



Trabalhos

AGRICULTURA NATURAL/ORGÂNICA COMO INSTRUMENTO DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA E MANUTENÇÃO DO NITROGÊNIO NO SOLO. UM MODELO SUSTENTÁVEL DE MDL

DR. FERNANDO AUGUSTO DE SOUZA ^[1]

1. INTRODUÇÃO

As Mudanças Climáticas decorrentes do efeito estufa é um fenômeno natural de manifestação das “Leis da Natureza” de auto-regulação do clima na superfície do Planeta Terra, a demonstrar que o mesmo é um organismo vivo e, que interage com todos os seres e elementos físicos e químicos nele existentes, como proposto por James Lovelock ^[2] na hipótese Gaia.

“Hipótese Gaia ... as condições químicas e físicas da superfície da Terra, da atmosfera, e dos oceanos tem sido, e continuam a ser, ajustadas (ativamente) para criar condições confortáveis para a presença de vida, pelos próprios elementos viventes. Isto se coloca em sentido oposto ao saber convencional que considera ocorrer o contrário, que a vida se adaptou as condições de vida planetárias existentes na Terra e, desde então, ambas evoluíram por caminhos diferentes (sem interações). O espectro completo de vida na Terra, de baleias a vírus e de olmos a algas podem ser vistas como partes constitutivas de uma entidade vivente única capaz de manter a composição da atmosfera da Terra adequada a suas necessidades gerais e dotada de faculdades e poderes maiores que a aquelas das suas partes constitutivas ... [Gaia pode ser definida como] um ente complexo que inclui a biosfera terrestre, atmosfera, oceanos, e SOLO; e a totalidade estabelecendo um mecanismo auto-regulador de sistemas cibernéticos com a finalidade de procurar um ambiente físico e químico ótimo para a vida no planeta.”²

Ninguém duvida que a redução de gases do efeito estufa é hoje imprescindível para garantir a sobrevivência humana na Terra. O efeito estufa é um fenômeno natural que tem como função proteger o planeta do esfriamento demasiado que impediria a vida na Terra.

Normalmente, esses gases que compõem a atmosfera, como o dióxido de carbono, ajudam a manter a temperatura do planeta, como se fosse um “cobertor” formado por gases envolvendo e aquecendo o planeta, protegendo-o do congelamento. Porém, a alteração da espessura deste “cobertor”, causada pelas enormes emissões adicionais de gases à atmosfera, provocada por alguns tipos de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis por veículos, fábricas, usinas termoelétricas, e atividades agropastoris, vem causando um aquecimento demasiado, ameaçando o equilíbrio climático no planeta. A conscientização desta realidade por parte de vários países do mundo e a preocupação com as conseqüências que já começavam a afetar a qualidade do clima da Terra deram origem as primeiras iniciativas em torno da problemática ambiental.

2. PROTOCOLO DE KYOTO E MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

A temática ambiental tem merecido crescente atenção da comunidade global, à medida que a degradação do Meio Ambiente vem se acentuando. Para falar sobre MDL é necessário falar sobre o documento que o instituiu, o Protocolo de Kyoto. É neste documento que está contida a iniciativa da criação de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL ou CDM (Cleaner Development Mechanism) como é denominado o termo em inglês.

Pela crescente conscientização e sua importância, e depois de muita pressão mundial, em 1997 o tema foi transformado em tratado internacional, conhecido como Protocolo de Kyoto. Foram ali consagrados os princípios das “responsabilidades comuns, mas diferenciadas” e do “poluidor pagador”, segundo os quais embora seja global o problema ambiental, caberia aos países tradicionalmente industrializados e, pois historicamente responsáveis pelos danos ambientais, o onus por evitar seu agravamento, para o que contarão com o auxílio dos países em desenvolvimento.

Em dezembro de 1997, foi realizada a terceira reunião de cúpula da conferência das partes das Nações Unidas, em Kyoto, um documento que inclui metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa. O Protocolo de Kyoto que está em vigor desde 2005, e válido até 2012, prevê uma redução na ordem de 5% nas emissões de gases poluentes por parte dos países industrializados, para o período de 2008 a 2012. O Protocolo instituiu – e é

importante ressaltar que isto foi uma iniciativa proposta pela delegação brasileira que estava presente naquela conferência – o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL ou CDM (Cleaner Development Mechanism). A intenção do Art.12 do Protocolo de Kyoto, que institui o MDL, é de que aqueles países responsáveis maiores pelas emissões de CO₂ possam, enquanto não conseguem diminuir suas emissões, investir capitais em países que tenham potencial para isso na produção de sistemas agrícolas fixadores de carbono da atmosfera. Para tanto, as nações que emitem CO₂, até que consigam ter tempo suficiente para reconversão do seu sistema de produção para sistemas de menor emissão de gases nocivos, poderão pagar países que tenham potencial para desenvolver sistemas de sumidouros de carbono. Os países denominados “em desenvolvimento”, como o Brasil, se comprometem com a adoção de medidas para que o crescimento de suas emissões seja contido, contado para isso com recursos financeiros dos primeiros. Como se vê, na estrutura concebida no Protocolo de Kyoto, os agentes econômicos dos países constantes de seu Anexo I podem atingir suas metas de preservação do meio ambiente, direta ou indiretamente. Diretamente, através da implementação duma atividade de projeto que atenda aos requisitos do MDL. E, indiretamente, via aquisição de alguma das unidades de redução de emissão válidas no âmbito do Protocolo, notadamente as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) ou Certificados de Emissões Reduzidas (CERs), emitidas por um Conselho Executivo, o Executive Board, e creditadas aos participantes da correspondente atividade, após a constatação de que, efetivamente, absorveu gás carbônico e/ou reduziu o nível de emissão de gases de efeito estufa.

3. ETAPAS PARA OBTENÇÃO DE CERs DE UM PROJETO DE MDL

3.1 Elaboração do Documento de Concepção do Projeto

A primeira etapa para obtenção de CERs, através de um projeto de MDL, é a identificação de atividades que se adequam às regras estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto e a elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP). Dentre as regras, os projetos de MDL deverão oferecer benefícios a longo prazo, reais e mensuráveis para os propósitos de mitigação da mudança do clima e redução do efeito estufa; e promover uma redução de emissão que seja adicional no caso da inexistência do projeto.

O DCP deve contemplar, além das informações sobre a descrição geral do projeto, a metodologia da linha de base, a duração do projeto, o período de creditação e a metodologia que será utilizada no monitoramento para o cálculo da redução de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs) e para o cálculo das fugas. Deve, ainda, conter um plano de monitoramento com a justificativa para a adicionalidade da atividade de projeto, o relatório de impactos ambientais, alguns comentários dos atores envolvidos e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento. Essa primeira etapa é de responsabilidade dos participantes do projeto.

3.2 Validação e Aprovação

O processo de validação de um projeto de MDL é realizado por uma instituição credenciada pela Junta Executiva de MDL, denominada Entidade Operacional Designada (EOD). A EOD irá avaliar e validar a atividade de projeto proposta, quanto a capacidade institucional dos empreendedores, as evidências que fundamentam os cálculos dos fluxos de carbono e as metodologias de linha de base e monitoramento.

O processo de aprovação é realizado pela Autoridade Nacional Designada (AND) das partes envolvidas. A AND das Partes envolvidas deverá confirmar a participação voluntária dos participantes e a AND do país hospedeiro do projeto deverá atestar que aquela atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país. No Brasil, a AND é formada por integrantes da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima.

Após a validação da atividade de projeto pela EOD e a aprovação pela AND dos países envolvidos, a EOD deverá solicitar o registro do projeto ao Conselho Executivo (Executive Board), mediante a entrega do relatório de validação e da documentação do projeto.

3.3 Registro

O registro é a aceitação formal, pelo Conselho Executivo, de um projeto validado como atividade de projeto de MDL, baseado no relatório de validação da EOD. A etapa de registro é pré-requisito para as etapas de monitoramento, verificação/certificação e emissão dos CERs.

3.4 Monitoramento

Após entrarem na fase de implementação, os projetos de MDL devem manter sistemas de monitoramento, de forma a demonstrar que estão gerando as reduções de emissão especificadas no DCP. A implementação do plano de monitoramento registrado é uma condição para que ocorra a verificação/certificação e a emissão dos CERs. Portanto, os participantes do projeto devem encaminhar à EOD um relatório de acordo com o plano de monitoramento registrado. A EOD irá verificar se a metodologia e o plano de monitoramento foram implantados corretamente.

3.5 Verificação e Certificação

Durante a implementação de um projeto de MDL, uma EOD deverá verificar e certificar a efetiva redução das emissões de GEEs do projeto. Com base no relatório de verificação, a EOD deverá certificar por escrito, que foram constatadas as reduções de GEEs durante o período de tempo especificado. Após completar o processo de certificação a EOD deverá comunicar por escrito aos participantes do projeto e ao Conselho Executivo, sua decisão de certificar o projeto, e disponibilizar publicamente o relatório de certificação. Este relatório constitui a solicitação para que o Conselho Executivo emita os CERs equivalentes às reduções obtidas no projeto.

3.6 Emissão de Certificados de Emissões Reduzidas

Os CERs serão emitidos pelo Conselho Executivo e creditados aos participantes do projeto após a disponibilização do relatório de certificação pela EOD. A emissão final dos CERs deverá ocorrer quinze dias após a solicitação, a menos que uma das partes envolvidas no projeto ou no mínimo um quarto dos membros do Conselho Executivo requisite uma revisão.

4. SOCIEDADES HUMANAS E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Sabe-se que a busca de alimentos pelo homem, desde os primórdios, não foi uma jornada fácil. Os primeiros hominídeos, que surgiram na Terra há cerca de 3,5 a 4 milhões de anos, eram meramente coletores de plantas. Assim foi até cerca de 2 milhões de anos, quando a carne começou a fazer parte do cardápio de nossos antepassados. E foi a espécie *Homo sapiens*, há cerca de 10.000 anos, que deu início a uma das maiores aventuras da raça humana: a agricultura – a arte de cultivar alimentos.

Até a década de 60, acreditava-se que a agricultura havia nascido como um avanço tecnológico e que espelhava a evolução natural do homem. Contemporaneamente, acredita-se que foi muito mais que uma necessidade, ainda difícil de explicar, existindo, para tanto, várias hipóteses não mutuamente excludentes:

- Aquecimento global devido ao fim da era do gelo, incentivando a agricultura;
- Escassez de água, aumento da população e concentração ao redor da água;
- Extinção dos grandes animais mamíferos.

A verdade é que em várias regiões do mundo, e quase ao mesmo tempo, teve início a domesticação de várias plantas, e o início do que hoje se define como agricultura.

Com o advento e evolução da agricultura, houve a possibilidade de se alimentar um número maior de pessoas, uma vez que em um campo agrícola a oferta de calorias por unidade de área é maior do que na natureza, pois se concentram várias plantas de uma única espécie em uma área menor. Começaram a surgir, assim, os primeiros aglomerados urbanos permanentes.

Com o aumento da oferta de alimentos, e conseqüentemente das populações, surgiram as condições nas sociedades primitivas para que houvesse o início da especialização do trabalho. Ou seja, nem todos precisavam se dedicar à produção de alimentos. Alguns se dedicavam a produzir utensílios agrícolas, outros ao transporte desses produtos, e assim por diante. Surgiram, assim, classes sociais, ainda que incipientes, levando a uma progressiva hierarquização das sociedades, culminando com a formação de grandes civilizações e impérios. Por exemplo, os romanos obtinham a maior parte de suas calorias diárias de uma única espécie vegetal – o trigo. Assim, lentamente, mas de forma inexorável, civilizações, impérios e, posteriormente, países passaram a depender de suas áreas agrícolas e, principalmente, de sua produtividade, a qual se encontra diretamente relacionada à oferta de Nitrogênio (N).

A grande virada na moderna história da agricultura, que por sua vez marca um momento decisivo na industrialização dos nossos alimentos, pode ser localizada com precisão logo após a 2ª Grande Guerra Mundial, quando as fábricas de munição foram adaptadas para começar a produzir fertilizantes químicos. Depois da guerra, os governos haviam deparado com um enorme excedente de nitrato de amônio, o principal ingrediente para a fabricação de explosivos. O nitrato de amônio por acaso também é uma excelente fonte de nitrogênio para plantas. A indústria de fertilizantes químicos (juntamente com a de pesticidas, derivados de gases venenosos desenvolvidos para guerra) é o produto do esforço dos governos para adaptarem sua máquina de guerra a propósitos pacíficos. Como costumava dizer em seus discursos Vandana Shiva (agricultora e ativista indiana), “ainda estamos comendo as sobras da Segunda Guerra”.^[3]

Houve uma grande mudança de paradigma com a descoberta do nitrogênio sintético, não apenas para o sistema de produção de alimentos, mas também para a maneira como a vida se desenvolve na Terra. Toda vida depende de nitrogênio; é ele o elemento essencial a partir do qual a natureza monta aminoácidos, proteínas e ácido nucléico; a informação genética que organiza e perpetua a vida está inscrita no nitrogênio. (É por essa

razão que os cientistas dizem que o nitrogênio proporciona qualidade de vida, enquanto os carbonos são responsáveis pela quantidade.) Mas o estoque de nitrogênio da Terra em condições de ser usado é limitado. Apesar de a atmosfera da Terra ser composta de nitrogênio em quase 80%, todos esses átomos são estreitamente emparelhados, não-reativos e, portanto, não estão disponíveis. O químico do século XIX Justus von Liebig falava da “indiferença em relação a todas as substâncias” demonstradas pelo nitrogênio atmosférico. Para ser de alguma utilidade para plantas e animais, esses átomos de nitrogênio voltados para si mesmos precisam ser cindidos e em seguida unidos a átomos de hidrogênio. Os cientistas chamam esse processo de tomar átomos da atmosfera e combiná-los em moléculas úteis para os seres vivos de “consertar” esse elemento. Até que um químico alemão chamado Fritz Haber descobrisse como realizar esse truque em 1909, todo o nitrogênio utilizável na Terra tinha sido em algum momento fixado por bactérias existentes no solo nas raízes das plantas leguminosas ou, mais raramente, pelo choque elétrico de um relâmpago, que pode quebrar os laços do nitrogênio no ar, liberando uma leve chuva de fertilidade. Esse processo, de maneira geral, equivale à transformação realizada pelas bactérias fixadoras de N, ou seja, a síntese de amônia a partir do N₂, só que sob pressão e temperatura elevadas. O alemão Fritz Haber criou esse processo, e em 1930 seu conterrâneo, Carl Bosch, tornou-o mais seguro, permitindo sua utilização em escala industrial. A principal alteração no ciclo do N pelo homem teve realmente início com a produção de fertilizantes pelo processo Haber-Bosch.

Quando a humanidade adquiriu o poder de fixar nitrogênio, a base da fertilidade do solo deslocou-se de uma total dependência em relação à energia do Sol para uma nova dependência em relação ao combustível fóssil. Pois o processo Haber-Bosch funciona por meio da combinação de gases de nitrogênio e hidrogênio sob enormes calor e pressão na presença de um agente catalisador. O calor e a pressão são proporcionados por quantidades prodigiosas de eletricidade e o hidrogênio é suprido pelo petróleo, carvão ou, mais freqüentemente nos dias de hoje, por gás natural – combustíveis fósseis. É verdade que esses combustíveis fósseis também foram, há bilhões de anos, criados pelo Sol, mas eles não são renováveis do mesmo modo que a fertilidade criada por uma leguminosa alimentada pela luz do Sol é renovável. (Este nitrogênio na realidade é fixado por uma bactéria que vive nas raízes da leguminosa, que troca uma pequena gota de açúcar pelo nitrogênio que a planta precisa).

É interessante notar que desde os primórdios da humanidade até aproximadamente a metade do século XX, quando fertilizantes nitrogenados começaram a serem utilizados, o N somente era colocado à disposição da humanidade via fixação biológica. Portanto, esse processo e a ciclagem interna de N, através dos processos de mineralização e nitrificação, foram capazes de sustentar cerca de 2 bilhões de pessoas, que era a população mundial nessa época.

Para se compreender melhor a dependência criada em relação ao N, torna-se importante conhecer alguns detalhes do ciclo do nutriente. Como a humanidade e seu desenvolvimento se tornaram tão dependentes do N ao longo da História?

5. O CICLO DO NITROGÊNIO

O ciclo do nitrogênio, assim como o do carbono, é um ciclo gasoso. Apesar dessa similaridade, existem algumas diferenças notáveis entre os dois ciclos:

- a atmosfera é rica em nitrogênio (78%) e pobre em carbono (0,032%);
- apesar da abundância de nitrogênio na atmosfera, somente um grupo seletivo de organismos consegue utilizar o nitrogênio gasoso;
- o envolvimento biológico no ciclo do nitrogênio é muito mais extenso do que no ciclo do carbono.

Grande parte do nitrogênio existente nos organismos vivos não é obtida diretamente da atmosfera, uma vez que a principal forma de nutriente para os produtores são os nitratos (NO₃⁻).

No ciclo do nitrogênio existem quatro mecanismos diferentes e importantes:

1. fixação do N atmosférico em nitratos;
2. amonificação;
3. nitrificação;
4. desnitrificação.

A fixação do nitrogênio ocorre por meio dos organismos simbióticos fixadores de nitrogênio, dentre os quais se destaca o *Rhizobium*, que vive em associação simbiótica (mutualismo) com raízes vegetais leguminosas (ervilha, soja, feijão, etc.). A fixação do nitrato por via biológica é a mais importante. O nitrogênio fixado é rapidamente dissolvido na água do solo e fica disponível para as plantas na forma de nitrato. Essas plantas transformam os nitratos em grandes moléculas que contêm nitrogênio e outras moléculas orgânicas nitrogenadas, necessárias à vida. Inicia-se, assim, o processo de amonificação.

Quando o nitrogênio orgânico entra na cadeia alimentar, passa a constituir moléculas orgânicas dos consumidores primários, secundários, etc ... Atuando sobre os produtos de eliminação desses consumidores e do protoplasma de organismos mortos, as bactérias mineralizam o nitrogênio produzindo gás amônia (NH₃) e sais de amônio (NH₄⁺), completando a fase de amonificação do ciclo. NH₄⁺ e NH₃ são convertidos em nitritos (NO₂⁻) e, posteriormente, no processo de nitrificação, de nitritos em nitratos (NO₃⁻) por um grupo de bactérias quimiossintetizantes.

A síntese industrial da amônia (NH₃) a partir do nitrogênio atmosférico (N₂), desenvolvida durante a Primeira Guerra Mundial, possibilitou o aparecimento dos fertilizantes sintéticos, com um conseqüente aumento da eficiência da agricultura. Entretanto, o ciclo equilibrado do nitrogênio depende de um conjunto de fatores bióticos e abióticos determinados e, portanto, nem sempre está apto a assimilar o excesso sintetizado artificialmente. Esse excesso, carregado para os rios, lagos e lençóis de água subterrâneos tem provocado o fenômeno da eutrofização, comprometendo a qualidade das águas.

O Nitrogênio (N₂) é um elemento químico que participa da constituição de ácidos nucleicos, proteínas e clorofilas. Compreende-se, portanto, a importância do estudo do ciclo desse elemento na natureza, cujo reservatório natural é a atmosfera, onde perfaz cerca de 78% do ar. Entretanto, o N₂ é uma molécula que não constitui fonte adequada do elemento para a grande maioria dos seres vivos. De fato, com raras exceções, os seres vivos não conseguem fixar e, portanto, incorporar à matéria viva o N₂ atmosférico.

6. A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

Na natureza, são poucas as formas vivas capazes de promover a fixação biológica do N₂. Alguns desses organismos têm vida livre, e entre eles podem-se citar certas algas azuis, como a *Nostoc*, e bactérias do gênero *Azotobacter* e *Clostridium*. Outros, considerados os mais importantes fixadores de N₂, vivem associados às raízes de leguminosas (feijão, soja, ervilha, alfafa, etc.). Nesse caso estão as bactérias *Rhizobium*, que vivem normalmente no solo, de onde alcançam o sistema radicular das leguminosas jovens e penetram através dos pêlos absorventes, instalando-se finalmente nos tecidos corticais das raízes; ali se desenvolvem, fixando o N₂ atmosférico e transformando-o em sais nitrogenados, que são utilizados pelas plantas.

O *Rhizobium*, então, funciona como um verdadeiro adubo vivo, fornecendo à planta os sais de nitrogênio necessários a seu desenvolvimento. Em contrapartida, a planta fornece matéria orgânica para as bactérias, definindo uma relação de benefícios mútuos, denominada mutualismo. Quando os decompositores atuam sobre a matéria orgânica nitrogenada (proteína do húmus, por exemplo) liberam diversos resíduos para o meio ambiente, entre eles a amônia (NH₃). Combinando-se com a água do solo, a amônia forma hidróxido de amônio que se ionizando, produz NH₄⁺ (íon amônio) e OH⁻ (hidroxila).

Ao processo de decomposição, em que compostos orgânicos nitrogenados se transformam em amônia ou íon amônio, dá-se o nome de amonização. Os íons amônio presentes no solo seguem então duas vias: ou são absorvidos pelas plantas ou aproveitados por bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*. Essas bactérias quimiossintetizantes oxidam os íons e, com a energia liberada, fabricam compostos orgânicos a partir do CO₂ e água, definindo a quimiossíntese. A oxidação dos íons amônio produz nitritos como resíduos nitrogenados, que são liberados para o meio ambiente. À conversão dos íons amônio em nitritos dá-se o nome de nitroação.

Os nitritos liberados pelas bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) são absorvidos e utilizados como fonte de energia por bactérias quimiossintetizantes do gênero *Nitrobacter*. Da oxidação dos nitritos formam-se os nitratos que, liberados para o solo, podem ser absorvidos e metabolizados pelas plantas. À conversão do nitrito (ou ácido nitroso) em nitrato (ou ácido nítrico) dá-se o nome de nitratação. A ação conjunta das bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) e nítricas (*Nitrobacter*) permite a transformação da amônia em nitratos. A esse processo denomina-se nitrificação e às bactérias envolvidas dá-se o nome de nitrificantes.

Bactérias nitrificantes: compreendem as bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) e nítricas (*Nitrobacter*). No solo existem muitas bactérias (*Pseudomonas*, por exemplo) que, em condições anaeróbicas, utilizam nitratos em vez de oxigênio no processo respiratório. Ocorre, então, a conversão de nitrato em N₂, que retorna à atmosfera, fechando o ciclo. À transformação dos nitratos em N₂ dá-se o nome de desnitrificação, e as bactérias que realizam essa transformação são chamadas de desnitrificantes.

Resumo nos processos no ciclo de nitrogênio:

Nome do processo	Agente	Equação
Fixação	Bactéria <i>Rhizobium</i> e <i>Nostoc</i> (alga cianofíceia)	N ₂ => sais nitrogenados

Amonização	Bactérias decompositoras	$N_{\text{orgânico}} \Rightarrow NH_4$
Nitrosação	Bactérias <i>Nitrosomonas</i> e <i>Nitrosococcus</i>	$NH_4 \Rightarrow NO_2$
Nitratação	Bactéria <i>Nitrobacter</i>	$NO_2 \Rightarrow NO_3$
Desnitrificação	Bactérias Desnitrificantes (<i>Pseudomonas</i>)	$NO_3 \Rightarrow N_2$

7. BALANÇO DO NITROGÊNIO DISPONIBILIZADO AO PLANETA PELA AÇÃO DO HOMEM

Um dos nutrientes mais limitantes à produção das culturas é o nitrogênio (N). Algumas populações carentes no mundo simplesmente passam fome por não haver uma quantidade de N suficiente para nutrir adequadamente suas lavouras, mesmo sendo toda atmosfera composta de quase 80% de nitrogênio (N). Por outro lado, em certas regiões do nosso planeta, há um excesso de nitrogênio sintético. Ou seja, esse nutriente é suprido às culturas agrícolas em uma quantidade muito maior do que a necessária. Nessas situações, o N passa a ser um poluente, pois sua presença em excesso desencadeia uma série de reações e processos extremamente prejudiciais ao ambiente e, conseqüentemente, à saúde das populações. Toda a quantidade de N que o homem adiciona ao planeta através da produção de fertilizantes, cultivo de plantas fixadoras de N e queima de combustíveis fósseis não se encontra distribuída uniformemente pelos continentes, porque cada continente ou área geográfica tem suas particularidades que são ditadas pelos biomas presentes e, mais recentemente, por razões econômicas e sociais. Não é preciso ser um exímio matemático para observarmos que, quando somamos o gás natural contido no fertilizante aos combustíveis fósseis necessários para produzir pesticidas, para pôr o trator em movimento, providenciar a colheita, armazenagem e transporte, descobrimos que a fixação biológica é muitas vezes mais econômica.

Dito de outro modo, é necessário mais de uma caloria de combustível fóssil para produzir uma caloria de comida. Antes da introdução do fertilizante químico, as fazendas produziam mais de duas calorias de energia em alimentos para cada caloria de energia investida. A chamada "Revolução Verde" nada mais é do que, partindo-se de um ponto de vista da fixação biológica de nitrogênio (N) para transformá-lo em alimento, na conexão da agricultura dita "moderna" a uma nova fonte de energia, combustíveis fósseis, com o objetivo de produzir comida.

Esses exemplos resumem quão dinâmico e dependente de processos sociais e econômicos se torna o ciclo do nitrogênio (N) quando o elemento químico em si assume um valor de mercado.

7.1 Qual o Destino do N que Está Sendo Adicionado ao Planeta?

O maior problema atual, relacionado ao N, é a grande ineficiência no seu uso. Decorrente disso, ocorrem vários "vazamentos" ao longo dos sistemas de produção, tanto agrícola como pecuário, e seu destino é o meio ambiente. Como raramente todas as partes da planta são consumidas, ocorre uma perda de 16 unidades de N advinda da transformação da cultura em produto agrícola. Na transformação do produto em alimento há uma pequena perda adicional, e do alimento ao consumo há outra importante perda devido ao armazenamento, transporte e manipulação do alimento. Assim, de 100 unidades produzidas, somente 14 unidades são consumidas. Portanto, cerca de 76 unidades são perdidas para o meio ambiente (Figura 1).

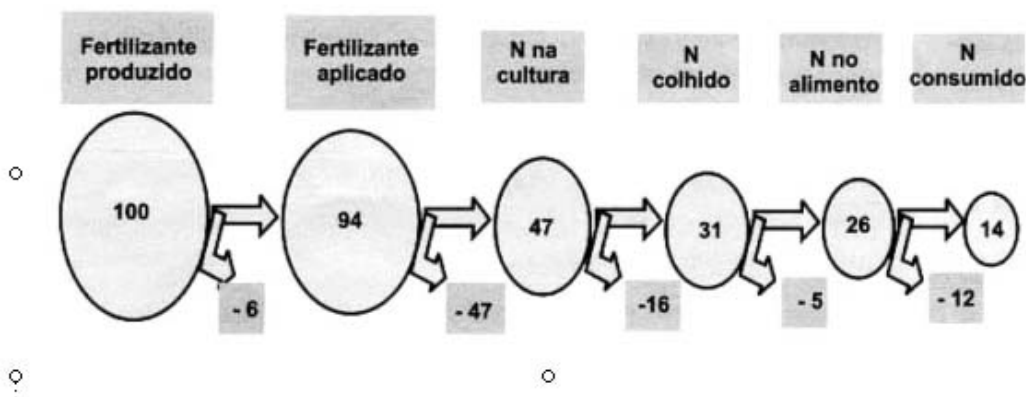


Figura 1. Perdas de nitrogênio ao longo de uma cadeia destinada à produção vegetal.^[4]

Numa cadeia mais complexa, como a produção de proteína animal a partir de grãos, não de pastagens, as perdas aumentam, pois a cultura é transformada primeira em ração, que por sua vez, é estocada no animal, o

qual é transformado em alimento e, finalmente, consumido. Nesse caso mais complexo, das 100 unidades de fertilizantes produzidas, somente 4 unidades são consumidas. Portanto, ocorre uma perda de 96 unidades.

E quanto mais complexo o sistema de produção, maior é o vazamento. Por exemplo, de 100 unidades de fertilizante produzidas, 6 unidades são perdidas no transporte e na aplicação. Portanto, somente 94 unidades serão utilizadas. Dessas unidades aplicadas no campo a cultura utiliza, no máximo, a metade, sendo a maior parte perdida para o meio através dos processos de denitrificação, volatilização e lixiviação.

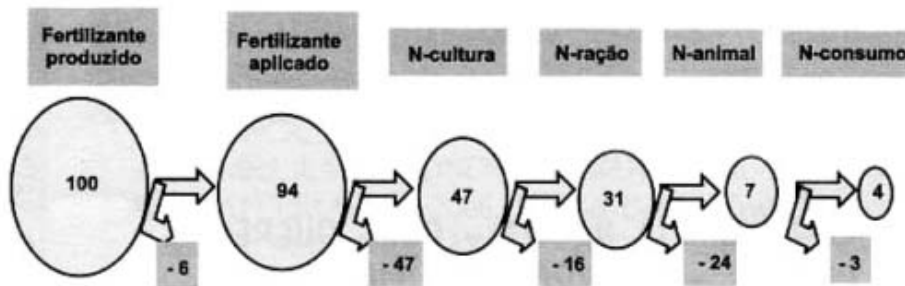


Figura 2. Perdas de nitrogênio ao longo da cadeia agropecuária.

7.2 Efeitos Danosos do Excesso de Nitrogênio Sintético no Ambiente

As reações que regulam o funcionamento dos ecossistemas são tão ou mais complexas que aquelas que regulam o funcionamento do corpo humano. Por exemplo, valores elevados de pressão sanguínea podem, a longo prazo, causar problemas em várias partes do corpo humano, principalmente no cérebro, no coração e nos rins. Por sua vez, um mau funcionamento dos rins pode elevar a concentração de certas substâncias indesejáveis pela perda de sua capacidade filtrante. Essas substâncias vão afetar outros órgãos, desencadeando uma progressiva deterioração no funcionamento do corpo humano, num verdadeiro efeito multiplicador ou cascata. Sistemas econômicos também se ressentem desse tipo de efeito. Quando os juros encontram-se elevados, as pessoas preferem investir seu dinheiro em aplicações financeiras a uma atividade produtiva. Assim, menos empregos são criados, diminuindo o poder de compra da população e colocando em risco negócios que dependem diretamente do poder aquisitivo das pessoas.

Com o N não é diferente. Excesso de N causa uma série de efeitos no meio ambiente, levando a uma deterioração no funcionamento dos ecossistemas, culminando em sua total desintegração. Ao ser adicionado fertilizante nitrogenado em um campo agrícola, parte do N é absorvida pela cultura e eventualmente chega às nossas mesas na forma de alimento.

Como, infelizmente, as culturas não são capazes de absorver todo o N que é aplicado ao solo, parte desse N vai se perder para a atmosfera ou para o lençol freático. O "vazamento" para a atmosfera ocorre pelo processo de volatilização da amônia (NH_3), que é um gás produzido a partir do amônio (NH_4), o qual se encontra armazenado nas folhas das plantas e no solo. Concentrações elevadas de NH_3 na atmosfera acarretam uma série de efeitos negativos sobre a composição da mesma. Outro tipo de perda de N ocorre através da lixiviação de nitrato para rios e riachos, ou mesmo para reservatórios de água subterrânea. Nas águas superficiais, o excesso de N causa o fenômeno da eutrofização, que é um aumento vigoroso na produção primária, levando a uma produção elevada de algas. Ao cessar essa produção massiva, as algas morrem e inicia-se o processo de decomposição. Organismos decompositores utilizam O_2 dissolvido na água para obter a energia requerida pelo processo de decomposição. A decorrente falta de oxigênio dissolvido causa uma série de alterações químicas e biológicas. Talvez, a mais conhecida delas seja a mortandade de peixes que regularmente ocorre nos rios, baías e estuários de nosso País.

O dilúvio de nitrogênio sintético fertilizou não apenas os campos de cultivo, mas também as florestas e os oceanos, beneficiando algumas espécies, as algas estão entre os maiores beneficiários, em detrimento de várias outras. O último estágio dos nitratos adicionados às culturas é fluir pelos rios até desaguar nos oceanos, onde sua fertilidade fatal envenena o ecossistema marinho. A maré de nitrogênio estimula o crescimento desenfreado das algas e as algas asfixiam os peixes, criando uma zona "hipóxica", que continua a crescer. Ao fertilizar o mundo, alteramos a composição das espécies do planeta e fazemos encolher sua biodiversidade.

Vários outros exemplos podem ser mencionados. Todos levam à conclusão que reações e processos

que regulam a distribuição de N no ambiente são complexos e intimamente interligados. Como no funcionamento do nosso corpo, em que as alterações em um determinado órgão ou sistema levam a uma série de outras alterações, às vezes imprevisíveis. As conseqüências podem ser mais difíceis de prever do que os efeitos do aquecimento global provocado pela nossa interferência no ciclo do carbono, mas podem ser não menos graves.

8. AGRICULTURA NATURAL/ORGÂNICA UM MODELO SUSTENTÁVEL DE MDL

Dos 6 bilhões de habitantes do nosso planeta, cerca de 15% ou 852 milhões de pessoas passam fome. Somente no Brasil são cerca de 15,6 milhões de habitantes, ou cerca de 9% da população. Parte do problema advém do fato que populações extremamente carentes não conseguem uma quantidade mínima de alimentos devido à falta de nutrientes para suas culturas. Com um suprimento adequado de nutrientes, a produtividade das lavouras aumentaria, incrementando, assim, a oferta de alimentos.

Um dos nutrientes mais limitantes à produção das culturas, como vimos, é o nitrogênio (N). Algumas populações carentes no mundo simplesmente passam fome por não haver uma quantidade de N suficiente para nutrir adequadamente suas lavouras. Por outro lado, em certas regiões do nosso planeta, há um excesso de N. Ou seja, esse nutriente é suprido às culturas agrícolas em uma quantidade muito maior do que a necessária. Nessas situações, o N passa a ser um poluente, pois sua presença em excesso desencadeia uma série de reações e processos extremamente prejudiciais ao ambiente e, conseqüentemente, à saúde das populações. Portanto, a falta de N é um dos motivos pelos quais um número perturbador de pessoas passa fome. Paradoxalmente, quando utilizado em excesso, se torna um importante poluente. Essa dualidade – extrema necessidade *versus* efeito poluente – é um dos maiores desafios que a humanidade terá que enfrentar nas próximas décadas. Especialmente se for considerado que, como limitante na agricultura, e baseando-se na lei de oferta e da procura, o N assume um valor econômico, tornando-se uma mercadoria. Ou seja, assume um valor de mercado.

Assim, como fornecer N às regiões carentes do mundo sem causar problemas ambientais tão evidentes como os que ocorrem nas regiões do globo que sofrem com seu excesso? Como mitigar esses problemas nessas regiões? Estas perguntas deverão ser cada vez mais prontamente abordadas. A agricultura está em uma encruzilhada. O salto de quase 170% na produção global de alimentos em quatro décadas só foi possível com enorme impacto ambiental, incluindo a acentuada deterioração de muitas áreas agrícolas e a ampla degradação da paisagem como um todo. Não haveria como encontrar equilíbrio entre produção e poluição?

“O desafio dos próximos anos é produzir alimento suficiente para mais de 6 bilhões de pessoas e, ao mesmo tempo, preservar e melhorar a base de recursos naturais...” (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO)).^[5]

Parte-se do pressuposto que o meio rural não deve ser entendido somente como um simples gerador de desenvolvimento econômico, onde a atividade agrária exerce um papel fundamental. Mas, sim em sentido amplo, abrangendo outros aspectos, sobretudo relacionados à necessidade de que o desenvolvimento seja um processo controlado atento ao equilíbrio social e biológico. Portanto acreditamos que respostas para as questões acima esteja na Agricultura Natural. Ao analisar o método agrícola convencional, o filósofo Mokiti Okada (Japão, 1882-1955) manifestou uma profunda preocupação com o emprego excessivo de agroquímicos no solo, alertou para a necessidade de uma avaliação cuidadosa sobre os "bons resultados" obtidos pelo uso indiscriminado de agrotóxicos, que têm caráter passageiro e acarretam graves conseqüências ao meio ambiente, para tanto, já na década de 1930 pesquisou e idealizou o método da Agricultura Natural, como alternativa para os problemas decorrentes da prática da agricultura convencional. O método precipuamente consiste em resgatar a pureza do solo e dos alimentos, preservar a diversidade e o equilíbrio biológico e contribuir para a elevação da qualidade da vida humana.^[6]

Qualquer novo modelo para o desenvolvimento rural deve ser capaz de amenizar os conflitos entre economia e ambiente, entre ambiente e desenvolvimento e encontrar uma simetria internacional, alterações benéficas tanto para o homem como para o ambiente, os quais passarão a interagir de forma harmoniosa. A aplicação de agroquímicos no solo altera seu ciclo natural e causa desequilíbrio biológico em função da eliminação de microrganismos fundamentais ao desenvolvimento das plantas que, com suas características modificadas pela hibridação das sementes, tornam-se dependentes dos produtos químicos.

Com certeza, a proteção ambiental representa um dos marcos da globalização em matéria agrícola. Tecnicamente a Agricultura Natural é definida como um sistema de exploração agrícola que se baseia no emprego de tecnologias alternativas, as quais buscam tirar o máximo proveito da natureza, das ações do solo dos seres vivos, da energia solar, de recursos hídricos. As técnicas da Agricultura Natural fundamentam-se no método natural de formação do solo, com interferência humana em concordância às leis da natureza. Na Agricultura Natural, com a força da natureza e todos os conhecimentos técnicos e científicos disponíveis ao longo

da evolução humana, o homem interfere diretamente no processo, restabelecendo rapidamente o solo produtivo ainda mesmo durante a fase de exploração agrícola. Isso evita que o trabalho de conversão seja antieconômico. Na Agricultura Natural são feitas recomendações como o uso de composto, cobertura morta, adubação verde, e outros recursos naturais, microorganismos do solo, controle biológico de pragas, controle biomecânico de plantas daninhas. A Agricultura Natural, preconizada por Mokiti Okada, é pesquisada no Brasil pelo Centro de Pesquisa Mokiti Okada – CPMO, da Fundação Mokiti Okada-MOA, que recorre aos conhecimentos mais avançados da ciência, em todas as áreas, selecionando habilmente os conhecimentos científicos de acordo com a filosofia deixada por seu patrono. Na prática, recorremos ao princípio da reciclagem de recursos naturais e enriquecimento da matéria orgânica e microorganismos do solo para tornar a exploração agrícola duradoura e racional. É, portanto, um modelo de desenvolvimento rural que procura integrar os povos através de uma agricultura sustentável e competitiva.

A Food Agriculture Organization (FAO) conceitua agricultura sustentável como “o manejo e a conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de tal maneira a assegurar a satisfação de necessidades humanas de forma continuada para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e recursos genéticos animais e vegetais, não degrada o meio ambiente, é tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável.”⁵

A implantação do conceito de multifuncionalidade é o reconhecimento explícito que a agricultura não é somente responsável pela produção de alimentos, mas também pela conservação dos valores culturais históricos, ambientais e paisagísticos próprios do mundo rural.

No Brasil, o modelo de desenvolvimento da agricultura moderna tem se baseado em altas taxas de produtividade proporcionadas pela introdução de maquinário agrícola, fertilizantes químicos, venenos químicos e mais recentemente pela biotecnologia. Nos últimos anos vem se reconhecendo o impacto ambiental decorrente desse tipo de prática, que redundou na destruição dos solos e florestas e contaminação do ar e de rios.

Para a implementação de uma agricultura sustentável, devem-se estabelecer políticas, programas e procedimentos para conduzir as atividades de modo ambientalmente seguro o que necessitará de mudanças profundas nas estruturas políticas, econômicas e sociais. Esse processo de transição significa a conversão de uma agricultura desequilibrada e tradicional para uma agricultura ecológica e socialmente justa.

Diferentemente dos métodos convencionais, o método da Agricultura Natural não emprega produtos químicos ou esterco animal, e sim faz uso de sobras de vegetais, que conservam a pureza do solo e permitem a reciclagem dos nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Além dos aspectos que envolvem saúde e ecologia, o método de cultivo natural tem claras implicações econômicas e sociais. A crise provocada pelo método convencional de produção - intensificada após o surgimento de efeitos como a doença da "Vaca Louca" e das "Superbactérias" - tem impulsionado o crescimento da demanda por produtos orgânicos mais confiáveis. Especialmente na Europa e nos Estados Unidos, que sofreram diretamente esses efeitos, a agricultura orgânica vem apresentando um crescimento expressivo. Isso exige uma maior oferta destes produtos, o que representa uma excelente oportunidade de crescimento para o setor no Brasil, país rico em recursos e condições de produção. A Agricultura Natural de Mokiti Okada é certamente uma ferramenta com capacidade de contribuir de forma eficaz para conter o avanço dos sérios problemas causados pelas grandes mudanças climáticas em todo o mundo. Seus fundamentos estão direcionados para a saúde e recuperação da parte física, biológica e química do solo, ao contrário da agricultura convencional que somente observa a planta. Este é um grande diferencial para os próximos anos com a elevação da temperatura do nosso planeta.

Este trabalho propõe elaborar uma estratégia global de desenvolvimento sustentável mediante a inserção da Agricultura Natural nos projetos de MDL, posto que o referido método pode ser aplicado nos setores florestais, bem como no agrícola para produção de alimentos, diminuindo a dependência dos combustíveis fósseis, apresentando-se como estratégia possível para redução dos Gases do Efeito Estufa (GEEs).

9. CONCLUSÕES ARTICULADAS

9.1 Qualquer novo modelo para o desenvolvimento agrícola, visando a produção de alimentos, deve ser capaz de amenizar os conflitos entre economia e ambiente, entre ambiente e desenvolvimento e encontrar uma simetria internacional, alterações benéficas, tanto para o homem como para o ambiente, os quais passarão a interagir de forma harmoniosa.

9.2 Que a partir do século XX a base da fertilidade do solo deslocou-se de uma total dependência de microorganismos fixadores de Nitrogênio, para uma nova dependência em relação ao combustível fóssil. Pois o processo Haber-Bosch de produção de Nitrogênio sintético funciona por meio da combinação de gases de nitrogênio e hidrogênio sob enormes calor e pressão na presença de um agente catalisador. O calor e a pressão são proporcionados por quantidades prodigiosas de eletricidade e o hidrogênio é suprido pelo petróleo, carvão ou, mais freqüentemente nos dias de hoje, por gás natural – combustíveis fósseis.

9.3 O nitrogênio assim como o fósforo são fatores limitantes do crescimento dos vegetais e tornaram-se, por isso

alguns dos principais fertilizantes utilizados hoje na agricultura. O nitrogênio desempenha um importante papel na constituição das moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, enzimas e hormônios, elementos vitais aos seres vivos.

9.4 O ciclo equilibrado do nitrogênio depende de um conjunto de fatores bióticos e abióticos determinados e, portanto, nem sempre está apto a assimilar o excesso sintetizado artificialmente. Esse excesso, carregado para os rios, lagos e lençóis de água subterrâneos tem provocado o fenômeno da *eutrofização*, comprometendo a qualidade das águas.

9.5 Verificou-se que as ações produtivas humanas ao longo da história, que têm por objetivos promover o bem-estar, conforto e alimentação, entre outros, foram executadas sem preocupação com os recursos que o planeta disponibiliza. Para alguns, isso só será possível com a contribuição cada vez maior da tecnologia, sobretudo com a agricultura Natural/Orgânica, na qual métodos tradicionais e novas pesquisas são mobilizados para o cultivo de alimentos sem fertilizantes químicos, pesticidas ou engenharia genética.

9.6 Vê-se que o Brasil tem tido sua parcela de participação através da elaboração e implantação de projetos MDL, sendo o terceiro país no status mundial em números de projetos MDL e em redução de toneladas de GEE. Assim sendo, pode-se verificar que é possível e necessária a participação do método da Agricultura Natural preconizada por Mokiti Okada na mitigação desses impactos negativos das ações humanas, visando seu desenvolvimento econômico, e promovendo a evolução social, econômica, ecológica, espiritual e cultural de povos e nações.

10. BIBLIOGRAFIA

APPS, M. J.; KURZ, W. A.; BEUKEMA, S. J.; BHATTI, J. S. Carbon budget of the Canadian forest product sector. *Environment Science & Policy*, Vancouver, v. 2, n.1, p.25-41, Feb.1999

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. Efeito estufa e a Convenção sobre a Mudança do Clima. Assessoria Especial de MeioAmbiente e Ministério de Ciência e Tecnologia – Coordenação de Pesquisa em Mudança do Clima, 1999.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL. Rio de Janeiro, 2002. 52p.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em : <<http://cdm.unfccc.int>> Acesso: mar. 2008.

DÖBEREINER, J. 1995 Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS – THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, Angra dos Reis, 1995. Abstracts... Angra dos Reis: The National Centre for Agrobiological Research (Embrapa-CNPAB), p.3-4.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O. 1987 Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants. Madison: Springer-Verlag, 155p.

FAO, 1999. Organic Agriculture. 15th Session of the Committee on Agriculture, Rome 25-29 January 1999.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. MDL: guia de orientação. Rio de Janeiro, 2002. 90p.

GOLDEMBERG, J. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Editora da

Universidade de São Paulo – Edusp, 1998.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL. Panel on climate change. Climate change 2001: the

scientific basis. Summary for Policy Makers and Technical Summary of the Working Group I Report. WMO/UNEP. 2001.

LOVELOCK, JAMES - "Gaia: A New Look at Life on Earth", 1979, "Gaia: Um novo olhar sobre a vida na Terra".

MARTINELLI, L. A. – *Os Caminhos do Nitrogênio – Do Fertilizante ao Poluente*. In: *Informações Agrônomicas*, nº 118, junho/2007, p. 6-10, IPNI, Piracicaba, SP, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA – MCT/BRASIL. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre

Mudança do Clima. Disponível em

<http://acessibilidade.mct.gov.br/index.php/content/view/35589.html>.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA – MCT/BRASIL. Coordenação

Nacional. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Disponível em <http://acessibilidade.mct.gov.br/index.php/content/view/4561.html>.

OKADA M, *A força do solo*. In: Alicerce do Paraíso, v.5. São Paulo, Fundação Mokiti Okada-MOA, 2002. p,11-40.

PHILIPPI A. JR.; ALVES A. C.; ROMÉRO M. A.; BRUNA G. C. Meio Ambiente, Direito e Cidadania, São Paulo, Signus Editora – NISAM-USP, 2002, 358p.

POLLAN MICHAEL, *O Dilema do Onívoro*, Editora Intrínseca, 2007, 480p.

REVISTA HORIZONTE GEOGRAFICO, nº 112 – Dossiê/Florestas Sustentáveis – Preparando-se para Kyoto.

[1] Coordenador Geral do Centro de Pesquisa Mokiti Okada - (CPMO) FUNDAÇÃO MOKITI OKADA. Pós-Graduado em Direito Empresarial – Universidade Mackenzie –SP. Membro da Comissão de Direito do Terceiro Setor da OAB/SP.

[2] LOVELOCK, JAMES - "Gaia: A New Look at Life on Earth", 1979, "Gaia: Um novo olhar sobre a vida na Terra".

[3] POLLAN MICHAEL, *O Dilema do Onívoro*, Editora Intrínseca, 2007, 480p.

[4] MARTINELLI, L. A. – Os Caminhos do Nitrogênio – Do Fertilizante ao Poluente. In:Informações Agronômicas, nº 118, junho/2007, p. 6-10, IPNI, Piracicaba, SP, 2007.

[5] FAO, 1999. Organic Agriculture. 15th Session of the Committee on Agriculture, Rome 25-29 January 1999.

[6] OKADA M, *A força do solo*. In: Alicerce do Paraíso, v.5. São Paulo, Fundação Mokiti Okada-MOA, 2002. p,11-40.



o que é		cadastros		vitrine dos orgânicos		fale conosco		ENGLISH	
saiba mais sobre orgânicos	saúde e orgânicos	quem produz	quem certifica	quem vende	eventos	noticias	trabalhos publicações	restaurantes	entrevistas e visitas
									SERVIÇOS

[Web Design - Programação Visual 2A2](#)