

**INSTITUTO DE PESQUISA APLICADA EM DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO SUSTENTÁVEL - IPADES**

PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E FLORESTAL SUSTENTÁVEL

Francisco B. C. Barbosa

Sócio Presidente – IPADES

Newton M. Barbosa Neto

Sócio – IPADES

Instituto de Física – UFU

Conhecer o funcionamento do ecossistema é o primeiro passo; seu funcionamento obedece aos princípios da termodinâmica.

A natureza tem se sustentado há cerca de 3,5 bilhões de anos, desde o aparecimento das primeiras células simples e há 475 milhões de anos com o aparecimento das primeiras plantas terrestres por meio da energia solar, da biodiversidade e da ciclagem química (na agronomia é conhecida como ciclagem de nutrientes). Trata-se da circulação de produtos químicos do ambiente, principalmente do solo e da água, feita por organismo, e de volta ao ambiente são necessários para a vida. Sem essa ciclagem química dificilmente haveria ar, água, solo, comida ou mesmo vida.

Neste artigo prioriza-se a função da energia no ecossistema como base para uma interface entre as pesquisas agrônoma e ecológica na busca de sistemas de produção agropecuária e florestal sustentável e de maior produtividade. Nesse contexto, a termodinâmica passa a ter papel importante.

A termodinâmica é uma das áreas fundamentais da física que lida com os processos e transformações térmicas (Nussenzveig, 2002). Embora esta tenha iniciado sua existência a partir da investigação do calor, a comprovação de que este não passa de uma forma de energia fez com que as leis da termodinâmica pudessem ser expandidas para outros ramos da ciência. Em especial a primeira lei da

termodinâmica, que nada mais é do que, a lei da conservação da energia, afirma: “*considerando-se o calor a energia sempre se conserva*” (Nussenzveig, 2002). Esta lei implica que existe na natureza uma entidade chamada energia e que esta não pode ser criada nem destruída, mas apenas transformada. A importância da energia reside no fato de que ela está por de trás de todos os processos dinâmicos existentes na natureza, sem energia, ou melhor, sem um gradiente de energia tudo se reduz a sistemas estáticos imutáveis.

Em 1935 o ecólogo vegetal inglês Arthur G. Tansley (1871-1955) ao estudar essa relação considerou os organismos junto com os fatores físicos que os circundam como sistemas ecológicos, e denominou essa estrutura de **ecossistema**, como unidade fundamental da organização ecológica. Atualmente o ecossistema é estudado como uma comunidade de espécies diferentes que interagem entre si e com o ambiente não vivo de matéria e energia. Tais organismos, vivendo num mesmo lugar, possuem tolerâncias semelhantes aos fatores físicos do ambiente como também interagem uns com os outros, e de forma mais relevante num sistema de relações de alimentação formam o que a Ecologia conceitua como **teia alimentar**.

O químico Alfred J. Lotka (1880-1949) foi o primeiro estudioso a considerar as populações de comunidades como sistemas transformadores de energia, sendo que o tamanho de um sistema e as taxas de transformação de energia e materiais dentro dele obedece a lei de conservação da energia que governa todas as transformações de energia. Entretanto, suas idéias sobre os ecossistemas, publicadas em 1925, não foram muito bem compreendidas, até que um jovem ecólogo aquático Raymond L. Linderman (1915-1942), da universidade de Minnesota (EUA), trouxesse o conceito de **ecossistema como um sistema transformador de energia**. Trabalho publicado em 1942, após sua morte causada por uma forma rara de hepatite.

Seguindo essa idéia, a transformação de energia mais fundamental nos sistemas ecológicos é a conversão da energia da luz em energia química pela fotossíntese. Da energia luminosa assimilada pela fotossíntese (produção primária bruta), as plantas usam entre 15% e 70% para se manterem, dependendo do ambiente e da forma de crescimento. As que vegetam nos trópicos têm taxas mais altas de respiração em relação à fotossíntese do que aquelas dos ambientes mais frios. A energia respirada, usada para manutenção, é por fim perdida como calor e torna-se indisponível para os consumidores (Ricklefs, 2011).

As transformações de energia adicionais acontecem à medida que os herbívoros convertem a energia dos compostos de carbono nas plantas e outros

autótrofos – organismo que assimila energia, seja da luz do Sol, seja, de compostos inorgânicos – em energia que eles podem usar para seu próprio metabolismo, atividade, crescimento e reprodução. Analogamente, os carnívoros utilizam a energia dos compostos de carbono contidos em suas presas. Somente 5% a 20% da energia assimilada passa entre os níveis tróficos (Ricklefs, 2011).

A **produção primária** proporciona energia ao ecossistema através da luz do Sol que subjaz todas as funções ecossistêmicas. Sem a produção primária, praticamente nada do que poderíamos chamar de vida existiria. A energia total assimilada pela fotossíntese representa a **produção primária bruta**. As plantas usam parte dessa energia para sua manutenção. Outra parte é usada nas necessidades metabólicas através da **respiração**. Essa é perdida ficando indisponível aos consumidores. Conseqüentemente a biomassa das plantas contém muito menos energia do que a energia total assimilada. Desse modo, a energia acumulada na biomassa das plantas, e disponível aos consumidores, é denominada de **produção primária líquida**. É a utilizada no crescimento e reprodução dos vegetais.

A produção primária varia entre os ecossistemas dependendo da latitude. Por seu turno, a combinação favorável de intensidade solar, temperaturas altas, chuvas abundantes e muitos nutrientes na maior parte dos trópicos úmidos resultam na mais alta produtividade da Terra. Contudo, quando a precipitação excede cerca de 3.000 milímetros por ano, a produção líquida diminui (Schuur, 2003). Conhecer essa condição ecológica é muito importante para a pesquisa agrônômica nos trópicos úmidos e particularmente para o Brasil, na Amazônia.

Estudos feitos através de uma gradiente de precipitação no Havaí demonstraram que, em áreas de alta precipitação, a decomposição de matéria orgânica é reduzida nos solos alagados. Assim, o nitrogênio e outros nutrientes são regenerados apenas lentamente dos detritos orgânicos no solo; essa taxa reduzida de regeneração de nutrientes por sua vez depleciona a produção de plantas (Schuur *et al.*, 2001), ou seja, reduzindo alguma substância ou processo físico, químico ou biológico de importância para a produção vegetal.

As disponibilidades relativas de diferentes nutrientes têm que combinar com os requisitos das plantas para assegurar sua eficiência máxima. Os agrônomos e os ecólogos calculam a eficiência de uso de nutrientes (EUN) das plantas como a razão de produção de matéria seca para assimilação de um determinado elemento de nutriente. Como evidência tem-se que as árvores tropicais evidentemente retêm fósforo em maior extensão do que o de clima temperado talvez devido à relativa

escassez desse elemento nos solos tropicais altamente intemperizados – resultado do processo de fragmentação das rochas que dão origem ao solo a partir de agentes físicos e químicos.

A pesquisa agrônoma gera tecnologias que visam o aumento da produção agropecuária e florestal. Atualmente as tecnologias devem estabelecer sistemas produtivos sustentáveis. Neste caso, essa pesquisa funciona também como ciência ambiental e como tal deve buscar a interdisciplinaridade com a ecologia, a termodinâmica e outros ramos da ciência. Porém a sustentabilidade não foi preocupação dos primórdios desse ramo científico.

No Brasil, a pesquisa agrônoma surgiu em São Paulo com a Estação Agrônoma de Campinas, fundada em 1887, pelo Imperador D. Pedro II e tendo, como objetivo principal apoiar o cultivo do café no tocante ao aumento da produção. Em 1892 passou para a administração do governo do Estado de São Paulo. Na Amazônia, a pesquisa agrônoma iniciou com o Instituto Agrônomo do Norte (IAN), em 1940, criado pelo Presidente Getúlio Vargas com sede em Belém-PA, cujo objetivo principal foi pesquisar a seringueira, matéria prima estratégica para o Ocidente em função do bloqueio da borracha do Sudeste asiático, por conta da Segunda Guerra Mundial. A dissociação com a pesquisa ecológica ainda trás conseqüências até os dias de hoje.

Felizmente a preocupação com a preservação ambiental e a conseqüente amplitude das pesquisas ecológicas tem direcionado a pesquisa agrônoma cada vez mais a fazer uma interface com a pesquisa ecológica. No aspecto aqui levantado, ou seja, do melhor aproveitamento da fotossíntese deve-se ampliar essa interface com a pesquisa da termodinâmica.

Desse modo, não é mais possível pensar-se em produção agropecuária sustentável e com produtividade crescente sem que as bases científicas e tecnológicas dessa produção não estejam em consonância com o conhecimento gerado a partir das pesquisas acima mencionadas num ambiente de multidisciplinaridade.

Esse novo formato de pesquisa para a produção agropecuária e florestal brasileira deve ser implementado para os sete biomas brasileiros – Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Amazônia, Pantanal, Campos do Sul, e Costeiro-Marinho. As compreensões dos seus respectivos funcionamentos, a partir dessa interface interdisciplinar, ajudarão em muito à pesquisa agrônoma em prover à agropecuária e

o setor florestal de tecnologias que aumentem a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O Brasil é um país tropical. É importante que possa tirar maior e melhor proveito da fotossíntese para seus sistemas de produção agropecuário e florestal, tanto no aspecto da produção primária bruta como na produção primária líquida de energia, ou seja, gerar conhecimento e tecnologias que direcionem a sustentabilidade no sentido daquela que a natureza demonstra há 3,5 bilhões de anos.

Referências

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica Vol. 2**. Rio de Janeiro: Editora Edgar Blücher Ltda, p. 167-184, 2002, 4^a edição.

RICKLEFS, R. E. **The economy of nature**. New York: W. H. Freeman and Company, p.412-427, 2010. 6th edition.

SCHUUR, E. A. G.; CHADWICK, O. A.; MATSON., P. A. Carbon cycling and soil carbon storage in mesic to wet Hawaiian montane forest. **Ecology** 82: 3182 – 3196, 2001.

SCHUUR, E. A. G. Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. **Ecology** 84: 1165 – 1170, 2003.