair o óleo das microalgas não é um processo simples, carece ainda de tecnologia consolidada como as disponíveis para grãos e frutos. O professor Donato Aranda, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), explica que as microalgas são



organismos unicelulares e, portanto, todo o óleo que armazenam está dentro dessa célula, junto aos metabólitos que ela produz. “Com certeza, para qualquer microalga, a purificação do óleo vai ser bem complexa, porque a gente encontra nele muito mais ácidos orgânicos do que em qualquer outro óleo”.

De acordo com o professor da UFRJ, uma alternativa que tem avançado para a extração do óleo é o uso de um equipamento comum nos laticínios: o homogeneizador de leite. Ele aplica pulsos de pressão sobre a biomassa, o que gera o rompimento das células das microalgas. “A gente tem acompanhado por microscopia e comprovado realmente o rompimento e o acesso ao interior célula”, conta.

Os testes têm sido feitos em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mostram-se promissores. A principal vantagem, de acordo com Aranda, é o baixo custo do processo, que já conta com equipamentos bem desenvolvidos e disponíveis no mercado. “Mas precisamos avançar um pouco mais, talvez adaptar um pouco esse homogeneizador, já que foi projetado para o leite”, comenta.

Não é só o volume de produção que chama a atenção nas microalgas. Elas são capazes de gerar ácidos poli-insaturados do tipo Ômega 3 e Ômega 6, que chegam a custar 400 dólares o grama. Isso faz delas matérias-primas para produtos com alto valor agregado, especialmente suplementos alimentares.

Na Embrapa Agroenergia, a equipe da área química tem trabalhado na adaptação e desenvolvimento de métodos para caracterização da biomassa de algas. As análises que

vêm sendo feitas mostram que o teor de ácidos graxos saturados e insaturados varia de acordo com a espécie, conta a pesquisadora Itânia Pinheiro Soares. Nas linhagens analisadas nesse centro de pesquisa, os insaturados têm correspondido a carotenoides precursores de Vitamina A e antioxidantes, produtos também muito valorizados.

As análises para determinação de perfil de ácidos graxos para a produção de biodiesel mostram que o biocombustível pode ser obtido do óleo de microalgas. Contudo, o alto valor agregado dos compostos encontrados no produto torna — pelo menos neste momento — o seu uso como matéria-prima para biodiesel um “desperdício”.

Na opinião do diretor-superintendente da Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (Aprobio), Júlio César Minelli, esse é justamente um fator que pode dificultar a adoção de óleo de microalgas como matéria-prima na indústria de biodiesel. O executivo teme que aconteça algo semelhante ao que ocorreu com a mamona: depositou-se muita expectativa de que as usinas utilizassem o óleo da cultura na produção do biocombustível, o que pouco ocorreu por causa da alta valorização desse produto em outros mercados.

Minelli pondera, contudo, que o segmento está aberto a novas matérias-primas. Ter no óleo de soja mais de 70% de sua matéria-prima não é uma situação confortável para as indústrias, que perdem poder de negociação de preço. “Se a microalga for viável, sustentável, tiver preço competitivo, com certeza, o setor vai utilizar”, adianta. ♦

# TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS COM MICROALGAS

Por: Lucas Scherer Cardoso, jornalista da Embrapa Suínos e Aves



Foto: Lucas Scherer

## Alexandre Matthiensen

Graduado em Oceanologia, é PhD em Ciências Biológicas pela University of Dundee, UK (2000), com revalidação na área de Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É pesquisador da Embrapa Suínos e Aves.



*Desde meados dos anos 1990, a Embrapa Suínos e Aves estuda o uso de microalgas para tratamento do volume de dejetos gerados na criação de porcos. Nesta entrevista, o pesquisador Alexandre Matthiensen fala sobre esse trabalho e outras aplicações das microalgas.*

### **Como as microalgas podem agir no tratamento dos dejetos gerados pela produção de suínos?**

Já há muito tempo é observada a ocorrência natural de microalgas nas lagoas instaladas na sequência de biodigestores nas propriedades rurais no Oeste de Santa Catarina. Essas microalgas são organismos unicelulares fotossintetizantes que se alimentam das altas concentrações de nutrientes presentes nos dejetos, principalmente compostos nitrogenados e fosfatados. Assim, seu crescimento pode ser controlado para que promovam a remoção dos nutrientes nos efluentes de dejetos de suínos, reduzindo a carga poluente ambiental.

### **Quais espécies de microalgas são eficientes para esse procedimento?**

São várias as espécies de microalgas que podem ser usadas nesse processo. Em teoria, e de uma forma simplificada, todas as microalgas funcionam do mesmo jeito: absorvem a luz solar e capturam CO<sub>2</sub> como fonte de carbono e utilizam os compostos de nitrogênio e fósforo presentes no meio líquido para seu crescimento. Porém, algumas espécies são mais eficientes nesse processo que outras. O nosso trabalho é selecionar as espécies que são mais eficientes nessa conversão de

luz solar e nutrientes inorgânicos em matéria orgânica (biomassa), que suportam as condições de cultivo e são robustas o suficiente para não sofrerem com a contaminação eventual por outras espécies ou outros microrganismos.

Hoje trabalhamos com algumas espécies de clorofíceas, como *Chlorella* sp. e *Scenedesmus* sp., e também cianobactérias, como *Spirulina* sp. Mas a enorme biodiversidade das microalgas presentes nos corpos hídricos brasileiros fornece uma variedade de espécies, e as pesquisas estão ainda no começo.

### **O que é feito com essas microalgas depois que elas exercem a sua função? As microalgas podem ser utilizadas para quê depois de usadas no sistema de tratamentos desses dejetos?**

Outro ponto importante que é levado em conta durante a seleção das microalgas é o fato de algumas dessas espécies oferecerem algo de interesse ao mercado. Além de “limpar” o ambiente, a sua biomassa pode ser utilizada em outra etapa do mesmo processo de biodigestão, ou seja, podem ser colocadas dentro do próprio biodigestor para aumentar a capacidade de geração de biogás, ou a biomassa pode ser utilizada diretamente como biofertilizante, ou suplemento alimentar para rações de

## ◆ Pesquisa

uso animal, ou mesmo como fonte de biodiesel, nas espécies que produzem uma quantidade razoável de óleo. As microalgas são uma aposta para a oferta de biocombustíveis no futuro, pois apresentam algumas vantagens em relação aos vegetais utilizados para a produção de combustíveis, como o milho e a soja: crescem mais rápido, não necessitam de grandes espaços para cultivo, não necessitam de terra agricultável, ou seja, o seu cultivo não compete com a área de produção de alimentos.

Ainda, algumas microalgas podem produzir moléculas que possuem função biologicamente ativa dentro das células, possuindo interesse da indústria farmacêutica, nutracêutica e/ou cosmética para o desenvolvimento de compostos bioativos de alto valor, que possam ser utilizados nos mais diversos campos da indústria, como a extração de pigmentos antioxidantes.

Assim, após ser realizado o isolamento das microalgas e a manutenção de suas culturas em laboratório, essas culturas são testadas em experimentos com modelos animais para avaliação de toxicidade e busca de indícios que possam levar ao desenvolvimento de compostos que poderão vir a ser, por exemplo, um novo antibiótico.

### **Elas crescem de forma uniforme e/ou satisfatória para produzir biodiesel?**

Há grandes iniciativas de pesquisa e desenvolvimento de instituições brasileiras e do exterior que atuam na produção de biodiesel a partir de microalgas, mas os resultados estão apenas

no início. Pesquisas indicam que a produção de biodiesel a partir de microalgas poderá, no futuro, mudar o mercado de combustíveis. As microalgas possuem potencial de produção de óleo muito superior, por área de cultivo, que as culturas terrestres tradicionalmente utilizadas na produção do biodiesel. Por exemplo, a soja produz de 0,2 a 0,4 toneladas de óleo por hectare; o óleo de palma produz de 3 a 6 toneladas de óleo por hectare. No mesmo hectare, estimativas sugerem uma produção de 55 a 100 toneladas de óleo por uma microalga, dependendo do percentual de óleo produzido.

O crescimento das microalgas não é um impeditivo à produção do biodiesel. Hoje em dia já existe o conhecimento de espécies de microalgas capazes de produzir até 70% de seu peso em óleo; e o tipo de óleo produzido também varia muito de espécie para espécie. Porém ainda existem alguns entraves tecnológicos que precisam ser trabalhados para que a produção de biodiesel por microalgas saia da fase experimental em que se encontra e atinja o mercado em escala satisfatória. Basicamente, o óleo produzido pelas microalgas funciona como uma “substância de reserva” da célula. Assim, a célula de microalga produz mais óleo quando as condições para seu crescimento começam a ficar desfavoráveis. Ou seja, quando a microalga produz mais óleo, ela diminui sua taxa de crescimento e reprodução. Há iniciativas metodológicas para se disparar um “gatilho ambiental” que aumente a produção de óleo nas células, mas nem todas as microalgas respondem do mesmo jeito.



Foto: Jairo Backes



### **O que impede o uso das microalgas em larga escala?**

As microalgas podem ser produzidas em dois tipos de reatores: fechados ou abertos. Os reatores fechados fornecem condições mais precisas de controle ambiental e menor risco de contaminação por bactérias ou microalgas de outras espécies, porém possuem custos muito elevados. Os reatores abertos são mais viáveis financeiramente, mas reduzem muito as condições de controle das culturas, além de ter

maior risco de contaminação e perda de todo o trabalho. O escalonamento da produção de microalgas se mostra um problema a ser resolvido. Quando em pequena escala, em nível de bancada laboratorial, onde as condições de cultura (como temperatura, concentração de nutrientes do meio, luminosidade, etc.) são as ideais para aquela determinada espécie, as microalgas crescem muito bem e a produção é muito promissora. À medida que se aumenta a escala do cultivo, e o volume de produção

## ◆ Pesquisa

passa de galões de 50 L para tanques de 500 L, e depois para *raceways* de 10.000 L, fica mais difícil (e custoso) o controle das condições ambientais. Quando se pensa em sistemas de cultivo envolvendo milhares de litros de meio de cultura, o custo da aquisição desses meios de cultura pode, também, ser um impeditivo. Boa parte das pesquisas realizadas com a produção de microalgas é direcionada para a solução dos problemas de cultivo resultantes do escalonamento de produção.

### **Quais as possíveis soluções para esses problemas?**

A seleção de espécies mais robustas e resistentes à contaminação é uma possível solução. Hoje em dia há trabalhos com manipulação genética de microalgas para selecionar genes de resistência que resultem em diminuição dos riscos de contaminação. Ao mesmo tempo, sistemas de cultivos semifechados, com controle parcial das variáveis ambientais, podem conferir situações de menor risco nas etapas de escalonamento. A busca por meios de cultura alternativos e mais baratos para produção em larga escala deve ser considerada. Depois que o sistema de produção foi definido e

estabelecido, há ainda a necessidade de realizar a colheita e o processamento de todo o material algáceo produzido, e isso também pode oferecer um problema metodológico, pois cada microalga apresenta particularidades em sua membrana ou parede celular, fazendo com que normalmente uma metodologia para processamento de uma microalga não sirva para o processamento de uma microalga de outro grupo taxonômico ou mesmo de outra espécie do mesmo grupo.

### **Quais empresas e países estão mais avançados com relação a essa tecnologia e o que podemos fazer para alavancar as microalgas aqui no Brasil?**

As tecnologias envolvendo tanto a seleção das espécies de microalgas, quanto os sistemas de cultivo, colheita e processamento das microalgas ainda são tratadas como segredo pela grande maioria das empresas envolvidas no setor. Essas empresas envolvem grandes nomes como: TerraVia, A2BE Carbon Capture, Sapphire Energy, Aurora Algae e Algenol. Mesmo a Petrobras, por meio do programa de Redes Temáticas, tem





apoiado projetos de pesquisa com microalgas desde 2006. Assim, é consenso o crescente interesse desse segmento de mercado, tendo em vista a grande diversidade de opções de direcionamento dos produtos derivados da biomassa produzida.

Em relação à produção conjunta com a suinocultura, a Embrapa segue realizando pesquisas para avaliação de arranjos tecnológicos com maior eficiência na remoção de nutrientes dos efluentes da suinocultura, bem como direcionando a biomassa produzida para diferentes usos, como nutrição animal, biofertilizantes, geração de biogás,

biodiesel, e na busca por compostos bioativos, etc.

Outro esforço da Embrapa volta-se para a formação de um banco de germoplasma com as espécies de microalgas existentes no Brasil. A Embrapa Agroenergia, de Brasília, DF, em colaboração com as demais unidades da Embrapa, mantém um banco de culturas de microalgas coletadas nos mais diversos biomas brasileiros, desde a Amazônia até os pampas, funcionando como uma coleção de microalgas disponível para a realização de novas pesquisas nessas áreas. ◆

*Foto: Jairo Backes*

# MICROALGAS EM EFLUENTES DAS CADEIAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS

*Projetos de pesquisa da Embrapa utilizam vinhaça e Pome como meio de cultivo*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

Integrar as microalgas às cadeias de produção de biocombustíveis está no horizonte das ações da Embrapa Agroenergia.

A integração está no cerne das ações de pesquisa, primeiramente, porque um dos objetivos é desenvolver tecnologias de cultivo que gerem biomassa para a produção de biodiesel, bioquerosene de aviação ou etanol. Além disso, os estudos buscam espécies e sistemas de produção eficientes na utilização de efluentes de indústrias agroenergéticas como meio cultivo. É o caso da vinhaça, resíduo das usinas sucroalcooleiras, e do Pome (palm oil mill efluente), resultante do processamento da palma-de-óleo (dendê).

A vinhaça é rica em Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) – nutrientes tão essenciais para as microalgas quanto para as plantas. Atualmente, é utilizada na fertirrigação dos canaviais, mas o volume disponível é muito grande: a cada litro de etanol produzido, são gerados 10 a 12 litros do efluente. Outro resíduo das usinas sucroalcooleiras que pode ser aproveitado é o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) eliminado na fermentação. Injetado nos tanques de

cultivo, as microalgas o utilizam na fotossíntese, promovendo a biofixação e reduzindo a quantidade lançada na atmosfera. Vale lembrar que o CO<sub>2</sub> é um dos principais causadores do efeito estufa e, por isso, organizações e políticas internacionais têm cobrado a redução de suas emissões. As indústrias ganhariam, com isso, mais uma possibilidade de utilização da vinhaça, gerando um produto com alto valor agregado potencial, já que as microalgas podem ser destinadas não só ao mercado de combustíveis, mas também aos de nutrição humana e animal, cosméticos e higiene pessoal. Ao mesmo tempo, é uma ferramenta para melhorar os indicadores ambientais, graças ao aproveitamento de resíduos e à biofixação de CO<sub>2</sub>.

Utilizar a vinhaça como meio de cultivo para microalgas, contudo, tem seus desafios, explica o pesquisador Bruno Brasil, da Embrapa Agroenergia. Se, por um lado, a concentração de nutrientes favorece o crescimento dos organismos, por outro, a coloração escura dificulta a passagem de luz, sem a qual não há fotossíntese. Para minimizar esse problema, a equipe



Foto: Vivian Chies

da Embrapa Agroenergia utilizou métodos de clarificação química de baixo custo ou simplesmente diluiu a vinhaça em água. Outro desafio associado à vinhaça é a elevada carga de material orgânico. Ela favorece a proliferação de bactérias e leveduras, que se tornam contaminantes no meio de cultivo e prejudicam o crescimento das microalgas.

### Biomass brasileiros

O trabalho começou com a prospecção. Equipes coletaram amostras em corpos d'água de três biomas brasileiros — Amazônia, Cerrado e Pantanal —, além de efluentes e esgoto rural. Isso gerou uma coleção com mais de 100 cepas, entre as quais foram detectadas pelos menos três novas espécies.

Buscando microalgas capazes de crescer em vinhaça, o grupo de pesquisadores identificou duas com maior potencial, realizando testes em fotobiorreatores. As espécies são mixotróficas, ou seja, realizam fotossíntese, mas também utilizam a carga de material orgânico do efluente para crescer, principalmente o glicerol.

A análise dos componentes da biomassa delas indica maior concentração de carboidratos (amidos) e proteínas do que de lipídeos e carotenoides, o que as torna mais adequadas



A coloração escura da vinhaça é um dos desafios para o cultivo de microalgas

para a produção de etanol do que de biodiesel, quando o assunto é biocombustíveis. Podem ser adequadas, ainda, para ração animal.

Mesmo utilizando a vinhaça como fonte de nutrientes, essas duas espécies pouco reduzem a carga de matéria orgânica que ela

contém. Por um lado, isso as torna inaptas para biorremediação do efluente. Por outro, contudo, permite que a vinhaça ainda seja aproveitada para fertirrigação dos canaviais após o cultivo das microalgas.

## Pome

O segundo efluente com que a Embrapa Agroenergia está trabalhando para cultivo de microalgas, o Pome, tem características poluidoras muito parecidas com as da vinhaça, mas a composição química é diferente. Enquanto esta é resultante de uma rota de produção com uma matéria-prima rica em açúcares, aquele tem origem no processo para extração de óleo de dendê.

Foto: Bruno Brasil



Por isso, o trabalho do centro de pesquisa de busca de microalgas capazes de crescer nesse material envolveu tanto experimentos com cepas já testadas para a vinhaça quanto novas coletas de amostras, em ambientes diferentes. Duas espécies mostraram-se eficientes. Elas têm capacidade de crescimento tão elevada que fazem desaparecer a coloração quase preta do Pome colocando no lugar o verde intenso característico das microalgas. Além disso, após o cultivo algal, o efluente sai tratado, sem carga poluidora.

No caso do trabalho com o Pome, o cultivo tem sido feito em material com carga orgânica já reduzida. Nas indústrias processadoras do dendê, esse efluente passa por etapas para descontaminação em lagoas de estabilização: a primeira é uma lagoa anaeróbica em que bactérias consomem o material orgânico; depois vai para uma segunda lagoa (aeróbica), para redução da carga inorgânica (NPK, por exemplo). É no material que sai dessa primeira lagoa (anaeróbica) que a equipe da Embrapa Agroenergia está cultivando as microalgas. Com isso, minimiza-se a contaminação/competição com bactérias durante o cultivo das microalgas, haja vista a ausência de matéria orgânica.

Inserida em um grande projeto de pesquisa da Embrapa para a cadeia produtiva do dendê, a equipe quer estudar a integração da produção de biogás a partir do Pome com a produção de microalgas. Neste caso, a redução do material orgânico seria feita pelo processo de biodigestão anaeróbica, que daria origem a biogás para gerar energia. O líquido residual, ainda rico em NPK, serviria então de meio de cultivo para as microalgas.



Foto: Daniela Collares

Para o pesquisador Bruno Brasil, as ações já mostraram que é possível isolar e selecionar microalgas que crescem em efluentes industriais tão bem quanto em meios de cultivo tradicionais. Agora, a Embrapa Agroenergia está investindo no sequenciamento genômico e no desenvolvimento de protocolos de modificação genética das microalgas identificadas como promissoras (leia mais na "Desenvolvendo supermicroalgas" na página 12). O pesquisador antecipa os próximos passos do centro de pesquisa: "Do ponto de vista de processos industriais, o que falta? Escalonamento de sistemas de cultivo, processos de colheita e processo de conversão. Os próximos projetos vão focar exatamente esses três pontos". ♦

## Hidrocarbonetos de algas

Para os processos para transformação da biomassa das microalgas em produtos, uma das apostas é a conversão por processos termoquímicos em um óleo denso e escuro que está sendo chamado de biocrude. "Ele funciona como um análogo do petróleo", explica Bruno Brasil. O produto é convertido a hidrocarbonetos que, então, podem ser inseridos nas rotas de produção já consolidadas para derivados do petróleo. Um grande estudo sobre microalgas para produção de biocombustíveis e bioprodutos financiado pelo governo dos Estados Unidos mostrou que, ao lado da engenharia genética, essa estratégia, chamada de liquefação térmica, é a mais promissora para viabilizar as microalgas no mercado de energia, entre outros.



# MICROALGAS CONTRA A GRIPE

*Cientistas investigam compostos que possam combater doenças por novas vias*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*



Milene Dias Miranda

**A** Fiocruz está buscando, nas microalgas, novos agentes contra o vírus da influenza A, causador da gripe. No Laboratório de Vírus Respiratório e Sarampo da instituição, no Rio de Janeiro, RJ, foram testados, até o momento, extratos de 40 espécies de microalgas. Desses, três mostraram ação sobre o vírus e, mais do que isso, dois parecem deter o ciclo reprodutivo do agente patológico por caminhos diferentes do que faz o principal fármaco utilizado hoje para combater a doença.

A bióloga Milene Dias Miranda, que está à frente desse trabalho na Fiocruz, explica que esse fármaco, o oseltamivir, tem origem sintética e atua sobre uma enzima do vírus chamada neuraminidase. Ela tem papel vital na dispersão do vírus, tanto pelas vias respiratórias do paciente quanto pelo ar, modo como contamina outras pessoas.

Há duas principais motivações para a busca por novos compostos capazes de combater a gripe. A primeira é a resistência ao oseltamivir que algumas linhagens do

vírus já começam a apresentar. A segunda é o fato de esse fármaco ter efeito apenas sobre a última etapa do ciclo reprodutivo do agente patológico. “Quanto mais cedo no ciclo a gente conseguir parar a replicação, melhor”, avalia Milene. “Buscar medicamentos que atuem em diferentes etapas do ciclo replicativo também é bastante interessante para ter uma gama maior de medicamentos que atuem contra um vírus que tem potencial pandêmico”, completa.

Embora a literatura científica ainda não registre atividade de microalgas especificamente contra o vírus da influenza, já foram identificadas cepas com atuação sobre outros, como o da herpes. Compostos com aplicações diferentes na área da saúde, como antitumorais e anti-hipertensivos, também já foram encontrados nesse organismo. Na verdade, lembra Milene, as atividades biológicas das microalgas ainda foram pouco exploradas. Mesmo assim, já há cerca de 15 mil moléculas identificadas no metabolismo desses organismos. Com a imensidão de espécies ainda não caracterizadas, o potencial de descobrir nelas muitos outros compostos com aplicações diversas é também gigante.

O trabalho na Fiocruz começa com a coleta de amostras de vários ambientes, separação das microalgas e preparo de extratos a partir delas, o que está sendo feito pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em duas unidades parceiras do

projeto: o Laboratório de Microbiologia Marinha e o Instituto de Pesquisa de Produtos Naturais. As 40 espécies que passaram pelos primeiros testes foram encontradas nos lençóis maranhenses.

Outras coletas estão sendo feitas na expectativa de encontrar mais espécies promissoras. Ao mesmo tempo, será intensificado o trabalho com as três cepas de microalgas que demonstraram efeito sobre o vírus da gripe. Os primeiros testes foram feitos com os extratos delas. Agora, os cientistas vão fracionar esses extratos e fazer mais experimentos até identificar quais moléculas são responsáveis por interromper o ciclo replicativo do vírus. “O trabalho é longo”, adianta a bióloga.

Se os resultados continuarem evoluindo bem e os cientistas chegarem a uma molécula com eficiência suficiente no combate ao vírus para ser colocada no mercado, existem duas formas de produzi-la. Uma é a via sintética, ou seja, a reprodução dela em laboratório sem necessidade de cultivo das microalgas. A outra possibilidade é justamente estabelecer a produção em larga escala desse microrganismo para dele extrair o composto de interesse. Nesse caso, Milene acredita que será necessário um trabalho de engenharia genética a fim de que haja grande concentração dessa molécula e os cultivos sejam produtivos o suficiente para alcançar viabilidade econômica.

## NA GENÉTICA, A BUSCA POR OUTROS PRODUTOS PARA A SAÚDE

Na Fiocruz, há outro grupo de pesquisa estudando microalgas para produção de fármacos e antígenos, mas, neste caso, o foco é a genética dos organismos. Dois caminhos estão sendo explorados. O primeiro é a busca de compostos já produzidos naturalmente por algumas espécies que possam ter aplicação na área da saúde. A segunda linha de investigação é a manipulação de microalgas para que elas produzam moléculas com propriedades já conhecidas e em utilização no mercado.

O professor Win Degraeve, que lidera os trabalhos, diz que, neste momento, o grupo está focado em desvendar os diferentes mecanismos genéticos das microalgas e cianobactérias para, então, definir quais biofármacos e antígenos poderiam ser mais adequadamente expressos nesses organismos. “Cianobactérias, por exemplo, têm uma variabilidade genética extremamente grande, são adaptadas às mais variadas condições de crescimento e têm uma variedade de metabólitos interessantes para novas drogas”, analisa.



A capacidade de secretar compostos no meio de cultivo é uma das características que desperta o interesse da equipe da Fiocruz. Degrave também acredita que pode ser explorada a capacidade de microalgas e cianobactérias atuarem como biofábricas, convertendo compostos em outros que possam ser empregados no tratamento de doenças. “Como elas têm vias metabólicas muito particulares, são capazes de executar algumas etapas de biossíntese química que são interessantes para produção de alguns fármacos”, explica.

O pesquisador ressalta, contudo, que ainda são necessários muitos estudos para que o cultivo de microalgas e cianobactérias com essas aplicações seja viável. Resultados mais rápidos são esperados dos trabalhos visando à produção de antígenos para testes diagnósticos. Atualmente, bactérias ou leveduras



Foto: Gutemberg Brito

Win Degrave

cumprem essa função. Há, no entanto, alguns antígenos que não se consegue produzir com esses microrganismos. As microalgas e cianobactérias, então, poderiam ser utilizadas como alternativas à síntese química.

Degrave mostra muito entusiasmo no trabalho com microalgas e cianobactérias: “É realmente fascinante a diversidade de organismos que a gente conseguiu observar”. Para ele, os obstáculos encontrados agora para o uso em escala das microalgas serão vencidos com o avanço do conhecimento.◆

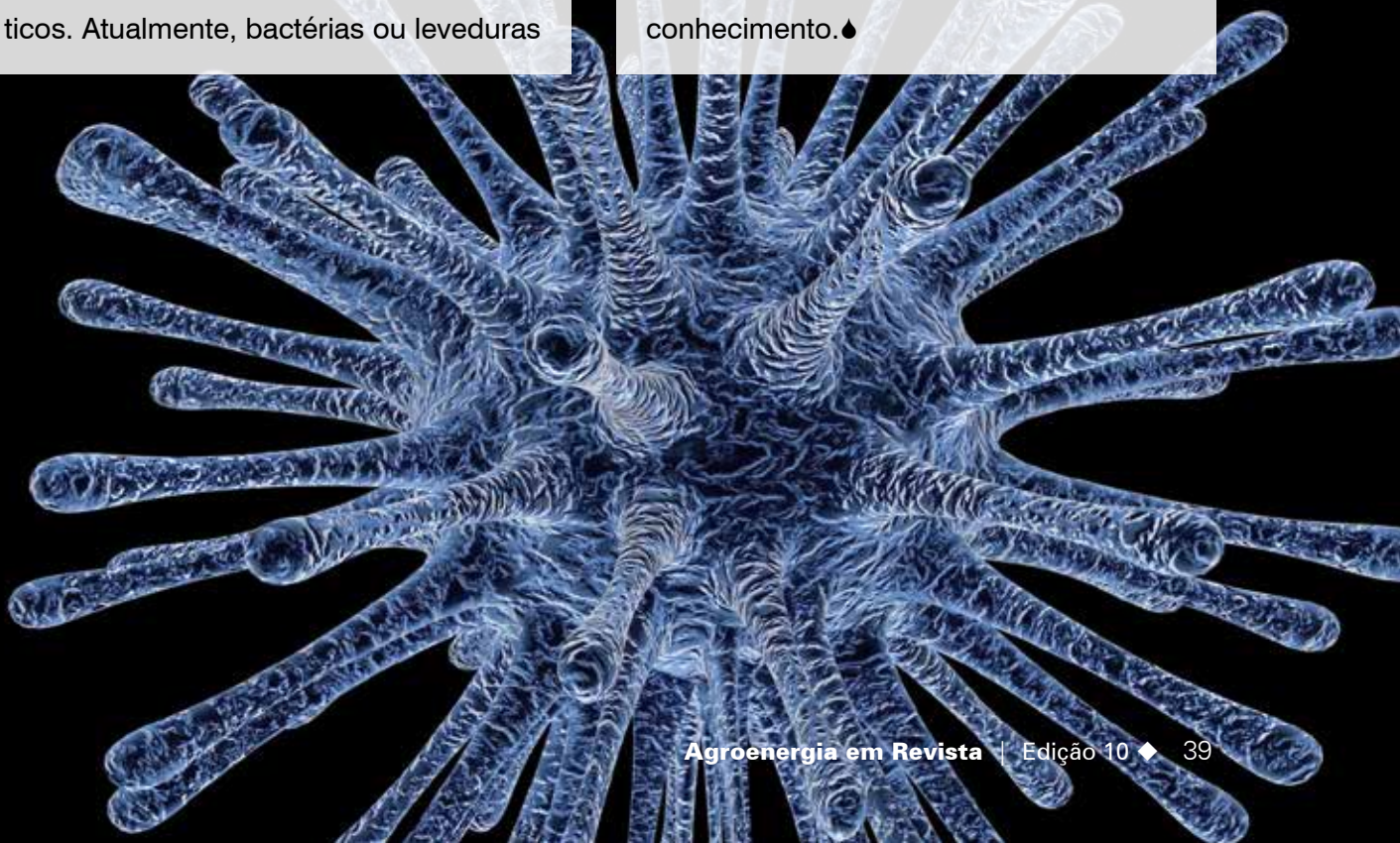


Foto: pixabay.com/pt



Foto: Divulgação TerraVia

## NEGÓCIO INOVADOR

*Empresa com origem norte-americana forma joint venture para operar no Brasil, acoplada à indústria da cana-de-açúcar*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

**D**o Vale do Silício, região da Califórnia, Estados Unidos, que virou símbolo de inovação em informática e eletrônica, surgiu uma empresa também inovadora, que tem nas microalgas a base de todo o seu negócio. Com um modelo de cultivo que necessita de açúcar como insumo, a TerraVia — que se chamava Solazyme até março de 2016 — instalou sua unidade de produção no Brasil, junto a uma usina sucroalcooleira, numa *joint venture* com a Bunge.

O açúcar é a principal fonte de carbono para as espécies de microalgas utilizadas pela companhia, que não realizam fotossíntese e, portanto, não necessitam de luz. Na natureza, elas vivem

dentro de castanheiras na Alemanha e alimentam-se dos açúcares contidos na seiva dessa árvore. Não têm o verde característico da maior parte das microalgas; são naturalmente brancas.

Nas unidades de produção da TerraVia, são cultivadas em tanques fechados de fermentação. “A fermentação ajuda a acelerar os processos biológicos naturais das microalgas, permitindo que se produzam grandes quantidades de um determinado produto em uma questão de dias”, afirma o presidente da *joint venture* formada com a Bunge, Walfredo Linhares. De acordo com o executivo, a eficiência do ambiente de produção compensa o custo do açúcar.



Óleos com diferentes aplicações constituem o produto que a empresa oferece ao mercado. A TerraVia afirma que a emissão de gases de efeito estufa de seus óleos “é menor do que quase todos os outros principais óleos vegetais comercialmente disponíveis”, mesmo considerando o uso da terra para o cultivo da cana que vai gerar o açúcar utilizado no cultivo. Uma das razões apontadas para justificar esse resultado é a relação óleo/hectare utilizado, semelhante à do óleo de palma (dendê) e muito acima dos de soja, girassol e canola. Outros motivos seriam a baixa pegada de carbono da cana-de-açúcar e a autossuficiência em energia tanto da usina quanto da unidade de produção dos óleos a partir de microalgas, graças à queima do bagaço.

O diesel e o combustível de aviação obtidos a partir do óleo de microalgas, o Soladiesel e o Solajet, eram destaque entre os produtos oferecidos pela tecnologia da empresa até o início deste ano. A mudança de nome da companhia marcou a colocação em segundo plano do mercado de biocombustíveis e o foco em alimentos, rações e cosméticos. “Esses mercados podem se tornar maiores e rentáveis no futuro e ainda são ativos valiosos para nós. Porém, com os níveis de preços atuais do barril de petróleo, combustíveis nesse momento não são o principal *driver* econômico para nós. A Solazyme fez recentemente uma transição e tornou-se TerraVia para focar exclusivamente em alimentos, nutrição animal e ingredientes especiais para o mercado de cuidados pessoais”, explica Linhares.

Em outubro de 2015, foi anunciada a expansão da parceria com a Bunge com foco na produção de Ômega-3 para compor rações de

peixes. Em março de 2016, a TerraVia anunciou a assinatura de um acordo de cinco anos com a Unilever para fornecimento de óleos para produtos de cuidados pessoais. A multinacional, contudo, já vem utilizando os insumos derivados de algas desde 2014. Tanto o Ômega-3 para ração animal quanto os óleos para a Unilever estão saindo da unidade de produção conjunta com a Bunge, em Orindiúva, SP. Em agosto, quem anunciou parceria com a TerraVia foi a Nestlé, para incluir ingredientes ricos em Ômega-3 em produtos para o mercado pet.

Mesmo tendo se desvinculado do mercado de biocombustíveis, a TerraVia continua atrelando seus negócios à sustentabilidade. Walfredo Linhares acredita que os compromissos assumidos no Acordo de Paris vão fomentar os negócios da companhia. “Já estamos observando uma crescente consciência por parte da indústria e consumidores da importância de se investir em soluções inovadoras para ajudar a enfrentar os desafios globais. Hoje, o mundo depende de óleos. Com uma população global prevista para chegar a 9 bilhões em 2050, precisamos encontrar soluções para produzir comida, combustíveis, roupas e outros produtos em quantidade suficiente para atender a essa demanda”, comenta. ♦



Foto: Divulgação TerraVia



Fotos: Divulgação Natura

# MICROALGAS NOS CREMES DA NATURA

Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia

*Óleos de microalgas já estão presentes em duas linhas de cosméticos da brasileira Natura: TodoDia e Chronos. A empresa também tem estudos para ampliar a utilização desse insumo, especialmente, com foco em cremes e loções. Nessa entrevista, o diretor de desenvolvimento de produto da Natura, Daniel Gonzaga, fala sobre o assunto.*

**O que motivou a Natura a investir na substituição de óleos de seus produtos por óleos oriundos de microalgas?**

A possibilidade de trabalhar com uma nova plataforma tecnológica sustentável para produção

de óleos que permitisse aumento de produtividade e redução de impacto ambiental nos motivou a investigar a performance dos óleos de microalgas com a empresa Solazyme (atual TerraVia).



### Quais os principais óleos que devem ser substituídos e em quais tipos de produtos?

A gama de aplicação dos óleos de microalgas hoje na Natura está focada em produtos de cuidados pessoais como emolientes (cremes e loções). Os critérios escolhidos para substituição baseiam-se nos quesitos que direcionam a inovação na Natura: sustentabilidade (óleos que apresentem menor impacto ambiental, como menor emissão de CO<sub>2</sub> e menor consumo de água na produção), viabilidade econômica e melhor performance.

Os óleos de microalgas também apresentam benefícios em relação à sazonalidade e reprodutibilidade de composição e rastreabilidade de cadeia. Utilizando a microalga como uma biofábrica, podemos ter sempre óleos com baixo desvio de qualidade e especificação e com origem comprovada.

### Já há produtos da empresa no mercado com óleos de microalgas na composição?

Sim. No portfólio atual da Natura, óleos de microalgas estão inseridos em produtos das linhas TodoDia e Chronos.

### Do ponto de vista das características dos óleos, quais acredita que são vantajosas à produção de cosméticos?

### E quais constituem desafio para o desenvolvimento de produtos?

Além de promover melhorias das características sensoriais dos produtos, alguns deles apresentam outros benefícios atualmente em estudo na Natura. Para a área de desenvolvimento de produtos, os maiores desafios são

os pequenos ajustes necessários para conseguir melhoria de performance e eficácia nos produtos sem comprometer ganhos ambientais e financeiros. Outro desafio é comunicar ao consumidor final, de forma clara, toda tecnologia e inovação que está por trás dessas matérias-primas.

### Além do óleo, a empresa tem projetos para utilização de outros insumos derivados de microalgas?

Não. Atualmente temos projetos para estudo apenas de óleos que apresentam cadeias graxas diferenciadas que possam trazer benefícios reais aos consumidores finais.

### Que avanços nas pesquisas com produção de microalgas entende serem necessários para o mercado de cosméticos e higiene pessoal?

Seria interessante ouvir as necessidades dos consumidores finais e procurar entender como entregar cada vez mais tecnologias sustentáveis acessíveis a todos. Utilizando-se uma biofábrica (microalga), é possível produzir uma gama variada de matérias-primas que mimetizam óleos encontrados na natureza. Utilizar a natureza como inspiração para criação de óleos de oleaginosas de difícil cultivo e que possam trazer benefícios reais aos consumidores seria um desafio para essa área.💧



# UMA *STARTUP* NO MERCADO BRASILEIRO DE MICROALGAS

*Algae Biotecnologia investe principalmente no tratamento de efluentes*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia, e Elvis Costa, estagiário de jornalismo*

Foto: Luiz Felipe Pacheco





**E**m 2009, quando o engenheiro agrônomo Sergio Goldemberg batia à porta das empresas e começava a apresentar seus projetos com microalgas, a reação dos interlocutores era a de quem estava ouvindo falar de ETs. Sete anos depois, o cenário mudou. Quando chega às empresas, quem o recebe já leu um artigo, viu uma reportagem, tem algum conhecimento sobre o assunto. Melhor do que isso, a *startup* fundada por ele no Parque Tecnológico de Piracicaba, SP, a Algae Biotecnologia, já começa a ser procurada por empresários, principalmente em busca de soluções para tratamento de efluentes baseada em microalgas.

O primeiro projeto da Algae consistia justamente no cultivo de microalgas utilizando um

efluente muito abundante no Brasil: a vinhaça gerada nas usinas de açúcar e álcool. O fator motivador desse projeto e da própria criação da *startup* era a geração de óleo de microalgas para servir de matéria-prima na produção de biodiesel. “Em 2008, estava muito animado para iniciar alguma atividade relacionada à cadeia de produção do biodiesel, embora não soubesse exatamente o quê”, conta o empresário.

O uso da vinhaça como meio de cultivo para microalgas obteve bons resultados em laboratório e continua no portfólio da empresa, que busca agora a parceria de uma indústria do setor sucroenergético para iniciar o escalonamento. Em contrapartida, a produção de óleo de microalgas como matéria-prima para

Foto: Saulo Coelho

*Atualmente utilizada na irrigação de canaviais, a vinhaça pode ser meio de cultivo para microalgas*

biodiesel deixou de ser foco da Algae. Na visão de Goldemberg, a inserção de microalgas no mercado de biocombustíveis exige projetos de médio e longo prazo e investimentos financeiros muito altos. “Se a gente fosse apostar somente em biocombustíveis, precisaria de um dinheiro que não tinha”, explica.

Não só a Algae, mas outras empresas ao redor do mundo redirecionaram seus negócios com microalgas para outras aplicações. No caso da *startup* brasileira, o tratamento de efluentes e emissões hoje está no centro dos

principais projetos. Um deles, com uma indústria de bebidas de Piracicaba, SP, deve entrar em testes de escala piloto.

O que está mais avançado é a iniciativa com a fabricante de cimentos Intercement. A estratégia aqui é utilizar as microalgas para biofixar o grande volume de CO<sub>2</sub> gerado nesse segmento industrial. Nos laboratórios da Universidade Federal de São Carlos e da Universidade Federal de Santa Maria já foram selecionadas cepas capazes de consumir o gás de combustão dos fornos da cimenteira.

Foto: Luiz Felipe Pacheco





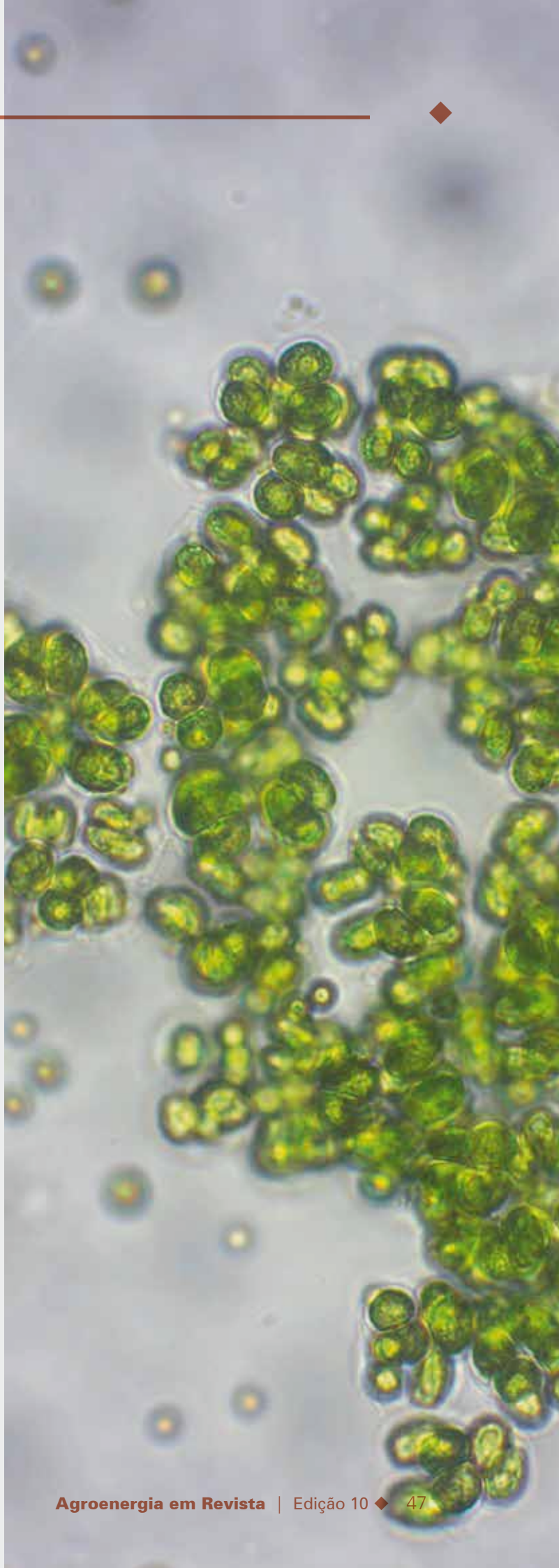
Elas também se mostraram eficientes em planta-piloto e devem, agora, ser levadas para a escala pré-comercial (leia mais sobre este projeto na "Captura de carbono" na página 48).

A instalação de fotobiorreatores de cultivo de microalgas para tratar efluentes ou biofixar carbono vai gerar grande volume de biomassa. A nutrição animal é a aplicação para essa biomassa em que a Algae tem apostado. Os primeiros investimentos estão sendo feitos na aquicultura, especialmente com camarões, em parceria com o Instituto de Ciências do Mar (Labomar) da Universidade Federal do Ceará. O objetivo, contudo, é atuar na cadeia de produção animal como um todo.

Para Goldemberg, a associação do serviço de mitigação de impactos ambientais com um produto com razoável valor agregado como as rações é capaz de viabilizar economicamente a produção de microalgas. "Você duplica suas fontes de receita e tem possibilidade muito maior de equilíbrio financeiro", explica.

A empresa tem trabalhado com microalgas de água doce em sistemas de cultivo heterotróficos, ou seja, aqueles em que elas crescem realizando fotossíntese e não utilizando açúcar, por exemplo, como fonte de Carbono. No entanto, começou a investir também nas espécies mixotróficas, que crescem das duas formas, permitindo flexibilidade nas formas de cultivo. Na opinião de Goldemberg, "é a fronteira do conhecimento".◆

Foto: Bruno Brasil



# CAPTURA DE CARBONO

## *Indústria de cimento busca nas microalgas solução para reduzir emissões*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

**A** alta capacidade das microalgas de fixar CO<sub>2</sub> pode ser uma alternativa de redução de emissões para segmentos da economia nos quais a formação do gás é parte do sistema produtivo. É no que está apostando a Intercement, indústria brasileira que ocupa a segunda posição no mercado nacional de cimento e detém a liderança em Portugal, Argentina, Cabo Verde e Moçambique.

Muitos segmentos têm conseguido reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> tornando mais eficiente o processo de produção ou substituindo fontes fósseis de energia por renováveis. Contudo, nas cimenteiras, apenas 1/3 das emissões vêm do gasto energético. O gás associado ao efeito estufa vem principalmente da reação química que gera o clínquer, matéria-prima que dá origem ao cimento. “Na indústria de cimento, o CO<sub>2</sub> não é um problema de ineficiência, é um problema de química”, explica o diretor de inovação e sustentabilidade da Intercement, Adriano Nunes.

Uma vez que a possibilidade de reduzir a formação do CO<sub>2</sub> é limitada, a solução é investir em formas de evitar que ele chegue à atmosfera. É aí que entram as microalgas. O projeto da indústria prevê a injeção do gás de

combustão dos fornos em tanques com microalgas, de forma que elas absorvam o Carbono, evitando as emissões. A iniciativa é feita em conjunto com a empresa Algae, além de contar com a parceria das universidades federais do Ceará, de Santa Maria e de São Carlos.

Um dos desafios é fazer as microalgas crescerem utilizando, em vez do CO<sub>2</sub> puro, o gás de combustão, que contém também vapor d’água e outros elementos químicos. Para tanto, um dos trabalhos foi a busca de espécies capazes de utilizar esse insumo no crescimento que já habitassem as regiões em que as fábricas da empresa estão instaladas. A preocupação é evitar um problema ambiental, caso aconteça um vazamento de tanque contendo linhagens de microalgas exóticas.

A equipe do projeto também está avaliando a melhor configuração dos tanques, bem como o arranjo de mais de um tipo deles nas plantas industriais em que forem colocados. Já há uma instalação piloto no Parque Tecnológico de Piracicaba, SP, onde está a Algae, e a previsão é que uma unidade acoplada a um parque fabril da Intercement entre em operação até o início de 2017. “Hoje nós estamos seguros de que temos uma tecnologia bem diferente da que está por aí”, diz Nunes.



Mesmo com o desenvolvimento tecnológico bem encaminhado, integrar a produção de microalgas às fábricas não será tarefa fácil. O diretor da Intercement diz que, teoricamente, os cultivos teriam capacidade para absorver até 100% das emissões de carbono da indústria. Para isso, contudo, a estrutura a ser montada seria quase equivalente a outra fábrica. O que facilita é que o investimento pode ser feito por módulos. “Provavelmente, a gente vai começar com módulos que são capazes de compensar 5% do CO<sub>2</sub> da fábrica. Parece pouco, mas estamos falando de 60 mil toneladas de CO<sub>2</sub>”, pontua.

Para isso, no entanto, é preciso ter um destino para as 30 mil toneladas de microalgas que serão geradas. Se elas simplesmente forem descartadas no meio ambiente, geram outro problema ambiental. Além disso, nenhum rendimento seria obtido delas e todo o investimento no cultivo representaria um custo tão alto para a empresa que dificilmente se viabilizaria. “Então, um desafio é encontrar um destino de alto valor agregado para

essa enormidade de biomassa que a gente vai gerar”, diz Nunes, ressaltando que, na indústria de cimento, os volumes são sempre muito grandes. Ele acredita que a produção de microalgas para captura de carbono pode ser lucrativa se estiver no contexto da ecologia industrial, em que os resíduos de uma empresa servem de matéria-prima para outra. A alternativa em que mais se tem investido nesse projeto é o uso da biomassa como fonte de proteína para ração — testes na alimentação de camarões têm sido feitos em parceria com a Universidade Federal do Ceará (UFC).

Esse projeto para o uso de microalgas integra um portfólio da Intercement que busca soluções para reduzir a pegada de carbono, integrada à iniciativa para sustentabilidade do cimento do World Business Council for Sustainable Development. Para Nunes, tendo em vista as metas globais de redução de emissões de carbono, antecipar-se pode ser estratégico. “Em algum momento, isso vai ter um custo muito alto e vai ser um fator de competitividade”.♦

Foto: Luiz Felipe Pacheco



# NORDESTE JÁ PRODUZ CIANOBACTÉRIAS

*Spirulina cultivada na Paraíba e no Ceará atende mercados de alimentação humana e animal*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia, e Elvis Costa, estagiário de jornalismo*

Foto: Jose Francirald



---

**C**ianobactérias já são produzidas e comercializadas no Brasil, inclusive como alimento ou suplemento alimentar humano. Só que os usuários a conhecem como spirulina, que é também o nome do gênero das espécies mais cultivadas. A Fazenda Tamanduá, no sertão da Paraíba, começou a atuar nesse segmento há 13 anos e foi a primeira a obter registro da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para oferecer o produto como alimento.

A produção começou de olho no mercado de rações para animais, mas logo migrou para a alimentação humana. Acostumada a atuar em nichos de mercado, a empresa foi além e investiu no cultivo orgânico da spirulina, que é comercializada em cápsulas ou em pó, principalmente em lojas especializadas em produtos com apelo de benefícios nutricionais. “Eu tomo spirulina e acho um produto maravilhoso: há oito anos, não sei o que é uma gripe. Não é um milagre, mas se você toma todos os dias vai sentir uma melhora na sua saúde, pele, cabelo”, testemunha o biotecnólogo José Franciraldo de Lima, responsável técnico pela produção.

No município de Santa Terezinha, PB, onde está a Fazenda Tamanduá, as cianobactérias encontram condições favoráveis: dias longos, alta insolação e poucas chuvas. Isso permite que os tanques utilizados sejam 50% mais profundos do que em outras localidades.

Relatando a experiência da empresa, Lima mostra que paciência e observação são essenciais para cultivos comerciais de microalgas e cianobactérias. No início, os microrganismos

necessitam de tempo para se adaptarem. “Muitos projetos não vão pra frente porque as microalgas precisam de um tempo para se adaptar. Nós trabalhamos com os reatores abertos. Elas se adaptaram ao nosso cultivo, mas ao longo desse processo, a gente foi vendo as necessidades e o que poderíamos fazer para que elas adquirissem uma resistência maior e, com isso, nós aprendemos a trabalhar com ela”, lembra.

Para que esses microrganismos produzam bem é necessário cuidado diário por pessoas capacitadas para observar os tanques, identificar problemas e tomar decisões. “Não dá pra você medir o pH seis vezes por dia em todos os tanques, mas tem que passar ali, bater o olho e ver se está com algum problema. Só quando é um problema que você não sabe o que aconteceu é que vamos para a parte bioquímica e, na bancada de pesquisa, analisamos o que está acontecendo”, explica.

## Orgânico

Além da adaptação, também foram necessários anos para desenvolver um hidrolisado à base de soja, para tornar o cultivo orgânico e certificado. Essa ração tem que passar por um tratamento, por dias, até que se chegue aos nutrientes ideais. A Fazenda Tamanduá possui 19 tanques, sendo 7 com capacidade de 25 mil litros, 12 de 10 mil e 3 de 500 mil. Estes últimos foram instalados recentemente e ainda estão em fase de adaptação.

A colheita é feita por filtragem, processo em que uma tela é usada para separar a spirulina da água. Essa etapa também precisa de



atenção constante. “Ao longo do ano, a spirulina perde o seu formato em espiral, fica reta e passa a tela, dificultando a colheita. Quando isso acontece, a gramatura da trama tem que ser adaptada”, explica Lima.

Embora todos os tanques de cultivo da Fazenda Tamanduá estejam destinados ao cultivo da spirulina, a empresa mantém em laboratório duas espécies de microalgas para projetos futuros. Lima acredita que o desenvolvimento tecnológico vai permitir o uso de microalgas e cianobactérias em diversas áreas: biorremediação, alimentos, biocombustíveis etc. “Quando você utiliza o esquema de biorrefinaria e você faz o aproveitamento fracionado de todo o material, sem descartar nada, aí você consegue viabilidade”, opina.

### Spirulina para aquicultura

No Ceará, a professora aposentada da Universidade Federal do Ceará Francisca Pinheiro decidiu transformar em negócio o conhecimento adquirido na academia, estudando microalgas e cianobactérias. O que começou com aquários, em casa mesmo, continuou com a conversão de tanques de tilápia em espaços para cultivo de microalgas, em uma chácara em Cascavel, CE. E nasceu, assim, a Spirulina Brasil.

O empreendimento conta com sete tanques, que têm profundidade de 60 cm e são constantemente aerados. A produção da spirulina é relativamente pequena: 80 quilos por mês, que têm como destino a alimentação de camarões, peixes ornamentais, alevinos e tilápias, graças

Foto: Jose Franciraldo



ao elevado teor de proteínas (60% a 70%). Francisca acredita que incentivos governamentais poderiam estimular a produção. A própria empresa dela teria capacidade de empregar mais pessoas e triplicar a produção.

A professora aposentada, agora empresária, acredita também no futuro da produção de microalgas. “É um mercado consumidor crescente, autossustentável, com potencial no mercado interno e externo”, analisa. Ela acredita, ainda, que a spirulina pode ser utilizada pela indústria de alimentos, sendo adicionada, por exemplo, a massas e biscoitos. A empresária pretende consolidar seu método de cultivo e, a partir daí, iniciar um projeto para transferência de tecnologia para comunidades do Nordeste. ♦

Foto: Jose Franciraldo





## MICROALGAS NA DIETA ANIMAL

*Rações ricas em Ômega 3 já estão no mercado pet e de aquicultura brasileiros*

*Por: Vivian Chies, jornalista da Embrapa Agroenergia*

**U**ma das dez maiores empresas do mundo em nutrição animal, a All Tech, está produzindo rações à base de microalgas em sua maior unidade fabril, em Kentucky, nos Estados Unidos. No site da companhia, o conteúdo sobre essa plataforma de trabalho está sob a aba “Futuro da Agricultura”. O produto, contudo, já está presente nos Estados Unidos, na Europa, na China e na América do Sul.

No Brasil, o produto foi introduzido há quase dois anos pela All Tech, primeiramente no mercado pet. Rica em Ômega 3, a ração atrai pessoas que buscam para animais de estimação os mesmos benefícios que o composto

proporciona à saúde humana. “O pet é um membro da família”, lembra o gerente-técnico da empresa, Fernando Rutz.

O produto também já está sendo inserido na criação comercial de animais, começando pela piscicultura. Rutz diz que a ração à base de microalgas pode compor a alimentação de qualquer espécie, com impactos na saúde dos animais e na composição dos produtos deles obtidos. É das algas que os peixes obtêm o Ômega 3, que os torna alimentos tão associados à boa alimentação.

De acordo com o gerente-técnico da empresa, estudos mostram que introduzir rações à base de microalgas na dieta dos





animais promove o fortalecimento dos ossos e do sistema imunológico. Nas galinhas poedeiras, o ácido graxo chega aos ovos, mesmo que a ração de microalgas constitua uma parte muito pequena da alimentação das aves. Ainda de acordo com Rutz, uma dieta com 0,5% de microalgas resulta em ovos com 100 mg de Ômega 3. “É claro que isso pode ser obtido no peixe, mas muitos, principalmente crianças, não gostam de peixe, mas gostam de ovo”, lembra.

O ácido graxo também passa a estar presente na carne de suínos e aves. No caso de animais ruminantes, como bovinos, o sistema digestivo diferenciado tem capacidade de alterar os ácidos graxos poli-insaturados, transformando-os em saturados, mas, ainda assim, uma parcela é absorvida no intestino e passa tanto para o leite quanto para a carne.

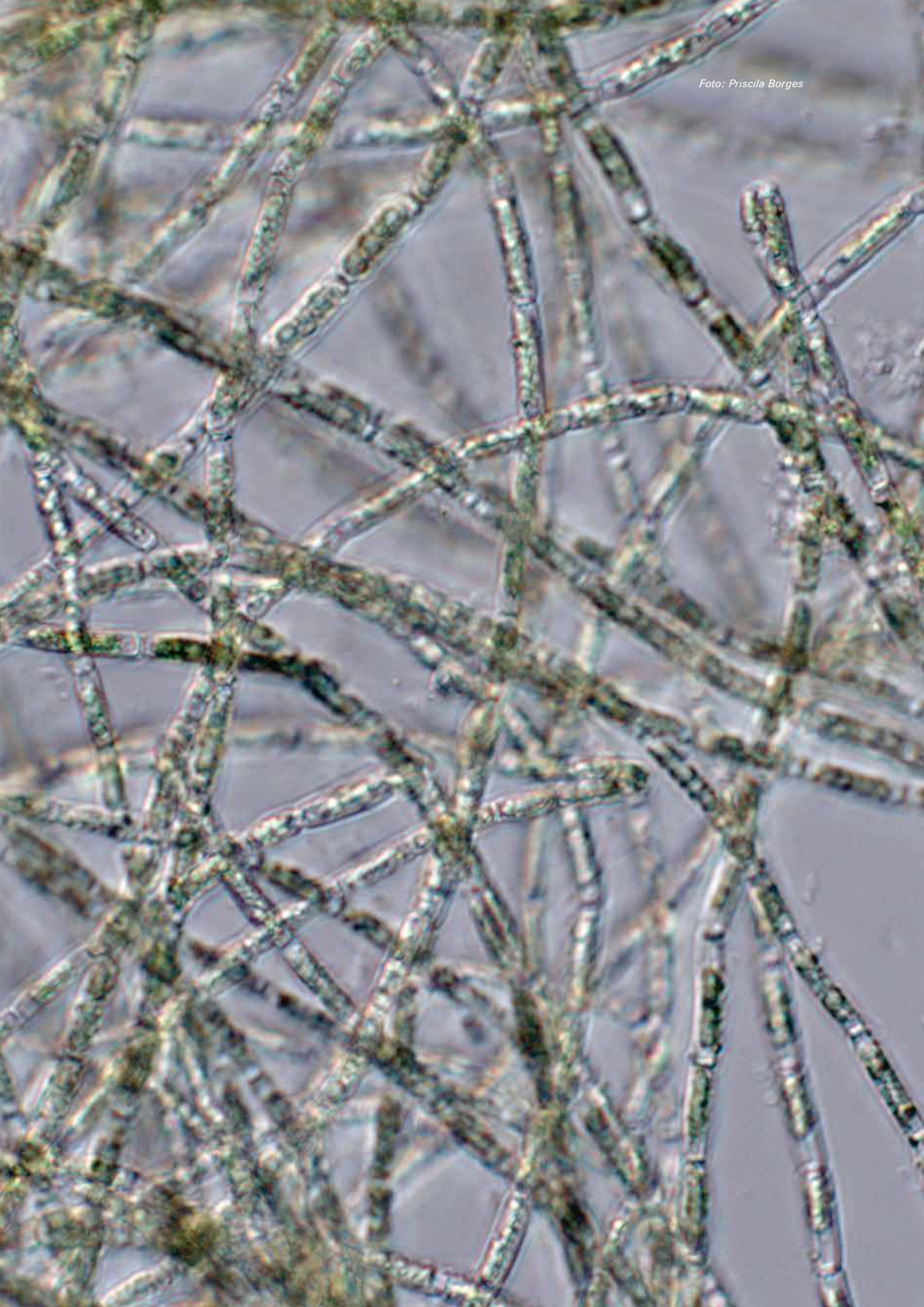
Isso abre caminho para que produtores possam explorar mercados de nicho, agregando valor aos seus produtos. O diretor comercial da All Tech, Clodys Menacho, conta que a diferenciação de itens com informações na embalagem para conseguir preços mais altos já é uma prática comum na Europa. “Na América Latina, ainda estamos começando com isso”, observa.

As microalgas utilizadas pela All Tech são de dois gêneros: *Chlorella* e *Schizochytrium*. O cultivo delas é do tipo heterotrófico, ou seja, não realizam fotossíntese, mas recebem alimento para crescer, em fotobiorreatores, com condições controladas. De acordo com Menacho, os projetos de expansão da empresa nessa área são consistentes. No Brasil, já há parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina para ampliar os estudos sobre o efeito do uso de microalgas na produção de peixes.◆

Foto: Divulgação Alltech



Foto: Priscila Borges







**Embrapa**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

